

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA DE ÁGUA DOCE E PESCA
INTEIROR – PPG BADPI**

A PESCA DE SUBSISTÊNCIA E COMERCIAL NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

GIULIA CRISTINA DOS SANTOS LOPES

Manaus, Amazonas

Março, 2023

GIULIA CRISTINA DOS SANTOS LOPES

A PESCA DE SUBSISTÊNCIA E COMERCIAL NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

ORIENTADOR: Dr. CARLOS EDUARDO DE CARVALHO FREITAS.

COORIENTADOR: Dr. LEANDRO CASTELLO.

Tese apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciências Biológicas.

Manaus, Amazonas

Março, 2023

MEMBROS DA BANCA JULGADORA

TITULARES

Dr. José Antônio Alves Gomes

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA

Dra. Victoria Judith Isaac Nahum

Universidade Federal do Pará – UFPA

Dra. Samantha Aquino Pereira

Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Dr. Gustavo Hallwass

Universidade Federal de Lavras – UFLA

Dr. Keid Nolan Silva Sousa

Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA

SUPLENTE

Dra. Flávia Kelly Siqueira de Souza

Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Dra. Suzy Cristina Pedroza da Silva

Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Catalogação na Publicação (CIP-Brasil)

L864a Lopes, Giulia Cristina dos Santos
A pesca de subsistência e comercial na Amazônia Brasileira / Giulia
Cristina dos Santos Lopes ; orientador: Carlos Edwar de Carvalho Freitas;
coorientador Leandro Castello. - Manaus: [s. l.], 2023.

3,3 MB
104 p. : il. color.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Biologia de Água
Doce e Pesca Interior – PPG-BADPI) - Coordenação do Programa de
Pós-Graduação, INPA, 2023.

1. Pesca comercial. 2. Pesca artesanal. I. Freitas, Carlos Edwar de Carvalho.
II. Castello, Leandro. III. Título.

CDD 639.2

Sinopse:

Ao longo dos anos, os recursos pesqueiros vêm sendo utilizados como fonte de alimento e renda pelas populações amazônicas, porém as capturas são subestimadas. Com o avanço das mudanças no uso de cobertura da terra, os impactos nos ecossistemas de água doce e nos recursos pesqueiros estão sendo observados em diferentes escalas. Considerando isso, nesta tese foi estimada a captura da pesca de subsistência na Amazônia utilizando uma nova abordagem e foi avaliada a dinâmica espacial das pescarias comerciais a partir da composição da paisagem e das espécies desembarcadas.

Palavras-chave: consumo de pescado, pesca artesanal, pesca interior, peixes comerciais, variáveis da paisagem, Bacia Amazônica.

Dedico esta tese aos meus pais Gilbert e Iara, como forma de agradecimento pelo amor, cuidado e dedicação que sempre tiveram com a minha formação pessoal e profissional.

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela saúde e proteção concedida durante essa jornada.

Agradeço aos meus pais Gilbert e Iara, e meus avós Arquimedes e Hilda pelo infinito apoio e por não medirem esforços para que eu chegasse até essa etapa da minha vida. Gilbert Filho, meu irmão, obrigada pelo cuidado e pela certeza de que não estou sozinha. Juliane, minha irmã, Paulo e Pedro (meu “rapazinho”) pelo carinho, incentivo e torcida.

Hugo, meu esposo, obrigada pelo amor, gratuidade e toda ajuda. Obrigada por compartilhar todos os momentos comigo e por sempre me incentivar a melhorar. É maravilhoso estar ao seu lado.

Ivan e Ana, amigos e padrinhos, obrigada pelo carinho, conselhos e incentivo. A chegada da Laura e da Cecília foi fonte de uma grande alegria nesse período. Allana, obrigada pelas conversas, incentivos e risadas. Katrine, a sua volta para a pós-graduação nesse último ano foi uma alegre surpresa e grande ajuda para que tudo fosse mais leve. Obrigada por estar conosco e por compartilhar os momentos das suas meninas Lavignia e Helena.

Aos amigos Bruna e Josias, Lennon e Gab, Gabi e Léo, Mewry, Elane, Mannu, Cíntia, Suzi, Adriana e Yuri, pelas orações e por todos os momentos de alegria e dores que juntos compartilhamos.

Agradeço ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) pela oportunidade de ter integrado o quadro de estudantes de doutorado do PPG-BADPI e pela infraestrutura. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM/POSGRAD) pelos recursos financeiros disponibilizados anualmente ao PPG-BADPI para a manutenção da estrutura física e subsídio de atividades do curso. À CAPES pela bolsa concedida durante todo o doutorado, inclusive pela extensão oferecida devido a pandemia de Covid-19.

Ao meu orientador Dr. Carlos Freitas pela paciência, dedicação e profissionalismo que me ajudaram a concluir esta tese. Levarei os seus ensinamentos para toda a vida. Obrigada por ter me orientado desde a graduação, pelo encorajamento contínuo, confiança e por todas as oportunidades.

Ao meu coorientador Dr. Leandro Castello por todas as contribuições valiosas, ensinamentos e conversas. Obrigada por acolher as ideias, direcionar o caminho e ser presente mesmo fisicamente distante.

Aos professores do PPG-BADPI e da Universidade Federal do Amazonas pela contribuição na minha formação acadêmica e pessoal em especial Flávia Souza, Lucirene Aguiar, Maria Angélica, Álvaro Lima e Urbano Lopes (*in memoriam*).

À equipe do projeto “Iluminando Capturas Ocultas” no Brasil, em especial Monique Taiane, Mauro Ruffino, Lúcia Mateus, Paula Gênova e Maria Helena, obrigada pela confiança no meu trabalho, por todo conhecimento compartilhado e pelas conversas especialmente durante a pandemia.

Aos amigos que conheci no Piatam, obrigada por todos os momentos que compartilhamos juntos. Agradeço especialmente ao Diego Valente, pelas conversas tanto acadêmicas quanto cotidianas e pelo interesse em cada descoberta; Marcos Mereles, pelo convívio quase diário e momentos de descontração; Octávio Matos, pela parceria e apoio de sempre; Gisellen Mc Comb, obrigada por todas as conversas e por me ajudar a acreditar na concretização da tese em cada momento; Chiara Lubich, obrigada pelo seu apoio nesses últimos anos. Vocês deixaram essa jornada mais leve.

Agradeço à Monaliza e Deloni, ao Rafael Barbi, seu Valdercley, Salvador e Valmir pela ajuda na identificação dos ambientes de pesca no Alto rio Solimões. Ao seu Ivanildo pela ajuda com as informações de Iranduba e ao Octávio Matos pelo auxílio nos dados de Parintins.

Agradeço à professora Laura Hess pela valiosa contribuição no capítulo 1 desta tese e por ter disponibilizado a máscara de zonas úmidas da região Amazônica.

Professor Davi Butturi, obrigada por me ajudar a compreender mais sobre o uso dos GLM's e GLMM's que fizeram parte das tentativas de estimação da captura da pesca de subsistência.

Professora Maria Angélica e Marcelo Raseira, obrigada pelas informações de comunidades ribeirinhas que ajudaram a definir questões do primeiro capítulo da tese.

Aos pescadores da Bacia Amazônica que tem a pesca como fonte de renda, alimento e como a própria vida, obrigada!

Agradeço a todos que me ajudaram a concluir esta tese. Muito obrigada!

“Cumpre o pequeno dever de cada momento; faz o que deves e está no que fazes”.

São Josemaria Escrivá

Resumo

As pescarias de subsistência e comercial são de elevada importância social e econômica na Bacia Amazônica. Porém, as capturas são subestimadas e estão amplamente vulneráveis aos impactos nos ecossistemas aquáticos oriundos de ações antrópicas. Considerando isso, nesta tese foi estimada a contribuição da pesca de subsistência para as capturas totais da Bacia Amazônica, e avaliada a dinâmica espacial da pesca a partir da composição das capturas comerciais, dinâmica da paisagem e o nível do rio. No capítulo um, a captura da pesca de subsistência foi estimada utilizando dados demográficos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), uma máscara de zonas úmidas da Amazônia e taxas de consumo de pescado *per capita* oriundas da literatura. A quantidade de pessoas em zonas úmidas foi extraída a partir de recortes dos dados de IBGE sobre a máscara de zonas úmidas. As taxas de consumo de pescado foram interpoladas para a região Amazônica utilizando o Inverso do Quadrado da Distância (IQD). Posteriormente, foi realizado o produto entre a quantidade de pessoas em zonas úmidas e as taxas de consumo de pescado interpoladas. O resultado foi considerado como a captura da pesca de subsistência, e foi dividido por sub-bacia de nível quatro para avaliação regional. Foram estimadas 1.732.659 pessoas em zonas úmidas. As taxas de consumo de pescado *per capita* variaram de 51 kg/ano a 266 kg/ano. A captura da pesca de subsistência foi estimada em 190.686 t/ano, sendo esse valor maior do que algumas estimativas de pescarias comerciais. As maiores capturas foram observadas em regiões de rios de águas brancas. No capítulo dois, a dinâmica espacial da pesca foi avaliada a partir de dados de desembarque pesqueiro do Alto e Baixo rio Solimões e Baixo rio Amazonas, e bases de dados fluviais e de variáveis da paisagem disponíveis. Foram elaborados mapas do raio de atuação da frota pesqueira e quantificadas as variáveis da paisagem por região e período de inundação. A avaliação das capturas por espécie, por região e período hidrológico foram realizadas através de análises de escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS). O maior raio de atuação da frota pesqueira foi identificado no Baixo rio Amazonas. A proporção das variáveis da paisagem variou ao longo do canal do rio e entre os períodos de inundação. A diversidade na composição dos desembarques entre as três regiões analisadas possivelmente variou com a disponibilidade de habitats indicando a importância das variáveis da paisagem para os recursos pesqueiros.

Abstract

Subsistence and commercial fisheries in the Brazilian Amazon

Subsistence and commercial fisheries are of high social and economic importance in the Amazon Basin. However, catches are underestimated and are largely vulnerable to impacts on aquatic ecosystems from human actions. Considering this, in this thesis the contribution of subsistence fisheries to the total catches of the Amazon basin was estimated, and the spatial dynamics of fisheries were evaluated based on the composition of commercial catches, landscape dynamics and the river level. In chapter one, the subsistence fishery catch was estimated using demographic data from the Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), an Amazonian wetland mask, and *per capita* fish consumption rates from the literature. The number of people in wetlands was extracted from IBGE data clippings on the wetland mask. Fish consumption rates were interpolated for the Amazon region using the Inverse Distance Weighted (IDW). Subsequently, the product between the number of people in wetlands and the interpolated fish consumption rates was performed. The result was considered as the subsistence fisheries catch and was divided by level four sub-basin for regional assessment. An estimated 1,732,659 people were in wetlands. *Per capita* fish consumption rates ranged from 51 kg/year to 266 kg/year. The catch from subsistence fisheries was estimated at 190,686 t/y, which is higher than some estimates from commercial fisheries. The highest captures were observed in regions of white-water rivers. In chapter two, the spatial dynamics of fishing was evaluated using fish landing data from the Upper and Lower Solimões and Lower Amazon Rivers, and available river and landscape variables databases. Maps of the fishing fleet's operating range were prepared, and the landscape variables were quantified by region and flood period. The assessment of catches by species, by region and hydrological period was performed using non-metric multidimensional scaling (nMDS) analysis. The largest radius of activity of the fishing fleet was identified in the Lower Amazon River. The proportion of landscape variables varied along the river channel and between periods of flooding. The diversity in the composition of landings between the three regions analyzed possibly varied with the availability of habitats, indicating the importance of landscape variables for the fishery resources that are captured.

Sumário

Lista de Tabelas	12
Lista de Figuras	13
1 INTRODUÇÃO GERAL	14
2 HIPÓTESES	18
3 OBJETIVOS	18
3.1 Objetivo Geral.....	18
3.2 Objetivos Específicos	18
Capítulo 1	19
Capítulo 2.....	55
4 CONCLUSÃO.....	90
5 SÍNTESE	90
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91

Lista de Tabelas

Capítulo 1

Tabela 1 - Taxas de consumo de pescado <i>per capita</i> (kg/ano) utilizadas nas análises. *-taxas de consumo de pescado extraídas a partir do estudo de Isaac & Almeida (2011).	28
--	----

Capítulo 2

Table 1 - Percentage of landscape variables in each region and hydrological period analyzed (%). USR= upper Solimões River; LSR= lower Solimões River; LAR= lower Amazon River; OW= open water; NH= non-flooded herbaceous; FH= flooded herbaceous; NS= non-flooded shrubs; FS= flooded shrubs; NF= non-flooded forest; FF= flooded forest. In parentheses is the number of fishing sites exploited.	75
Table 2 - Fish species caught only in one hydrological period.	76

Lista de Figuras

Capítulo 1

Figura 1 - Rios dos estados da Bacia Amazônica brasileira analisados segundo Venticinque et al. (2016).....	24
Figura 2 - Grades estatísticas do IBGE para o Brasil	25
Figura 3 - Exemplo de análises realizadas com as grades do Censo Agro.....	29
Figura 4 - Quantidade de pessoas em zonas úmidas na Bacia Amazônica..	33
Figura 5 - Taxas de consumo de pescado <i>per capita</i> (kg/ano) na Bacia Amazônica.	35
Figura 6 - Captura da pesca de subsistência (t) na Bacia Amazônica..	36
Figura 7 - Capturas mínimas da pesca de subsistência (t) na Bacia Amazônica.....	36
Figura 8 - Capturas máximas da pesca de subsistência (t) na Bacia Amazônica..	37
Figura S1 - Locais com taxas de consumo de pescado utilizados na interpolação.	56
Figura S2 - Interpolação de taxas de consumo de pescado <i>per capita</i> (kg/ano) para região Amazônica utilizando o método IDW apresentadas pelo método gradual linear.....	59
Figura S3 - Interpolação de taxas de consumo de pescado <i>per capita</i> (kg/ano) para região Amazônica utilizando o método IDW apresentadas pelo método discreto.	59

Capítulo 2

Figure 1 - Municipal headquarters of the upper Solimões River, lower Solimões River and lower Amazon River regions..	67
Figure 2 - Radius of operation of the fishing fleet of the upper Solimões River during the high-water season.....	70
Figure 3 - Radius of action of the fishing fleet of the upper Solimões River during the low-water season.	71
Figure 4 - Radius of operation of the fishing fleet in the lower Solimões River..	72
Figure 5 - Operating radius of the fishing fleet in the lower Amazon River during the high-water season.....	73
Figure 6 - Operating radius of the fishing fleet in the lower Amazon River during the low water season..	74
Figure 7 - Relationship between fish and fishing regions...	77

1 INTRODUÇÃO GERAL

A pesca é uma atividade extrativista de elevada importância, econômica e social, especialmente para as populações dos países em desenvolvimento (Youn *et al.*, 2014; Cooke *et al.*, 2016). Apesar das capturas mundiais serem predominantemente marinhas, as pescarias em águas interiores vêm sendo amplamente reconhecidas internacionalmente (Lynch *et al.*, 2020). O reconhecimento é devido a importante contribuição para a segurança alimentar de bilhões de pessoas, constituindo atividade essencial para a subsistência de milhões de famílias de baixa renda, em regiões com extensas áreas de água doce como a Amazônia (Isaac *et al.*, 2015; Lynch *et al.*, 2020; Food and Agriculture Organization - FAO, 2022; Síren e Valbo-Jørgensen, 2022).

Na Amazônia, os ecossistemas aquáticos de água doce sustentam pescarias que possuem elevada importância econômica, cultural e social para grande parte da população, especialmente para aquelas que residem nas margens dos rios e lagos (Freitas e Batista, 1999; Santos e Santos, 2005). Nessa região, coexistem pescarias classificadas como comerciais e não comerciais (BRASIL, 2009). As pescarias comerciais: são artesanais quando praticadas diretamente por pescador profissional, de forma autônoma ou em regime de economia familiar, com meios de produção próprios ou contrato de parceria, podendo utilizar embarcações de pequeno porte; e industriais quando praticada por pessoa física ou jurídica e envolver pescadores profissionais, empregados ou em regime de parceria por cotas-partes, utilizando embarcações de pequeno, médio ou grande porte, com finalidade comercial (BRASIL, 2009). As pescarias não comerciais podem ser: científicas quando praticadas por pessoa física ou jurídica, com a finalidade de pesquisa científica; amadoras quando praticada por brasileiro ou estrangeiro, com equipamentos ou apetrechos previstos em legislação específica, tendo por finalidade o lazer ou esporte; e de subsistência quando praticada com fins de consumo doméstico ou escambo sem fins de lucro e utilizando apetrechos previstos em legislação específica (BRASIL, 2009).

Nesta tese, as pescarias comerciais artesanais foram denominadas apenas como pescarias comerciais. As pescarias de subsistência e comercial possuem elevada importância em termos de pescado capturado e segurança alimentar para as populações amazônicas (Ruffino, 2004; Isaac *et al.*, 2015; Freitas *et al.*, 2020). A pesca de subsistência é praticada por milhares de pessoas de ambos os sexos e várias idades que utilizam poucos e simples apetrechos, e não possui local específico para desembarque por isso, sua captura é difícil de ser quantificada (Batista *et al.*, 1998; Santos e Santos, 2005). A pesca comercial é desenvolvida

por pescadores profissionais que utilizam principalmente malhadeiras, barcos simples com casco de madeira, percorrem distâncias de 100 a 1000 km e na Amazônia Brasileira possui captura estimada em 173.000 t/ano (Barthem e Goulding, 2007; Matos *et al.*, 2021).

A captura gerada pela pesca comercial pode ser estimada através da coleta de dados nos centros de desembarque pesqueiro (Ruffino, 2008). Por outro lado, o total de pescado resultante da pesca de subsistência é difícil de ser estimado. Uma abordagem possível para sua estimativa ocorre se o consumo médio *per capita* de pescado for analisado regionalmente e multiplicado esse valor pelo número de habitantes (Bayley e Petrere, 1989). Isaac e Almeida (2011) realizaram um levantamento de informações acerca do consumo de pescado *per capita* para a região Amazônica, estimaram um consumo total de 308.109 t/ano, e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) passou a disponibilizar informações do Censo Demográfico em forma de grades estatísticas (IBGE, 2016). Essas informações permitem analisar espacialmente a população e realizar estimativas de captura para a Bacia utilizando ferramentas do Sistema de Informações Geográficas (SIG).

As capturas da pesca de subsistência e comercial estão frequentemente interligadas (Barthem e Goulding, 2007). As duas modalidades de pesca possuem caráter artesanal e o rendimento é variável e associado ao pulso de inundação, que modifica o ambiente aquático e está diretamente relacionado à história de vida dos peixes (Junk *et al.*, 1989; Isaac *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2020; Tregidgo *et al.*, 2020; Matos *et al.*, 2021). Além disso, a pesca de subsistência ocorre também em áreas utilizadas pela pesca comercial que, na Amazônia, apresenta maior captura em ambientes de águas brancas (Barthem e Goulding, 2007; Cardoso *et al.*, 2018; Goulding *et al.*, 2018). Esses ambientes em termos de biomassa animal são mais produtivos que os ambientes de águas pretas e claras (Junk *et al.*, 2011).

Além das diferentes modalidades de pescarias que ocorrem na Amazônia, também existem diferentes ambientes ao longo do rio Solimões-Amazonas (Ab'Saber, 2002). O eixo fluvial do rio Amazonas consiste em um sistema complexo de unidades sedimentares de diferentes idades e condições de formação, enquanto a planície de inundação composta pelo canal, é um complexo mosaico de formas fluviais incluindo canais mais recentes, bancos de areia e ilhas (Latrubesse e Franzinelli, 2002). Essas zonas variam conforme a hidrologia, a fertilidade do solo, a cobertura vegetal, a diversidade de plantas e as espécies de animais, desse modo, os ambientes não são iguais em toda a região (Junk *et al.*, 2011).

Os rios e lagos são os ambientes mais explorados pelos pescadores na Amazônia (Hora e Moreira, 2019; Matos *et al.*, 2021). Esses ecossistemas possuem diferentes formas e habitats que podem ser representados por diversas categorias como: área total do ambiente, área e composição da floresta sazonalmente alagável, área e composição dos bancos de herbáceas aquáticas, extensão da água aberta, entre outros, que são considerados seus componentes ou variáveis. As variáveis da paisagem funcionam como importantes indicadores ambientais e estão relacionadas com a riqueza e abundância de peixes (Lobón-Cerviá *et al.*, 2015; Freitas *et al.*, 2018; Oberdorff *et al.*, 2019), com a diversidade (Siqueira-Souza *et al.*, 2016; Arantes *et al.*, 2019) e com o rendimento da pesca (Castello *et al.*, 2017; Barros *et al.*, 2020).

Ao longo dos anos, pesquisas vêm sendo realizadas avaliando características da paisagem nos recursos pesqueiros em variadas escalas (Lo *et al.*, 2020). Nesses trabalhos, geralmente têm sido utilizado o Sistema de Informações Geográficas (SIG) com bancos de dados de variáveis da paisagem e dados de pescarias desembarcadas ou experimentais (Lo *et al.*, 2020). O uso do SIG com dados pesqueiros é recente na Amazônia, porém de elevada importância na realização de estudos a nível de macro escala geográfica (Pereira *et al.*, 2019). A utilização do SIG associado a informações bióticas e abióticas da Bacia Amazônica podem propiciar a obtenção de importantes indicadores das condições ambientais e auxiliar no processo de tomada de decisão (Besser de Deus *et al.*, 2011; Venticinque *et al.*, 2016).

A avaliação da paisagem em diferentes escalas possui elevada importância especialmente devido a intensificação dos impactos das ações do homem para o desenvolvimento econômico sobre os meios aquáticos tropicais, que ocasionam perdas contínuas na biodiversidade e no funcionamento dos ecossistemas (Haddad *et al.*, 2015; Castello, 2021). Acredita-se que as pescarias de água doce estão ameaçadas devido aos diversos estressores que afetam os ecossistemas aquáticos. As principais causas são atribuídas às atividades antropogênicas que inevitavelmente levarão a produção pesqueira ao declínio (Welcomme, 2011; Arthington *et al.*, 2016). A degradação dos ecossistemas aquáticos vem ocorrendo na Bacia Amazônica a taxas sem precedentes (Castello, 2021). Nos últimos anos, houve uma intensificação dos impactos nos ecossistemas de água doce originados por aumento da frequência de cheias e secas atípicas, construção de barragens, expansões no desmatamento e poluição (Finer e Jenkins, 2012; Castello *et al.*, 2013; Ropke *et al.*, 2017; Castello, 2021). Esses fatores influenciam em mudanças na estrutura de comunidades de peixes e a diminuição da biomassa (Pinaya *et al.*, 2016; Ropke *et al.*, 2017; Freitas *et al.*, 2018), ocasionam perdas na biodiversidade em escalas locais e regionais (Siqueira-Souza *et al.*, 2016; Arantes *et al.*, 2017;

Arantes *et al.*, 2019) e afetam o rendimento pesqueiro (Castello *et al.*, 2017; Barros *et al.*, 2020). Considerando isso, a inclusão das variáveis da paisagem nos estudos é essencial para conhecer as relações que existem e acompanhar as alterações nos sistemas hídricos, nas comunidades de peixes e conseqüentemente na pesca.

Apesar da pesca ser uma importante atividade para a Bacia Amazônica, a sua contribuição é subestimada, o que provoca um negligenciamento do setor nos processos de gestão (Almeida *et al.*, 2010; Síren e Valbo-Jørgensen, 2022). A carência de informações é exacerbada a nível local, levando a equívocos nos processos de gestão quando se supõe que regras de uso dos recursos pesqueiros podem ser generalizadas para toda a Bacia. Porém, para subsidiar a elaboração de medidas de manejo pesqueiro e políticas relacionadas às questões econômicas e sociais que envolvam todos os usuários dos recursos pesqueiros são necessárias informações básicas referentes à atividade, como estimativas de captura anual.

No entanto, a obtenção de estimativas confiáveis de captura na Amazônia não é uma tarefa trivial (Ruffino, 2008; Hallwass e Silvano, 2019; Síren e Valbo-Jørgensen, 2022). O caráter difuso das pescarias, em especial da pesca de subsistência, impossibilita a aplicação de metodologias tradicionais de amostragem pesqueira (Ruffino, 2004; Freitas *et al.*, 2020). Isso é verdade, mesmo para a pesca comercial, que é desenvolvida com diversos apetrechos e a partir de estratégias de pesca adaptadas ao ambiente explorado e a dinâmica fluvial, a metodologia de amostragem empregada possui limitações (Ruffino, 2004; Freitas *et al.*, 2020). Dessa forma, devido à importância da atividade e as modificações que vem ocorrendo nos ambientes torna-se fundamental conhecer a produção pesqueira na Bacia e entender as relações que a paisagem pode ter com as capturas.

Considerando isso, no primeiro capítulo desta tese será apresentada uma estimativa para a captura da pesca de subsistência na Bacia Amazônica utilizando uma nova abordagem metodológica, que permite considerar componentes espaciais e analisar as populações que dependem da pesca de subsistência. No segundo capítulo, será avaliada a distribuição espacial da pesca comercial amazônica a partir de variáveis da paisagem e dos peixes capturados nos desembarques. Ambos os capítulos, visam contribuir com problemáticas globais relacionados às duas principais modalidades de capturas de pescarias de águas interiores como, insuficiência de informações básicas para avaliação pesqueira, e análise dos desembarques da pesca considerando a heterogeneidade da paisagem em macroescala.

2 HIPÓTESES

No capítulo 1 foi hipotetizado que as maiores capturas da pesca de subsistência são espacialmente distribuídas em regiões de rios de águas brancas. No capítulo 2 foi hipotetizado que uma maior variedade de espécies é associada aos desembarques de regiões com maior cobertura florestal.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Estudar as pescarias de subsistência e comercial na Bacia Amazônica, avaliando a exploração dos estoques pesqueiros propondo uma nova abordagem metodológica e as relações da paisagem dinâmica dos ambientes aquáticos regionais com a diversidade das capturas e com as estratégias de pesca.

3.2 Objetivos Específicos

Desenvolver uma metodologia para estimar a captura da pesca de subsistência na Amazônia brasileira, a partir da existência de relação entre a densidade demográfica e o consumo *per capita* de pescado;

Estimar a captura total da pesca de subsistência identificando possíveis variações regionais na quantidade capturada;

Definir a zona de atuação da frota pesqueira de municípios importantes para o desembarque de pescado de microrregiões ao longo da calha do rio Solimões-Amazonas;

Quantificar as variáveis da paisagem durante os períodos de águas altas e baixas na zona de atuação das referidas frotas;

Avaliar as correlações entre as espécies exploradas e as microrregiões analisadas ao longo da calha do rio Solimões-Amazonas, nos períodos de águas altas e baixas.

Capítulo 1

Lopes, G. C. S.; Freitas, C. E. C.; Castello, L. Uma nova estimativa de captura para a pesca de subsistência na Bacia Amazônica. Manuscrito formatado para *Acta Amazonica**.

*- Capítulo formatado segundo as normas da Acta Amazonica conforme recomendações do INPA, para quando ainda não tiver sido definido o periódico no qual o manuscrito será enviado.

1 Uma nova estimativa de captura para a pesca de subsistência na Bacia Amazônica

2 Resumo

3 A pesca de subsistência possui elevada importância, porém as capturas são difíceis de serem
4 quantificadas. Considerando isso, foi estimada a contribuição da pesca de subsistência para as
5 capturas da Amazônia brasileira utilizando uma nova abordagem metodológica considerando
6 componentes espaciais. Foram utilizados dados demográficos do Instituto Brasileiro de
7 Geografia e Estatística (IBGE), uma máscara de zonas úmidas e taxas de consumo de pescado
8 *per capita* oriundas da literatura. A quantidade de pessoas em zonas úmidas foi estimada a partir
9 de recortes dos dados de IBGE sobre a máscara de zonas úmidas. As taxas de consumo de
10 pescado foram interpoladas utilizando o Inverso do Quadrado da Distância (IQD).
11 Posteriormente, foi realizado o produto entre a quantidade de pessoas em zonas úmidas e as
12 taxas de consumo de pescado interpoladas. O resultado foi considerado como a captura da pesca
13 de subsistência, e foi dividido por sub-bacia para avaliação regional. As análises espaciais
14 foram realizadas utilizando o Q-GIS (3.22). Foram estimadas 1.732.659 pessoas em zonas
15 úmidas. As taxas de consumo de pescado *per capita* variaram de 51 kg ano⁻¹ a 266 kg ano⁻¹. A
16 captura na Bacia Amazônia brasileira foi estimada em 190.686 t ano⁻¹, sendo esse valor maior
17 do que algumas estimativas de pescarias comerciais. As maiores capturas concentraram-se na
18 calha central do rio Solimões-Amazonas e na planície aluvial adjacente. Os resultados tornam
19 visível a contribuição da pesca de subsistência nas capturas totais da Amazônia lançando luz
20 sobre um problema global, e evidenciam a importância dos recursos pesqueiros para a
21 segurança alimentar de populações amazônicas.

22 Palavras-chave: consumo de pescado; segurança alimentar; pesca artesanal; Amazônia.

23 Introdução

24 A nível mundial, as capturas da pesca de subsistência são amplamente desconhecidas
25 (Welcomme *et al.* 2010; Bartley *et al.* 2015). Essas capturas são destinadas ao consumo
26 doméstico direto, não possuem locais específicos para desembarque e geralmente não são
27 contabilizadas nas estatísticas oficiais (Freitas e Rivas 2006; Fluet-Chouinard *et al.* 2018;
28 Funge-Smith e Bennett 2019). A pesca de subsistência sustenta a segurança alimentar em
29 muitos países tropicais e subtropicais (Lynch *et al.* 2016; Fossile *et al.* 2019). Na América do
30 Sul, especialmente na Amazônia, comunidades são quase totalmente dependentes da captura da
31 pesca de subsistência como fonte de proteína animal (Isaac e Almeida 2011; Isaac *et al.* 2015).

32 Desde 1976, estudos sobre a produção pesqueira são realizados com dados de
33 desembarque na região Amazônica (Petrere 1978; Petrere 1985; Batista *et al.* 2012), mas pouco
34 se sabe sobre a captura consumida pela população ribeirinha. Em 1979, o consumo total de
35 pescado pelos ribeirinhos em alguns rios da Bacia amazônica foi estimado em 32.200 t ano⁻¹
36 (Bayley 1981). Posteriormente, Bayley e Petrere (1989) calcularam um nível de captura de
37 198.605 t ano⁻¹ para a Bacia e consideraram que 62% disso vinham de pequenos mercados
38 locais e da pesca de subsistência. Bayley (1998) estimou a captura total das pescarias destinadas
39 a alimentação em 425.000 t ano⁻¹ na Bacia Amazônica, baseando-se na população humana e em
40 estimativas elevadas de consumo de pescado *per capita* para comunidades rurais de várzea
41 (Cerdeira *et al.* 1997; Batista *et al.* 1998; Fabré e Alonso 1998) que não estavam disponíveis
42 anteriormente. Junk *et al.* (2007) avaliando estimativas realizadas anteriormente verificaram
43 que na Bacia Amazônica a pesca interior (comercial e de subsistência) dá origem a uma captura
44 total de 450.000 t ano⁻¹ e contribui substancialmente para o fornecimento de proteína para as
45 populações locais. Isaac e Almeida (2011), utilizando taxas de consumo de pescado e
46 assumindo que 70% da população registrada pelo IBGE é ribeirinha, estimaram um consumo
47 total de 308.109 t ano⁻¹ nas regiões mais baixas da Bacia. Sendo essa captura até cinco vezes

48 maior do que as estimativas de capturas das pescarias desembarcadas (Batista *et al.* 2012).
49 Recentemente, Sirén e Valbo-Jorgensen (2022) revisaram diversas publicações e bases de
50 dados e utilizando estimativas populacionais atuais estimaram os desembarques totais entre
51 422.000 t ano⁻¹ e 473.000 t ano⁻¹ em toda a Bacia Amazônica. Aproximadamente, 75% dessas
52 capturas são oriundas da parte brasileira da Bacia e foram estimadas com uma margem muito
53 grande de incerteza visto que, entre outras questões, não existem estatísticas oficiais recentes
54 que permitam estimar com precisão a captura total da Bacia (Santos e Santos 2005; Sirén e
55 Valbo-Jorgensen 2022).

56 O pescado sempre foi parte essencial da dieta das pessoas que vivem na Bacia
57 Amazônica, principalmente as que residem nas margens dos rios (Cerdeira *et al.* 1997; Batista
58 *et al.* 2004; Isaac e Almeida 2011; Isaac *et al.* 2015). Estimar a captura na Amazônia é de
59 elevada importância e favorece o desenvolvimento de uma gestão estratégica eficiente. Devido
60 à insuficiência de informações relacionadas à captura da pesca de subsistência, estudos
61 realizados na região não estimavam a captura total (Bayley e Petrere 1989; Batista *et al.* 2012).
62 Nesse sentido, avaliar o quanto de pescado é consumido auxilia na identificação de qual parte
63 da captura é provavelmente sub ou superestimada e contribui no entendimento da captura total
64 da região Amazônica (Bayley e Petrere 1989). Sem essa informação básica o impacto de
65 variáveis naturais e antrópicas e o efeito da exploração ano a ano sobre os rendimentos da pesca
66 e conseqüentemente sobre a segurança alimentar não podem ser adequadamente avaliados.

67 As capturas da pesca de subsistência na Bacia Amazônica podem ser maiores do que as
68 estimativas de desembarques comerciais (Batista *et al.* 2004; Duponchelle *et al.* 2021).
69 Considerando isso, nesse trabalho foi utilizada uma nova metodologia para estimar a captura
70 da pesca de subsistência na Bacia Amazônica brasileira, permitindo quantificar a população
71 residente nas zonas úmidas e interpolar taxas de consumo de pescado para regiões sem estudos,
72 como forma de contribuir com o problema global de insuficiência de dados. Além disso, foi

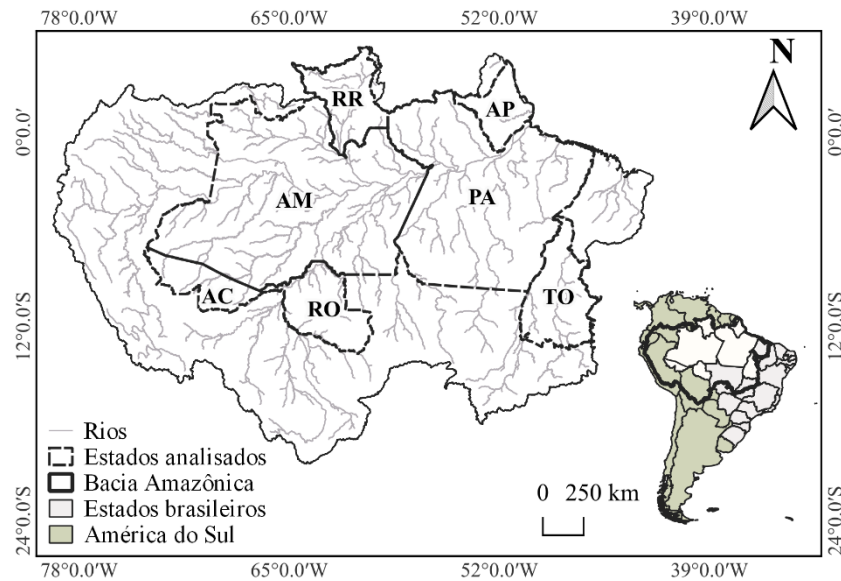
73 hipotetizado que as maiores capturas da pesca de subsistência são espacialmente distribuídas
74 em regiões de rios de águas brancas.

75

76 Material e Métodos

77 Área de estudo

78 A captura da pesca de subsistência foi estimada para Bacia Amazônica brasileira,
79 considerando os limites estaduais do Amazonas, Acre, Pará, Roraima, Rondônia, Amapá e
80 Tocantins que retêm grande parte das áreas úmidas da Bacia (Figura 1) (Hess *et al.* 2015;
81 Venticinque *et al.* 2016; IBGE 2021). Esses estados produzem cerca de 55% do total de peixes
82 capturados em águas continentais brasileiras (MPA 2012). A região possui uma área alagada
83 de $5,06 \times 10^6$ km² e sua dinâmica é fortemente caracterizada pelo pulso de inundação, que
84 modifica sazonalmente o ambiente aquático, o bem-estar dos peixes e as condições de vida das
85 populações humanas que vivem próximas às margens dos rios, denominados de ribeirinhos
86 (Junk *et al.* 1989; Junk e Piedade 1993; Hess *et al.* 2015). Os ribeirinhos que habitam as áreas
87 úmidas adaptaram-se às mudanças sazonais no ambiente e estabeleceram um modo de vida
88 regulado pelo ciclo hidrológico (McGrath *et al.* 1991; Piedade *et al.* 2014). No período de seca,
89 o nível dos rios diminui e a várzea é utilizada para plantar culturas, como a mandioca, ou é
90 usada como pastagem para o gado (McGrath *et al.* 1991; Piedade *et al.* 2014). Além disso, a
91 caça e a pesca tornam-se mais fáceis neste período (Junk *et al.* 1989; McGrath *et al.* 1991; Isaac
92 *et al.* 2015), porém o acesso aos lagos pode ser difícil. No período de cheia, as áreas dos lagos
93 de várzea e canais laterais aumentam de tamanho e as terras baixas florestadas ficam inundadas,
94 dificultando a realização de atividades agrícolas (Junk *et al.* 1989; Mc Grath *et al.* 1991; Isaac
95 *et al.* 2015).

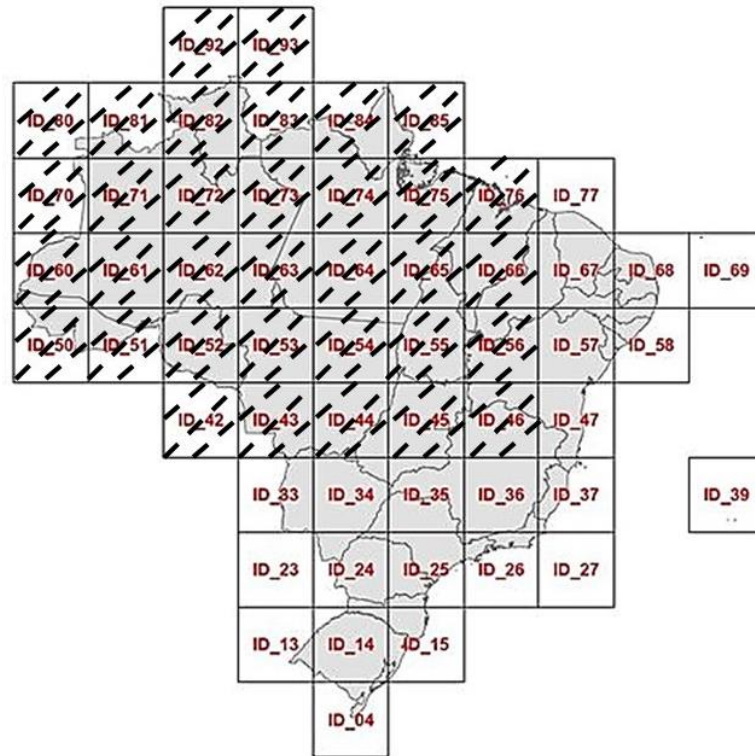


96

97 Figura 1 – Rios dos estados da Bacia Amazônica brasileira analisados segundo Venticinque et
 98 al. (2016). AM = Amazonas; AC = Acre; AP= Amapá; PA = Pará; RO= Rondônia; RR=
 99 Roraima; TO= Tocantins.

100 Coleta e de dados

101 As grades estatísticas com dados do Censo Demográfico de 2010 do Instituto Brasileiro
 102 de Geografia e Estatística – IBGE que estão disponíveis
 103 (http://geofpt.ibge.gov.br/recortes_para_fins_estatisticos/grade_estatistica/censo_2010/)
 104 foram utilizadas nesse estudo para acessar os dados demográficos. Através das grades
 105 estatísticas é possível agrupar dados em unidades geográficas pequenas e estáveis ao longo do
 106 tempo, facilitando comparações e aumentando o detalhamento, especialmente de regiões rurais
 107 (IBGE 2016). Para esse estudo foram obtidos os arquivos *shapefiles* das grades de id 42 a 46,
 108 50 a 56, 60 a 66, 70 a 76, 80 a 85, 92 e 93 (Figura 2).



109

110 Figura 2 - Grades estatísticas do IBGE para o Brasil. Fonte:
 111 http://geoftp.ibge.gov.br/recortes_para_fins_estatisticos/grade_estatistica/censo_2010/articula
 112 [cao.jpg](#)

113 Além das grades estatísticas, para acessar as populações ribeirinhas, também foi
 114 utilizada uma máscara de zonas úmidas para a Bacia Amazônica elaborada pela Dra. Laura
 115 Hess do Earth Research Institute, University of California, Santa Barbara, California, USA
 116 (dados não publicados). A máscara consiste em um arquivo no formato TIFF com a Bacia
 117 Amazônica classificada em zonas úmidas e não úmidas que foi construído através de uma
 118 segmentação de mosaicos com imagens geoprocessadas. As zonas úmidas foram consideradas
 119 como áreas que foram inundadas em pelo menos um período do ano; áreas adjacentes a áreas
 120 inundadas e com formas de relevo consistente com a geomorfologia das áreas úmidas; canais
 121 fluviais, lagos, reservatórios permanentes (Hess et al. 2015). Os limites das Unidades da
 122 Federação foram acessados a partir de arquivos *shapefiles* obtidos no endereço eletrônico:

123 [https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-
malhas.html?=&t=acesso-ao-produto](https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-
124 malhas.html?=&t=acesso-ao-produto).

125 As trinta e cinco taxas de consumo de pescado utilizadas foram extraídas do trabalho de
126 Isaac e Almeida (2011) e de outros estudos sobre o consumo de peixe na Amazônia (Mérona *et*
127 *al.* 2010; Isaac *et al.* 2015; Almeida 2018; Oliveira 2018; Mendes *et al.* 2021; Azevedo *et al.*
128 2022) (Tabela 1 e Tabela S 1). Eventualmente, foram realizadas consultas nas fontes primárias
129 compiladas no trabalho de Isaac e Almeida (2011). A limitação dos dados de consumo de
130 pescado utilizados é reconhecida visto que esses trabalhos foram realizados em diferentes anos,
131 com uma variedade de tamanhos de amostras, diferentes metodologias e, geralmente,
132 desconsiderando a sazonalidade associada ao ciclo hidrológico.

133 Neste estudo foram consideradas as taxas de consumo de pescado estimadas nos
134 diferentes estudos para população rural e as coordenadas geográficas de cada local analisado
135 (Figura S1). Batista *et al.* (1998) realizaram estudos em quatro comunidades no Baixo Rio
136 Solimões, porém devido a forma de apresentação dos resultados foram consideradas apenas as
137 comunidades Aruanã e Marimba. Os autores citaram no texto a maior e menor taxa de consumo
138 de pescado e posteriormente apresentaram os resultados graficamente (Batista *et al.* 1998). As
139 comunidades que registraram maior e menor consumo de pescado foram identificadas nos
140 gráficos e essas foram relacionadas as taxas citadas no texto. Fabr e e Alonso (1998) realizaram
141 estudos em doze comunidades no Rio Solimões, onze no Rio Japur a e oito no Rio I a e
142 apresentaram as taxas de consumo de pescado como médias por rio e período de inunda o
143 ( guas altas e baixas). Nesse estudo, foram consideradas as comunidades mais distantes do
144 principal centro urbano da região para cada rio estudado, visando reduzir possíveis influências
145 de outras formas de obten o do pescado, e para cada comunidade foi relacionada a menor taxa
146 de consumo de pescado entre os períodos de inunda o avaliados, propondo-se garantir
147 parcim nia. Guimarães *et al.* (1999), Boischio e Henshel (2000), Dorea *et al.* (2003) e Isaac *et*

148 *al.* (2015) analisaram vinte e três locais entre os rios Tartarugalzinho, Negro, Madeira, Purus,
149 Baixo Amazonas e Trombetas, e apresentaram uma taxa média de consumo de pescado para
150 cada região analisada. Nesses estudos foram observados os locais mais distantes do principal
151 centro urbano de cada região e a esses locais foram relacionadas as taxas médias de consumo
152 de pescado apresentadas. Bastos *et al.* (2006) estimaram a taxa média de consumo de pescado
153 para a população rural de quatro locais. O município de Manicoré que entre os locais avaliados
154 possui o maior percentual de população rural, e possivelmente maiores dependentes da pesca
155 de subsistência, foi definido como localização para aquisição da coordenada geográfica (IBGE
156 2010). Passos *et al.* (2008) forneceram uma tabela com as taxas médias de consumo de pescado
157 para homens e mulheres em cada uma das seis comunidades que foram estudadas. A localização
158 individual de cada comunidade e a menor taxa de consumo de pescado entre homens e mulheres
159 foram utilizados nesse estudo. Mérona *et al.* (2010) forneceram uma estimativa da pesca de
160 subsistência para a área de influência da Usina Hidrelétrica de Tucuruí baseado na taxa de
161 consumo de pescado da Comunidade Ituquara. Dessa forma, nesse estudo foi considerada
162 apenas a localização de Ituquara e a respectiva taxa de consumo de pescado que foi estimada.
163 Doria *et al.* (2016) no rio Madeira e Almeida (2018) no rio Xingu forneceram uma tabela com
164 as taxas médias de consumo de pescado para as comunidades estudadas. Com isso, foi utilizada
165 a localização individual de cada comunidade associada à sua respectiva taxa de consumo.
166 Mendes *et al.* (2021) apresentaram a média de consumo de pescado para as Comunidades São
167 Sebastião do Tapuru e Lago Puruzinho no rio Madeira. Nesse estudo, foram considerados
168 apenas a localização e o consumo médio de pescado da Comunidade São Sebastião do Tapuru,
169 isso porque do estudo de Azevedo *et al.* (2022) foi extraída a informação para os habitantes do
170 Lago Puruzinho.

171

172 Tabela 1 - Taxas de consumo de pescado *per capita* (kg ano⁻¹) utilizadas nas análises. *-taxas
173 de consumo de pescado extraídas a partir do estudo de Isaac e Almeida (2011).

Comunidade	Consumo <i>per capita</i> (kg/ano)	Fonte
Lago Grande de Monte Alegre	135	Cerdeira <i>et al.</i> (1997) *
Marimba	186	Batista <i>et al.</i> (1998) *
Aruanã	219	Batista <i>et al.</i> (1998) *
Vila de Balbina	40,15	Kehrig <i>et al.</i> (1998) *
Ipiranga Velho	186	Fabré e Alonso (1998) *
Serrinha	294	Fabré e Alonso (1998) *
Teresina III	189,43	Fabré e Alonso (1998) *
Lago Jauari/dos Botos (Óbidos)	219	Mitlewski <i>et al.</i> (1999) *
Lago Duas Bocas	73	Guimarães <i>et al.</i> (1999) *
Calama	88	Boischio e Henshel (2000) *
Rio Negro	62	Dorea <i>et al.</i> (2003) *
Aracampinas	95	Adams <i>et al.</i> (2005) *
São Benedito	101	Adams <i>et al.</i> (2005) *
Manicoré	91	Bastos <i>et al.</i> (2006) *
São Luis do Tapajós	53,76	Passos <i>et al.</i> (2008) *
Nova Canaã	36,97	Passos <i>et al.</i> (2008) *
Santo Antônio	29,56	Passos <i>et al.</i> (2008) *
Vista Alegre	44,56	Passos <i>et al.</i> (2008) *
Mussum	44,56	Passos <i>et al.</i> (2008) *
Açaituba	29,30	Passos <i>et al.</i> (2008) *
Itaquara	49,2	Mérona <i>et al.</i> (2010)
Baixo Rio Amazonas	152	Isaac <i>et al.</i> (2015)
Rio Purus	171	Isaac <i>et al.</i> (2015)
Rio Trombetas	179	Isaac <i>et al.</i> (2015)
Cuniã	259,2	Doria <i>et al.</i> (2016)
Terra Caída	98,6	Doria <i>et al.</i> (2016)
Boa Vitória	160,6	Doria <i>et al.</i> (2016)
Papagaios	116,8	Doria <i>et al.</i> (2016)
Bom Jardim	167,9	Doria <i>et al.</i> (2016)
Ilha da Fazenda	107	Almeida (2018)
Boa Esperança	203	Almeida (2018)
Vila de Belo Monte	50	Almeida (2018)
Vila Nova	87	Almeida (2018)
São Sebastião do Tapuru	34,5	Mendes <i>et al.</i> (2021)
Lago Puruzinho	27,7	Azevedo <i>et al.</i> (2022)

174

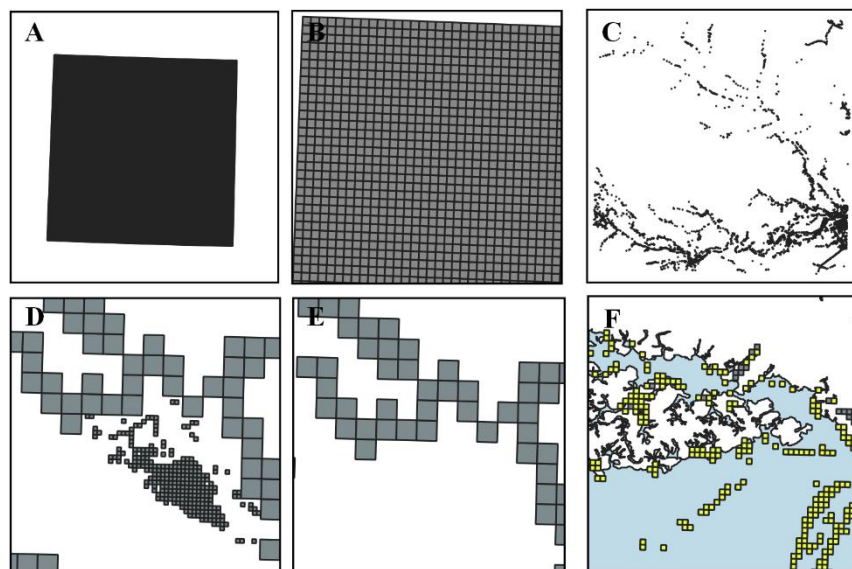
175 Análise de dados

176 Nas análises realizadas para estimativa da população residente nas zonas úmidas foi

177 utilizado o software Q-Gis 3.22.4 (QGIS Development Team 2022). Em cada grade estatística,

178 foram selecionadas e extraídas em formato *shapefile* apenas as células que continham
 179 população maior que 0 e as que possuíam dimensões de 1 km x 1 km (Figura 3). O IBGE definiu
 180 células com dimensões de 1 km x 1 km nas áreas rurais e 200 m x 200 m nas áreas urbanas
 181 (IBGE 2016).

182 A máscara de zonas úmidas foi vetorizada. Posteriormente, as grades estatísticas
 183 analisadas foram sobrepostas na máscara de zonas úmidas e foram selecionadas e extraídas em
 184 formato *shapefile* as células que estavam dentro ou interseccionavam as zonas úmidas (Figura
 185 3). As células das grades de id 76, 92 e 93 não estavam localizadas nas zonas úmidas e foram
 186 descartadas das análises.



187

188 Figura 3 - Exemplo de análises realizadas com as grades do Censo Agro. A= grade id 72; B=
 189 grade id 72 em menor escala para observação das células que formam a grade; C= células da
 190 grade id 72 com população maior que 0; D= células de diferentes tamanhos da grade id 72 em
 191 menor escala que possuem população maior que 0; E= células de zonas rurais da grade id 72
 192 com população maior que 0; F= células de zonas rurais da grade id 72 com população maior
 193 que 0 (em amarelo) que estão localizadas em zonas úmidas (em azul).

194 Utilizando o plugin MMQGIS e a função Merge Layers (Minn 2021) foi realizada a
195 união de todas as células das grades estatísticas localizadas nas zonas úmidas. Após isso, foram
196 selecionadas e extraídas em formato *shapefile* as células que estavam dentro ou
197 interseccionavam os limites dos estados do Amazonas, Acre, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima
198 e Tocantins. As células que resultaram dessas análises foram consideradas no cálculo da
199 população total ribeirinha. O acesso ao somatório dos dados populacionais de 2010 foi realizado
200 a partir da extensão DBF do *shapefile* originado das análises utilizando o software Libre Office
201 Calc versão 7.2.7 (Libre Office The Document Foundation 2021).

202 Um vetor de pontos foi gerado com as coordenadas dos locais e com os respectivos
203 valores de taxas de consumo de pescado *per capita* (kg ano^{-1}), utilizando o Google Earth Pro
204 7.3.4 (Google LLC 2022) e o Q-Gis 3.22.4 (QGIS Development Team 2022). Posteriormente,
205 foi realizada uma interpolação pelo Inverso do Quadrado da Distância (IDW) utilizando os
206 limites estaduais como extensão, devido a abrangência dos dados de consumo de pescado
207 (Figura S2 e Figura S3). O tamanho de pixel de 1 km x 1 km foi utilizado mantendo o padrão
208 do IBGE (2016).

209 A interpolação é utilizada com o objetivo de avaliar a variabilidade espacial de um
210 determinado atributo, baseado em dados amostrais situados em uma localidade (Jimenez e
211 Domecq 2008). Através dessa técnica é possível estimar valores em áreas não contempladas
212 pela amostragem baseando-se em valores obtidos em pontos amostrados (Landim 2000). Entre
213 os métodos, está a reticulação (*gridding*) que estabelece uma grade regular (*grid*) sobre a área
214 estudada e calcula os valores nos nós do reticulado com base nos valores dos pontos que foram
215 amostrados (Landim 2000). A reticulação é considerada um método de estimação indireto, visto
216 que os contornos são construídos a partir dos dados estimados para os nós da grade. Esse
217 método extrapola a superfície estimada para além dos limites da área amostrada, utilizando um
218 algoritmo matemático para ajustar uma superfície através dos dados estimados para os nós

219 (Landim 2000). O Inverso do Quadrado da Distância (IQD) também denominado de Inverso
 220 Ponderado da Distância é um dos algoritmos mais utilizados (Camargo *et al.* 2002). O IQD é
 221 determinístico de efeito local onde cada ponto da superfície é estimado a partir da interpolação
 222 das amostras mais próximas, supondo que predominam efeitos locais. A fórmula utilizada é
 223 apresentada abaixo (Camargo *et al.* 2002).

$$224 \quad Z = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i / h_{ij}^\beta}{\sum_{i=1}^n 1 / h_{ij}^\beta}$$

225 Em que:

226 Z é o valor interpolado para o nó do reticulado (grid);

227 Z_i é o valor do ponto amostrado vizinho ao nó;

228 h_{ij} é a distância entre o nó da grade e Z_i ;

229 β é o expoente de ponderação (peso);

230 n é o número de pontos amostrados utilizados para interpolar cada nó.

231 Um expoente igual a dois (Inverso do Quadrado da Distância) evidencia as informações
 232 coletadas e é amplamente utilizado com bons resultados, por isso foi usado nesse estudo
 233 (Camargo *et al.* 2002; Mello *et al.* 2003; Gardiman Junior *et al.* 2012). O algoritmo é
 234 considerado razoavelmente genuíno aos dados amostrais, os máximos locais tendem a formar
 235 “picos” artificiais, não estima valores de Z_i maiores ou menores que os valores máximos e
 236 mínimos dos dados e é um bom estimador para propósitos gerais (Camargo *et al.* 2002).

237 Utilizando a ferramenta Estatísticas Zonais, a interpolação e as grades do IBGE
 238 processadas nesse estudo foram calculadas as médias, o somatório, os valores mínimos e
 239 máximos de consumo de pescado para cada célula das grades estatísticas. Em todas as análises
 240 foi utilizada a Projeção de Albers e o software Q-Gis 3.22.4 (QGIS Development Team 2022).

241 Na extensão *dbf* das grades estatísticas em que foram calculadas as taxas de consumo
242 de pescado, para cada célula foi gerado o produto entre o número de pessoas
243 (independentemente do gênero e faixa etária) e a taxa média de consumo de pescado. O
244 somatório do resultado de todas as células foi considerado como a captura da pesca de
245 subsistência. O mesmo procedimento foi realizado utilizando os valores máximos e mínimos
246 de consumo de pescado para obtenção das capturas máximas e mínimas totais da pesca de
247 subsistência.

248 Os mapas temáticos com os dados de população total, taxas médias de consumo de
249 pescado *per capita* (kg ano^{-1}), captura (t) da pesca de subsistência total, capturas máximas (t) e
250 mínimas (t) foram construídos utilizando a estrutura GIS multiescala espacialmente uniforme
251 disponibilizada por Venticinqu *et al.* (2016). Essa estrutura foi desenvolvida para análise,
252 gestão e monitoramento dos recursos naturais e serviços fornecidos pelos sistemas aquáticos na
253 Bacia Amazônica (Venticinqu *et al.* 2016). A bacia de nível quatro (BL 4) que delimita bacias
254 tributárias maiores que 10.000 km^2 e menores que 100.000 km^2 foi utilizada (Venticinqu *et al.*
255 2016). Esse nível de bacia, subdividiu o canal principal do rio Amazonas em seções baseadas
256 nas unidades geomorfológicas fluviais (Venticinqu *et al.* 2016), e foi usado por Goulding *et*
257 *al.* (2018) para mapear pescarias de peixes comercialmente importantes que também são
258 capturados pelos pescadores de subsistência.

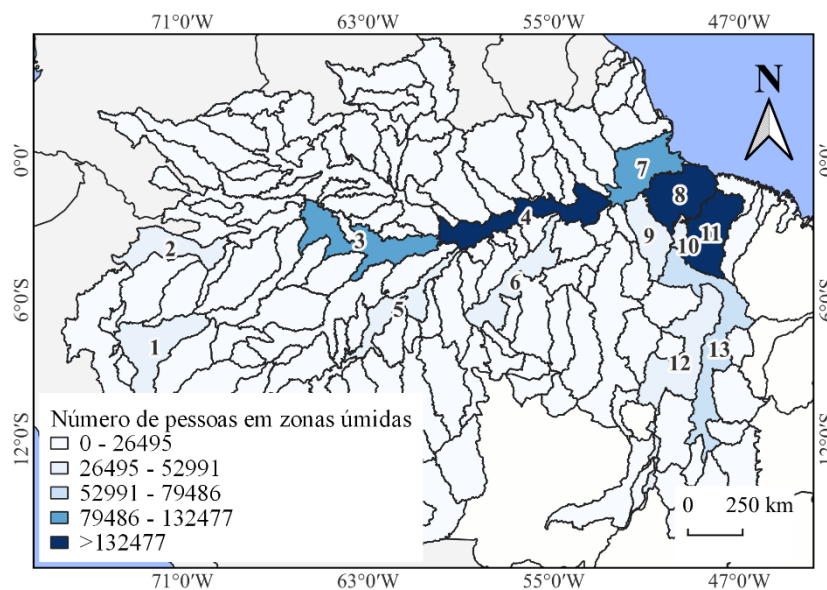
259 As células com as informações processadas foram subdivididas por BL 4 utilizando as
260 ferramentas de seleção por localização e recorte do Q-Gis. O número de pessoas em cada sub-
261 bacia de nível quatro (BL 4) foi calculado utilizando o somatório do número de pessoas
262 registradas em cada célula das grades que estão localizadas dentro de cada BL 4. As taxas
263 médias de consumo de pescado por BL 4 foram calculadas utilizando o somatório do consumo
264 de pescado dividido pelo número de células em cada BL 4. As capturas totais para a pesca de
265 subsistência, as capturas mínimas e máximas por BL 4 foram calculadas através do somatório

266 de captura das células presentes em cada BL 4. Os mapas temáticos graduados foram gerados
 267 com o software Q-Gis 3.22.4 (QGIS Development Team 2022).

268 Resultados

269 A quantidade de pessoas registradas em zonas úmidas da Amazônia brasileira em 2010
 270 foi de 1.732.659, variando de 13 a 397.432 entre as sub-bacias. De maneira geral, foi observado
 271 uma maior concentração de pessoas na região principal da calha do rio Solimões-Amazonas e
 272 em alguns afluentes como os rios Juruá, Madeira, Tapajós, Araguaia e Tocantins (Figura 4). As
 273 menores densidades demográficas foram registradas nas sub-bacias Novo (13 pessoas) e
 274 Comandante Fontoura (28 pessoas), na região do rio Xingu e do Cuiuni (32 pessoas), este
 275 último sendo um afluente da margem direita do rio Negro, no Noroeste da Amazônia. Enquanto
 276 as maiores foram observadas no Sul do Estuário Amazônico (397.432 pessoas), na região
 277 Oriental do canal do rio Solimões-Amazonas (214.288 pessoas) e em Guamá (158.089 pessoas).

278 Nas sub-bacias Puruí, no Caquetá-Japurá e Jufari, na Bacia do rio Negro não foram
 279 registradas pessoas. Nas Bacias Menores no Litoral Norte, em Caciporé e em Oiapoque
 280 localizadas na Bacia do Litoral Norte não foram registradas pessoas em zonas úmidas.

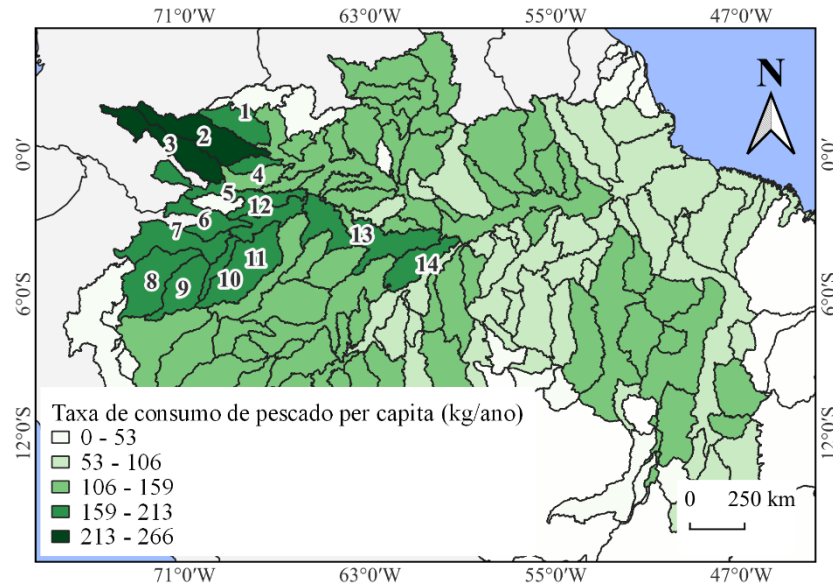


281

282 Figura 4 - Quantidade de pessoas em zonas úmidas na Bacia Amazônica. 1= Juruá; 2= Canal
283 Principal da Amazônia Ocidental; 3= Canal Principal da Amazônia Central; 4= Canal Principal
284 da Amazônia Oriental; 5= Canal Principal do Madeira; 6= Canal Principal do Tapajós; 7=
285 Estuário do Norte da Amazônia; 8= Estuário do Sul da Amazônia; 9= Pacajá; 10= Canal
286 Principal do Baixo Tocantins; 11= Guamá; 12= Canal Principal do Araguaia; 13= Canal
287 Principal do Tocantins.

288 As taxas de consumo de pescado *per capita* variaram de 51 kg ano⁻¹ a 266 kg ano⁻¹
289 (Figura 5). As menores taxas de consumo de pescado *per capita* foram observadas nas sub-
290 bacias São Manoel (51 kg ano⁻¹) e Juruena (55 kg ano⁻¹), na Bacia do rio Tapajós, e no Canal
291 Principal do Baixo rio Tocantins (57 kg ano⁻¹). Enquanto as maiores taxas foram observadas
292 nas sub-bacias Apaporis (266 kg ano⁻¹) e Caquetá-Japurá (191,5 kg ano⁻¹) na sub-bacia
293 Caquetá-Japurá e Uaupés (219 kg ano⁻¹), na Bacia do rio Negro.

294 As regiões mais próximas dos locais com dados de consumo de pescado (Figura S1)
295 como as sub-bacias de nível 4 do Alto rio Solimões e Japurá, Amazônia Central, Canal Principal
296 da Amazônia Oriental ou Baixo rio Amazonas, rio Tapajós e rio Xingu possuem taxas de
297 consumo mais acuradas. Enquanto as sub-bacias mais distantes dos locais com dados de
298 consumo de pescado como o Canal Principal do rio Negro e os rios Branco, Jauaperi, Purus,
299 Acre e Mamoré apresentaram taxas menos acuradas.



300

301 Figura 5 - Taxas de consumo de pescado *per capita* (kg ano⁻¹) na Bacia Amazônica brasileira.

302 1= Içana; 2= Uaupés; 3= Apaporis; 4= Curicuriari; 5= Canal Principal do Caquetá-Japurá; 6=

303 Canal Principal do Putumayo-Içá; 7= Canal Principal da Amazônia Ocidental; 8=Javari; 9=

304 Quixitó; 10= Jandiatuba; 11= Jutaí; 12= Canal Principal da Amazônia Central Ocidental; 13=

305 Canal Principal da Amazônia Central; 14= Madeirinha.

306 A captura total da pesca de subsistência na região Amazônica foi estimada em 190.686

307 t ano⁻¹ (Figura 6) com uma captura mínima total de 190.426 t ano⁻¹ (Figura 7) e máxima total

308 de 190.940 t ano⁻¹ (Figura 8). As maiores capturas concentraram-se na calha central do rio

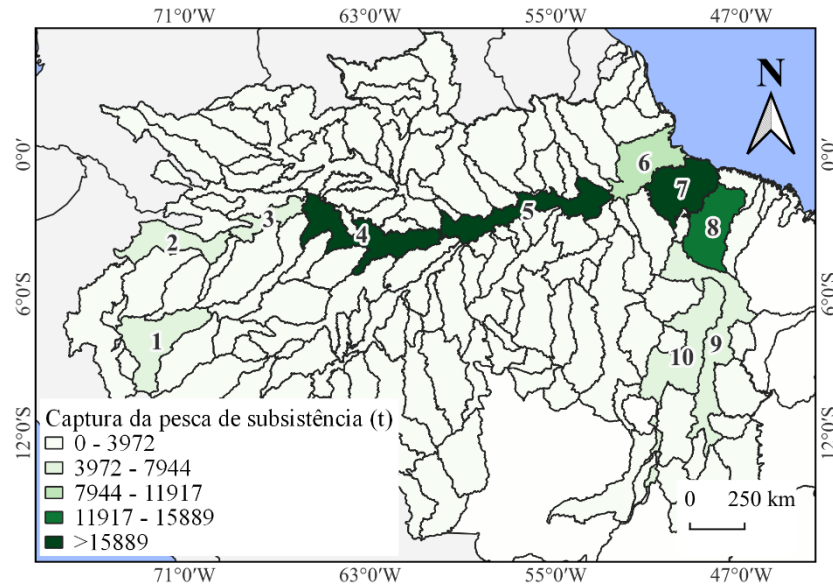
309 Solimões-Amazonas e na planície aluvial adjacente. Em especial, as regiões Sul do Estuário

310 Amazônico (31.777 t ano⁻¹), Canal Principal da Amazônia Oriental (29.568 t ano⁻¹) e Amazônia

311 Central (16.672 t ano⁻¹) apresentaram as maiores capturas. As sub-bacias Novo (1 t ano⁻¹) e

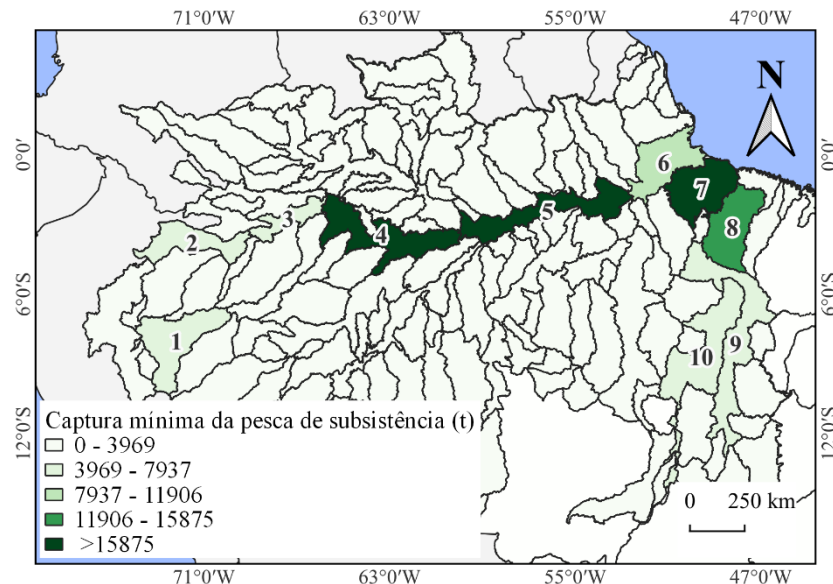
312 Comandante Fontoura (3 t ano⁻¹) no rio Xingu e Cuiuni (4 t ano⁻¹) no rio Negro apresentaram

313 as menores capturas.



314

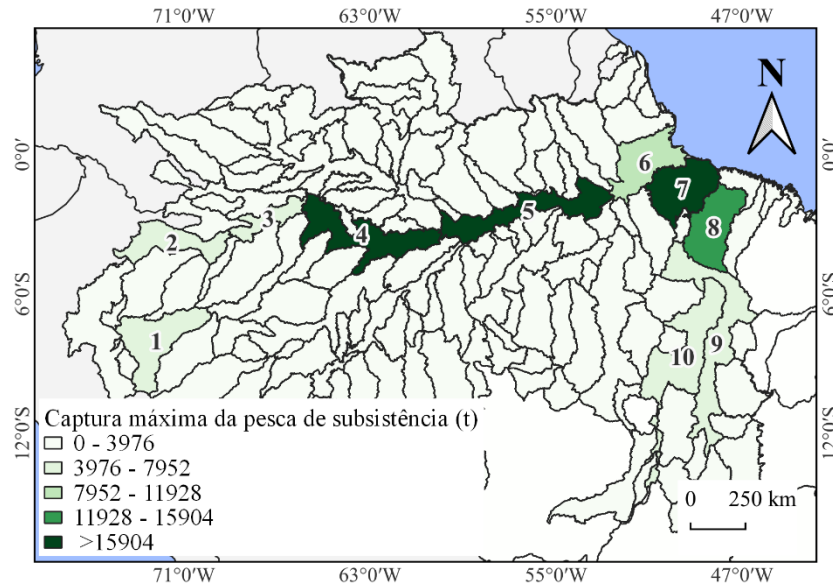
315 Figura 6 - Captura da pesca de subsistência (t) na Bacia Amazônica. 1= Juruá; 2= Canal
 316 Principal da Amazônia Ocidental; 3= Canal Principal da Amazônia Central Ocidental; 4= Canal
 317 Principal da Amazônia Central; 5= Canal Principal da Amazônia Oriental; 6= Estuário do Norte
 318 da Amazônia; 7= Estuário do Sul da Amazônia; 8= Guamá; 9= Canal Principal do Tocantins;
 319 10= Canal Principal do Araguaia.



320

321 Figura 7 - Capturas mínimas da pesca de subsistência (t) na Bacia Amazônica. 1= Juruá; 2=
 322 Canal Principal da Amazônia Ocidental; 3= Canal Principal da Amazônia Central Ocidental;

323 4= Canal Principal da Amazônia Central; 5= Canal Principal da Amazônia Oriental; 6= Estuário
 324 do Norte da Amazônia; 7= Estuário do Sul da Amazônia; 8= Guamá; 9= Canal Principal do
 325 Tocantins; 10= Canal Principal do Araguaia.



326

327 Figura 8 - Capturas máximas da pesca de subsistência (t) na Bacia Amazônica. 1= Juruá; 2=
 328 Canal Principal da Amazônia Ocidental; 3= Canal Principal da Amazônia Central Ocidental;
 329 4= Canal Principal da Amazônia Central; 5= Canal Principal da Amazônia Oriental; 6= Estuário
 330 do Norte da Amazônia; 7= Estuário do Sul da Amazônia; 8= Guamá; 9= Canal Principal do
 331 Tocantins; 10= Canal Principal do Araguaia.

332 Discussão

333 A estimativa de população residente em zonas úmidas da região amazônica realizada
 334 neste estudo representa 41% do total da população rural dos estados analisados, como
 335 quantificada no último censo demográfico (IBGE 2010). Essa estimativa foi diferente daquelas
 336 fornecidas por Batista *et al.* (2004) e Isaac e Almeida (2011), os quais consideraram que 70%
 337 da população rural cadastrada pelo IBGE residia em áreas de várzea. A diferença possivelmente
 338 está relacionada com as regiões analisadas. As várzeas são áreas marginais inundadas

339 periodicamente pelos rios de águas brancas, enquanto as zonas úmidas, nesse estudo,
340 englobaram todas as áreas que são inundadas em pelo menos um período, que possuem formas
341 de relevo consistentes com a geomorfologia de áreas úmidas, canais de rios, lagos e
342 reservatórios permanentes (Junk *et al.* 2011; Hess *et al.* 2015). As zonas úmidas da Amazônia
343 sempre foram densamente povoadas (Pereira 2007; Nahum e Ferreira 2019), porém essas
344 populações são contabilizadas nos censos oficiais nacionais juntamente com todas as pessoas
345 que residem em áreas rurais de terra firme. Considerando que as zonas úmidas estão entre
346 ecossistemas mundialmente mais valiosos, porém mais frágeis e mais ameaçados (Welcomme
347 *et al.* 2010; Costanza *et al.* 2014; Xu *et al.* 2019), informações relacionadas diretamente a esse
348 ambiente se tornam cada vez mais necessárias para auxiliar na realização de estudos em
349 diversos setores, no gerenciamento e na promoção de políticas de desenvolvimento e proteção
350 dessa vulnerável região.

351 Possivelmente, ao longo dos anos, as mudanças na densidade populacional em zonas
352 úmidas ocorreram desencadeadas por diversos fatores, entre eles: o acesso a serviços essenciais
353 para uma vida digna, como saúde, água potável e abastecimento de energia (Gama *et al.* 2018;
354 Gonçalves e Domingos 2019). Esses fatores fazem com que as pessoas que residem em áreas
355 ribeirinhas, principalmente as mais jovens, migrem para os centros urbanos em busca de
356 emprego e melhor qualidade de vida, resultando em uma migração contínua do campo para a
357 cidade nas últimas décadas. Isso foi observado por Tritsch e Tourneau (2016), que
358 identificaram uma tendência de crescente urbanização sustentada por um forte êxodo rural na
359 Amazônia brasileira. Um fenômeno semelhante foi identificado na Amazônia peruana (Gregory
360 e Coomes 2019) e no sudoeste da China (Wan *et al.* 2018).

361 A maior densidade populacional localizada na calha do rio Solimões-Amazonas
362 evidencia a importância desse sistema na Amazônia (Espinoza-Villar *et al.* 2018; Goulding *et*
363 *al.* 2018; Teixeira *et al.* 2018; Armijos *et al.* 2020). O rio Solimões-Amazonas é o maior sistema

364 fluvial do mundo em termos de área de drenagem e escoamento (Espinoza-Villar *et al.* 2018),
365 transporta grande quantidade de sedimentos e nutrientes sendo altamente produtivo (Armijos *et*
366 *al.* 2020), concentra grande parte das capturas da pesca da região (Goulding *et al.* 2018) e é
367 considerado o principal corredor hidroviário brasileiro (Teixeira *et al.* 2018) abrangendo
368 importantes municípios como Tabatinga, Manaus, Santarém e Belém.

369 O maior consumo de pescado estimado especialmente em sub-bacias de rios de águas
370 brancas e o menor consumo em sub-bacias de rios de águas claras possivelmente estão
371 relacionadas as características desses ambientes (Isaac e Almeida 2011; Junk *et al.* 2015;
372 Bogotá-Gregory *et al.* 2020). Os rios de águas brancas carregam uma grande quantidade de
373 sedimentos, são ricos em nutrientes e possuem alta biomassa animal (Sioli 1984; Junk *et al.*
374 2015; Ríos-Villamizar *et al.* 2014). Isaac e Almeida (2011) relataram anteriormente que
375 populações residentes em rios de águas brancas consumiam mais peixes do que aquelas
376 residentes em ambientes de águas pretas e claras. Os ambientes de águas brancas também têm
377 grande importância para a pesca comercial e vários conflitos já foram observados entre
378 pescadores comerciais e ribeirinhos (Cardoso *et al.* 2018; Paiva e Silva 2020). Esses ambientes
379 têm sido ameaçados por diversos fatores, entre eles a construção de hidrelétricas que provocam
380 alterações na diversidade funcional dos peixes, afetam negativamente o rendimento pesqueiro
381 e a segurança alimentar dos ribeirinhos (Arantes *et al.* 2019; Begossi *et al.* 2019; Sousa *et al.*
382 2021).

383 A introdução de diversos produtos manufaturados nas comunidades ribeirinhas da
384 Amazônia pode estar ocasionando a redução da dependência do ambiente natural para o
385 atendimento das necessidades básicas (Sanderson *et al.* 2018; Balbi *et al.* 2019; Silva *et al.*
386 2020). Apesar disso, as altas taxas de consumo de pescado estimadas para o Alto rio Japurá,
387 Alto rio Solimões até a região da Amazônia Central sugerem que as populações ribeirinhas
388 possivelmente ainda mantêm sua dependência de peixes para alimentação, como também

389 registrado por Gloria e Piperata (2019). A alta dependência das populações ribeirinhas do meio
390 ambiente para sua subsistência pode ser observada pelas elevadas taxas de consumo de pescado
391 nas áreas mais distantes dos centros urbanos. Nessas regiões isoladas o acesso a produtos
392 manufaturados é mais difícil, fazendo com que as populações dependam mais dos recursos
393 naturais para sua subsistência (Witkoski 2010; Torres-Vitolas *et al.* 2019; Silva *et al.* 2020). Na
394 região do Alto Solimões, Schor (2015) observou que embora o mercado seja uma instituição
395 relevante em termos de abastecimento de alimentos, a caça e a pesca de subsistência são
396 consideradas importantes fontes de acesso aos alimentos. Por outro lado, pessoas que vivem
397 próximas aos grandes centros urbanos participam mais ativamente da economia e têm amplo
398 acesso a fontes alternativas de proteína animal (Isaac *et al.* 2015).

399 As altas taxas de consumo de pescado estimadas neste estudo para a Bacia Amazônica
400 vêm sendo observadas ao longo dos anos. Giugliano *et al.* (1978) verificaram que o consumo
401 *per capita* foi de 54,96 kg ano⁻¹ para famílias de baixa renda na cidade de Manaus. Na planície
402 de inundação do rio Solimões, apesar de não registrar taxas, Giugliano *et al.* (1981) observaram
403 que o consumo de pescado era muito frequente, provavelmente diário, e bastante frequente no
404 Médio Rio Negro (Giugliano *et al.* 1984). Posteriormente, Batista *et al.* (1998) estimaram que
405 o consumo *per capita* foi de 200,75 kg ano⁻¹ para o Baixo Solimões/Alto Amazonas e Fabrè e
406 Alonso (1998) estimaram que o consumo foi de 293,82 kg ano⁻¹ para o Alto rio Japurá sem
407 diferenças sazonais. Em estudos mais recentes, Isaac *et al.* (2015) estimaram o consumo médio
408 *per capita* de pescado em 168,63 kg ano⁻¹ em comunidades do Baixo Amazonas, Rios
409 Trombetas e Purus; Mendes *et al.* (2021) estimaram taxas de consumo de pescado entre 34,49
410 a 77,48 kg ano⁻¹ na Bacia do rio Madeira; e, Machado *et al.* (2021) verificaram o consumo de
411 pescado em mais de sete refeições semanais pelas populações ribeirinhas do Rio Tapajós.

412 As altas taxas de consumo de pescado *per capita* estimadas neste estudo foram
413 superiores as observadas em outras regiões do mundo onde a pesca é uma atividade tradicional,

414 como Oceania (24,2 kg ano⁻¹) e Ásia (24,1 kg ano⁻¹) (FAO 2020). As taxas também foram
415 superiores ao consumo de pescado recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS)
416 de 12 kg/ano (Sonoda e Shirota 2012), indicando que os ribeirinhos da região amazônica são
417 um dos maiores consumidores de peixes do mundo (Isaac *et al.* 2015) e que eles dependem do
418 ambiente para garantir a segurança alimentar.

419 A captura da pesca de subsistência estimada neste estudo representa 21% do potencial
420 pesqueiro da Bacia Amazônica, com base em 50 kg ha⁻¹ de área úmida, proposto por
421 Welcomme (1979) e Mérona (1993). A captura estimada foi maior do que a hipótese de Bayley
422 e Petrere (1989) que registrou uma captura de 123.135,1 t ano⁻¹ para pequenos mercados locais
423 e para a pesca de subsistência, sendo maior do que as estimativas de desembarque pesqueiro na
424 Amazônia (Barthem e Goulding 2007; Batista *et al.* 2012). No entanto, foi menor do que a
425 estimativa de captura da pesca de subsistência proposta por Isaac e Almeida (2011) de 308.109
426 t ano⁻¹ que considerou maior quantidade populacional. A contribuição desta atividade para as
427 capturas totais de pescado também foi documentada em outras regiões do mundo, como a Bacia
428 do Mekong por Sverdrup-Jensen (2002). Usando dados de consumo de pescado de um relatório
429 e estimativas populacionais para os anos de 1999 e 2000, ele estimou a captura em 2.033
430 milhões de toneladas (Sverdrup-Jensen 2002). Assim como na região amazônica, a Bacia do
431 Mekong vem passando por diversas transformações antrópicas que reduzem significativamente
432 a captura de peixes e outros animais importantes para a alimentação dos ribeirinhos (Nguyen *et*
433 *al.* 2019).

434 Utilizando a captura da pesca de subsistência estimada neste estudo e a captura de
435 118.790 t ano⁻¹ da pesca comercial dos principais portos de desembarque da região (Batista *et*
436 *al.* 2004), pode ser estimada uma captura total de 309.476 t ano⁻¹. Essa captura representa
437 34,3% do potencial pesqueiro de 902.000 t ano⁻¹ verificado para a Bacia Amazônica (Mérona
438 1993), indicando que os recursos podem ser melhor aproveitados, porém com eficiência,

439 considerando preferências no mercado e observando o nível de exploração das espécies (Batista
440 *et al.* 2004). A captura total relatada nesse estudo é maior do que o estimado por Bayley e
441 Petrere (1989) (199.000 t ano⁻¹) e por Batista *et al.* (2004) (199.790 t ano⁻¹), possivelmente
442 devido as diferenças metodológicas. Considerando a menor captura estimada por Sirén e Valbo-
443 Jorgensen (2022) para toda a Bacia Amazônica de 422.000 t ano⁻¹ e que 75% das capturas são
444 realizadas no Brasil, temos uma captura total de 316.500 t ano⁻¹ (Sirén e Valbo-Jorgensen
445 2022). Este valor se aproxima da estimativa deste estudo de 309.476 t ano⁻¹ para a pesca de
446 subsistência (190.686 t ano⁻¹) e comercial (118.790 t ano⁻¹) (Batista *et al.* 2004).

447 Apesar das maiores taxas de consumo de pescado serem observadas nas regiões do Alto
448 rio Japurá e Solimões, as maiores capturas foram concentradas nas sub-bacias com maior
449 densidade demográfica. Evidenciando que no mundo em desenvolvimento, a captura da pesca
450 interior está concentrada onde há uma confluência de recursos pesqueiros de água doce e altas
451 densidades populacionais para explorar esses recursos (Funge-Smith e Bennett 2019). Sendo
452 assim, grupos populacionais menores e isolados que são altamente dependentes do pescado para
453 subsistência podem ser invisíveis quando se considera uma avaliação no contexto global. Além
454 disso, as maiores taxas de consumo de pescado observadas no extremo Oeste da Bacia
455 Amazônica podem estar relacionadas ao nível de preservação do ambiente e a menor pressão
456 de atividades que degradam os ecossistemas aquáticos e impactam as espécies de peixes
457 (Castello *et al.* 2017; Freitas *et al.* 2018; Arantes *et al.* 2019). Renó e Novo (2019) identificaram
458 um gradiente de degradação Leste-Oeste da cobertura vegetal. Sendo assim, locais com maior
459 densidade populacional e possivelmente mais degradados não permitem um consumo de
460 pescado individual elevado, sendo nessas áreas identificadas taxas menores de consumo.

461 A limitação nas estimativas da captura da pesca de subsistência realizadas nesse estudo
462 pode estar relacionada com a baixa quantidade de informações quantitativas de consumo de
463 pescado na Amazônia (Dufour *et al.* 2016), além das diferenças metodológicas entre os estudos

464 que foram compilados na região e da necessidade de maior validação. As capturas das regiões
465 que não possuíam dados de consumo de pescado podem ser consideradas menos acuradas
466 devido ao método utilizado para estimar as taxas de consumo de pescado. Isso porque com a
467 interpolação pelo inverso do quadrado da distância (IDW) foi realizada a estimativa espacial
468 das taxas de consumo de pescado ponderando as informações de consumo mais próximas. O
469 Sistema de Informação Geográfica (SIG) representa uma ferramenta eficaz nas avaliações de
470 pesca, especialmente quando se utiliza IDW, porém esta abordagem é dependente dos dados de
471 entrada e não substitui inteiramente a experiência de análises locais por pesquisadores (Raykov
472 e Kotsev 2019).

473 O peixe é considerado um capital natural que sustenta milhões de pessoas em todo
474 mundo (Béné et al. 2009), inclusive as populações humanas que vivem nas áreas úmidas. Na
475 Amazônia, as regiões de zonas úmidas são de elevada importância para as populações humanas,
476 economia local e segurança alimentar por fornecerem serviços essenciais. A pesca de
477 subsistência fornece proteína de baixo custo em áreas onde fontes alternativas de alimentos e
478 empregos são pouco frequentes. No entanto, essa pescaria não está sendo relatada nas
479 estatísticas oficiais e não vem sendo monitorada, avaliada ou regulamentada (Berkes 1990;
480 Funge-Smith e Bennett 2019; Longin *et al.* 2021). Para gestores que precisam avaliar a
481 atividade isso é um problema, pois é difícil gerenciar eficazmente o que não se conhece (Ebbin
482 2017). Devido a isso, o esforço descrito nesse estudo procurou lançar luz sobre uma
483 problemática global estimando as capturas da pesca de subsistência no maior rio do mundo,
484 buscando tornar visível uma atividade em grande parte oculta.

485 Conclusão

486 A importância da pesca de subsistência é muitas vezes subestimada e quantificá-la é um
487 passo fundamental nas propostas de manejo. A nível mundial, diversos métodos vêm sendo

488 empregados para estimar a captura dessa pescaria e pela primeira vez foi utilizada a interpolação
489 IDW, permitindo estimar taxas para locais sem dados considerando o componente espacial. As
490 elevadas taxas de consumo de pescado estimadas neste estudo e as elevadas capturas indicam
491 que a pesca de subsistência tem grande contribuição para a captura total de pescado na
492 Amazônia. Confirmamos a hipótese de que as maiores capturas são provenientes de rios de
493 águas brancas. Considerando o alto grau de dependência dos recursos hídricos para a
494 subsistência dos ribeirinhos, é sugerido aumentar os esforços de conservação dos estoques
495 pesqueiros e dos ecossistemas aquáticos para garantir a manutenção dos recursos e a segurança
496 alimentar dos habitantes da região.

497 Agradecimentos

498 O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal
499 de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e FAPEAM POSGRAD.
500 GCSL agradece a bolsa de doutorado concedida pela CAPES.

501 Referências Bibliográficas

- 502 Adams, C.; Murrieta, R.S.S.; Sanches, R.A. 2005. Agricultura e alimentação em populações
503 ribeirinhas das várzeas do Amazonas: Novas Perspectivas. *Ambiente e Sociedade* 8: 1-23.
- 504 Almeida, M.C. 2018. *Pesca, consumo de proteínas e economia no rio Xingu, Amazônia*
505 *brasileira*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará. 156p.
- 506 Arantes, C.C.; Fitzgerald, D.B.; Hoeninghaus, D.J.; Winemiller, K.O. 2019. Impacts of
507 hydroelectric dams on fishes and fisheries in tropical rivers through the lens of functional traits.
508 *Current Opinion in Environmental Sustainability* 37: 28-40.
- 509 Armijos, E.; Crave, A.; Espinoza, J.C.; Filizola, N.; Villar-Espinoza, R.; Ayes, I.; Fonseca, P.;
510 Fraizy, P.; Gutierrez, O.; Vauchel, P. 2020. Rainfall control on Amazon sediment flux:
511 synthesis from 20 years of monitoring. *Environmental Research Communications* 2: 051008.

- 512 Azevedo, L.S.; Pestana, I.A.; Nascimento, L.; Oliveira, R.C.; Bastos, W.R.; Di Benedetto,
513 A.P.M. 2022. Risk of exposure to Hg and pesticides residues in a traditional fishing community
514 in the Amazon: a probabilistic approach based on dietary pattern. *Environmental Science and
515 Pollution Research* 29: 34164-34173.
- 516 Balbi, S.; Selomane, O.; Sitas, N.; Blanchard, R.; Kotzee, I.; O'Farrell, P.; Villa, F. 2019.
517 Human dependence on natural resources in rapidly urbanising South African regions.
518 *Environmental Research Letters* 14: 044008.
- 519 Barthem, R.B.; Goulding, M. 2007. *Um ecossistema inesperado: a Amazônia revelada pela
520 pesca*. Amazon Conservation Association (ACA), Sociedade Civil Mamirauá, Belém, 241p.
- 521 Bartley, D.; De Graaf, G.; Valbo-Jørgensen, J.; Marmulla, G. 2015. Inland capture fisheries:
522 Status and data issues. *Fisheries Management and Ecology* 22: 71-77.
- 523 Bastos, W.R.; Gomes, J.P.O.; Oliveira, R.C.; Almeida, R.; Nascimento, E.L.; Bernardi, J.V.E.;
524 Lacerda, L.D.; Silveira, E.G.; Pfeiffer, W.C. 2006. Mercury in the environment and riverside
525 population in the Madeira River Basin, Amazon, Brazil. *Science of the Total Environment* 368:
526 344-351.
- 527 Batista, V.S.; Inhamuns, A.J.; Freitas, C.E.; Freire-Brasil, D. 1998. Characterization of the
528 fishery in river communities in the low-Solimões/high-Amazon region. *Fisheries Management
529 and Ecology* 5: 419-435.
- 530 Batista, V.S.; Isaac, V.J.; Viana J.P. 2004. Exploração e manejo dos recursos pesqueiros da
531 Amazônia. In: Ruffino, M.L. (Ed.). *A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia Brasileira*.
532 Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Manaus,
533 Amazonas, p.63-151.
- 534 Batista, V.S.; Isaac, V.J.; Fabr e, N.N.; Alonso, J.C.; Almeida, O.T.; Rivero, S.; Oliveira-Júnior,
535 J.N.; Ruffino, M.L.; Silva, C.O.; Saint-Paul, U. 2012. *Peixes e pesca no Solimões-Amazonas:
536 uma avalia o integrada*. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais

- 537 Renováveis (IBAMA), Projeto Manejo dos Recursos Naturais da Várzea (ProVárzea), Brasília,
538 276p.
- 539 Bayley, P.B. 1981. Fish Yield from the Amazon in Brazil: Comparisons with African River
540 Yields and Management Possibilities. *Transactions of the American Fisheries Society* 110: 351-
541 359.
- 542 Bayley, P.B.; Petrere, M. 1989. Amazon Fisheries: Assessment Methods, Current Status, and
543 Management Options. In: Dodge, D.P. (Ed.). *Proceedings of the International Large River*
544 *Symposium*. Canadian Special Publication Fisheries Aquatic Sciences, Ontario, Canadá, p.85-
545 398.
- 546 Bayley, P.B. 1998. *Fisheries and aquatic biodiversity management in the Amazon Desk Study*.
547 FAO, World Bank, Cooperative Programme, Roma, 55p.
- 548 Begossi, A.; Salivonchyk, S.V.; Hallwass, G.; Hanazaki, N.; Lopes, P.F.M.; Silvano, R.A.M.;
549 Dumaresq, D.; Pittock, J. 2019. Fish consumption on the Amazon: a review of biodiversity,
550 hydropower and food security issues. *Brazilian Journal of Biology* 79: 345-357.
- 551 Béné, C.; Steel, E.; Luadia, B.K. et al. 2009. Fish as the “Bank in the Water”–Evidence from
552 Chronic-Poor Communities in Congo. *Food policy* 34: 108-118.
- 553 Berkes F. 1990. Native subsistence fisheries: a synthesis of harvest studies in Canada. *Arctic*
554 43: 35-42.
- 555 Boischio, A.A.P.; Henshel, D. 2000. Fish consumption, fish lore, and Mercury pollution - risk
556 Communication for the Madeira River People. *Environmental Research Section A* 84: 108-126.
- 557 Bogotá-Gregory, J.D.; Lima, F.C.T.; Correa, S.B.; Oliveira, C.S.; Jenkins, D.G.; Ribeiro, F.R.;
558 Lovejoy, N.R.; Reis, R.E.; Crampton, W.G. R. 2020. Biogeochemical water type influences
559 community composition, species richness, and biomass in megadiverse Amazonian fish
560 assemblages. *Nature* 10: 1-15.

- 561 BRASIL. Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009. Dispõe sobre a Política Nacional de
562 Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca. Diário Oficial da União: seção 1,
563 Brasília, DF, p. 1-4, 30 jun. 2009.
- 564 Camargo, E.C.G.; Fucks, S.D.; Câmara, G. 2002. *A análise espacial de superfícies*. Instituto
565 Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, 38p.
- 566 Cardoso, M.C.; Silva, R.E.; Silva, A.D.B.; Chiba, H.S.A. 2018. Pescadores artesanais, conflito
567 de interesses e os recursos pesqueiros vistos como capital natural crítico: o caso do Lago do Juá
568 em Santarém, Pará. *O Social em Questão* 21: 309-332.
- 569 Cerdeira, R.G.P.; Ruffino, M.L.; Isaac, V.J. 1997. Consumo de pescado e outros alimentos pela
570 população ribeirinha do lago Grande de Monte Alegre, PA, Brasil. *Acta Amazonica* 27: 213-
571 228.
- 572 Costanza, R.; Groot, R.; Sutton, P.; Ploeg, S.; Anderson, S.J.; Kubiszewski, I.; Farber, S.;
573 Turner, R.K. 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental*
574 *Change* 26: 152-158.
- 575 Dorea, J.; Barbosa, A.C.; Ferrari, I.; Souza, J.R. 2003. Mercury in hair and in fish consumed by
576 riparian women of the Rio Negro, Amazon, Brazil. *International Journal of Environmental*
577 *Health Research* 13: 239-248.
- 578 Doria, C.R.C.; Machado-Neto, L.F.; Souza, S.T.B.; Lima, M.A.L. 2016. A pesca em
579 comunidades ribeirinhas na região do médio rio Madeira, Rondônia. *Novos Cadernos NAEA*
580 19: 163-188.
- 581 Dufour, D.L.; Piperata, B.A.; Murrieta, R.S.S.; Wilson, W.M.; Williams, D.D. 2016.
582 Amazonian foods and implications for human biology. *Annals of Human Biology* 43:330-348.
- 583 Duponchelle, F.; Isaac, V.J.; Doria, C.; Van Damme, P.A.; Herrera-R, G.A.; Anderson, E.P. *et*
584 *al.* 2021. Conservation of migratory fishes in the Amazon basin. *Aquatic Conservation Marine*
585 *and Freshwater Ecosystems* 31: 1087-1105.

- 586 Ebbin, S.A. 2017. Fishing for food: piloting an exploration of the invisible subsistence harvest
587 of coastal resources in Connecticut. *Agriculture & Food Security* 6: 1-10.
- 588 Espinoza-Villar, R.; Martinez, J.M.; Armijos, E.; Espinoza, J.C.; Filizola, N.; Santos, A.;
589 Willems, B.; Fraizy, B.; Santini, P.; Vauchel, P. 2018. Spatio-temporal monitoring of suspended
590 sediments in the Solimões River (2000-2014). *Comptes Rendus Geoscience* 350: 4-12.
- 591 Fabr e, N.N.; Alonso, J.C. 1998. Recursos  cticos no Alto Amazonas: sua importância para as
592 popula es ribeirinhas. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi Série Zoologia* 14: 19-55.
- 593 FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2020. *The State of World*
594 *Fisheries and Aquaculture 2020 Sustainability in action*. FAO, Roma, 244p.
- 595 Faria-Junior, C.H.; Batista, V.S. 2019. Frota pesqueira comercial na Amazônia Central:
596 composi o, origem, espécies exploradas e mercado. *Revista Agroecossistemas* 11: 146-168.
- 597 Fluet-Chouinard, E.; Funge-Smith, S.; McIntyre, P.B. 2018. Global hidden harvest of
598 freshwater fish revealed by household surveys. *Proceedings of the National Academy of*
599 *Sciences* 115: 7623-7628.
- 600 Fossile, T.; Ferreira, J.; Bandeira, D.R.; Figuti, L.; Dias-da-Silva, S.; Hausmann, N.; Robson,
601 H.K.; Orton, D.; Colonese, A.C. 2019. Pre-Columbian fisheries catch reconstruction for a
602 subtropical estuary in South America. *Fish and Fisheries* 20: 1124-1137.
- 603 Freitas, C.E.C.; Rivas, A.A.F. 2006. A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia Ocidental.
604 *Ciência e Cultura* 58: 30-32.
- 605 Funge-Smith, S.; Bennett, A. 2019. A fresh look at inland fisheries and their role in food
606 security and their role in food security and livelihoods. *Fish and Fisheries* 20: 1176-1195.
- 607 Gama, A.S.M.; Fernandes, T.G.; Parente, R.C.P.; Secoli, S.R. 2018. Inquérito de saúde em
608 comunidades ribeirinhas do Amazonas, Brasil. *Caderno de Saúde Pública* 34: 1-16.
- 609 Gardiman Junior, B.S.; Magalhães, I.A.L.; Freitas, C.C.A. Cecílio, R.A. 2012. Análise de
610 técnicas de interpola o para espacializa o da precipita o pluvial na bacia do rio Itapemirim

- 611 (ES). *Revista Ambiência*, 8: 61-71.
- 612 Giugliano, R.; Shrimpton, R.; Arkcolf, D.B.; Giugliano, L. G.; Petreire Jr., M. 1978. Diagnóstico
613 da realidade alimentar e nutricional do Estado do Amazonas, 1978. *Acta Amazonica* 8: 1-54.
- 614 Giugliano, R.; Giugliano, L.G.; Shrimpton, R. 1981. Estudos nutricionais das populações rurais
615 da Amazônia. I - Várzea do rio Solimões. *Acta Amazonica* 11: 773-788.
- 616 Giugliano, R.; Shrimpton, R.; Marinho, H.A.; Giugliano, L.G. 1984. Estudos nutricionais das
617 populações rurais da Amazônia. II. Rio Negro. *Acta Amazonica* 14: 427-449.
- 618 Gloria, P.; Piperata, B.A. 2019. Modos de vida dos ribeirinhos da Amazônia sob uma
619 abordagem biocultural. *Ciência & Cultura* 71: 45-51.
- 620 Gonçalves, R.M.; Domingos, I. M. 2019. População ribeirinha no Amazonas e a desigualdade
621 no acesso à saúde. *Revista de Estudos Constitucionais, Hermenêutica e Teoria do Direito* 11:
622 99-108.
- 623 Gregory, G.; Coomes, O.T. 2019. Protected areas fund rural household dispersal to urban areas
624 in riverine Amazonia. *Human Ecology* 47: 291-301.
- 625 Guimaraes, J.R.D.; Fostier, A.H.; Forti, M.C.; Melfi, J.A.; Kehrig, H.; Mauro, J.B.N.; Malm,
626 O.; Krug, J.F. 1999. Mercury in human and environmental samples from two lakes in Amapá,
627 Brazilian Amazon. *Ambio* 28: 296-301.
- 628 Hess, L.L.; Melack, J.M.; Affonso, A.G.; Barbosa, C. 2015. Wetlands of the Lowland Amazon
629 Basin: Extent, Vegetative Cover, and Dual-season Inundated Area as Mapped with JERS-1
630 Synthetic Aperture Radar. *Wetlands* 35: 745-756.
- 631 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2016. *Grade Estatística*. Ministério do
632 Planejamento, Orçamento e Gestão, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de
633 Janeiro, 31p.
- 634 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021. IBGE Cidades e Estados,
635 (<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados>). Acesso em 01/08/2022.

- 636 Isaac, V.J.; Almeida, M.C. 2011. *El Consumo de pescado en la Amazonía brasileña*.
637 COPESCAALC Documento Ocasional, N° 13, FAO, Roma, 43p.
- 638 Isaac, V.J.; Almeida, M.C.; Giarrizzo, T.; Deus, C.P.; Vale, R.; Klein, G.; Begossi, A. 2015.
639 Food consumption as an indicator of the conservation of natural resources in riverine
640 communities of the Brazilian Amazon. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 87: 2229-
641 2242.
- 642 Jimenez, K.Q.; Domecq, F.M. 2008. *Estimación de chuva usando métodos de interpolação*.
643 Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre,
644 16p.
- 645 Junk, W.J.; Bayley, P.B.; Sparks, R.E. 1989. The flood pulse concept in river - floodplain
646 systems. In: Dodge, D.P. (Ed.). *Proceedings of the International Large River Symposium*.
647 Canadian Special Publications of Fisheries and Aquatic Science, Ontario, Canadá, p.110-127.
- 648 Junk, W.J.; Piedade, M.T.F. 1993. Biomass and primary production of herbaceous plants
649 communities in the Amazon floodplain. *Hydrobiologia* 263: 155-162.
- 650 Junk, W.J.; Soares, M.G.M.; Bayley, P.B. 2007. Freshwater fishes of the Amazon River basin:
651 their biodiversity, fisheries, and habitats. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 10: 153-
652 173.
- 653 Junk, W.J.; Piedade, M.T.F. Schongart, J.; Cohn-Haft, M.; Adeney, J.M.; Wittmann, F. 2011.
654 A Classification of Major Naturally-Occurring Amazonian Lowland Wetlands. *Wetlands* 31:
655 623-640.
- 656 Junk, W.J.; Wittmann, F.; Schongart, J.; Piedade, M.T.F. 2015. A classification of the major
657 habitats of Amazonian blackwater river floodplains and a comparison with their white-water
658 counterparts. *Wetlands Ecology and Management* 23: 677-693.

- 659 Kehrig, H.A.; Malm, O.; Akagi, H.; Guimarães, J.R.D.; Torres, J.P.M. 1998. Methylmercury
660 in fish and hair samples from the Balbina Reservoir, Brazilian Amazon. *Environmental*
661 *Research Section A* 77: 84-90.
- 662 Landim, P.M.B. 2000. *Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de*
663 *mapas*. Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, 20p.
- 664 Libre Office The Document Foundation, 2021. Libre Office 7.2.7, ([https://pt-](https://pt-br.libreoffice.org/baixar/libreoffice-novo/)
665 [br.libreoffice.org/baixar/libreoffice-novo/](https://pt-br.libreoffice.org/baixar/libreoffice-novo/)). Acesso em 02/01/2022.
- 666 Longin, G.; Fontenelle, G.; Beaufort, L. B.; Delord, C.; Launey, S.; Rinaldo, R.; Lassalle, G.;
667 Le Bail, Y.; Roussel, J.M. 2021. When subsistence fishing meets conservation issues: Survey
668 of a small fishery in a neotropical river with high biodiversity value. *Fisheries Research* 241:
669 105995
- 670 Lynch, A.J.; Cooke, S.; Deines, A.M.; Bower, S.D.; Bunnell, D.B.; Cowx, I.G.; *et al.* 2016. The
671 social, economic, and environmental importance of inland fish and fisheries. *Environmental*
672 *Reviews* 24: 115-121.
- 673 Machado, C.L.R.; Crespo-Lopez, M.E.; Augusto-Oliveira, M.; Arrifano, G.P.; Macchi, B.M.;
674 Lopes-Araújo, A.; Santos-Sacramento, L.; Souza-Monteiro, J.R.; Alvarez-Leite, J.I.; Souza,
675 C.B.A. 2021. Eating in the Amazon: Nutritional Status of the Riverine Populations and Possible
676 Nudge Interventions. *Foods* 10(5): 1015.
- 677 McGrath, D.G.; Calabra, J.; Amaral, B.; Futemma, C.; Castro, F. 1991. *Varzeiros, geleiros e o*
678 *manejo dos recursos naturais na várzea do Baixo Amazonas*. Universidade Federal do Pará,
679 Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Belém, 36p.
- 680 Mello, C.R.; Lima, J.M.; Silva, A.M.; Mello, J.M.; Silva, M.S. 2003. Krigagem e inverso do
681 quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. *Revista*
682 *Brasileira de Ciência do Solo* 27: 925-933.

- 683 Mendes, V.A.; Carvalho, D.P.; Almeida, R.; Recktenvald, M.C.N.N.; Pedrosa, O.P.; Sousa-
684 Filho, I.F.; Dórea, J.G.; Bastos, W.R. 2021. Mercury in blood, hair, and feces from subsistence
685 fish-eating riverines of the Madeira River Basin (Western Amazon). *Journal of Trace Elements*
686 *in Medicine and Biology* 67: 126773.
- 687 Mérona, B. 1993. Pesca e ecologia dos recursos aquáticos na Amazônia. In: Furtado, L.G.;
688 Mello, A.F.; Leitão, W. (Ed.). *Povos das águas: realidade e perspectiva na Amazônia*. Belém,
689 Museu Paraense Emilio Goeldi, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, p.159-185.
- 690 Mérona, B.; Juras, A.A.; Santos, G.M.; Cintra, I.H.A. 2010. *Os peixes e a pesca no baixo Rio*
691 *Tocantins: vinte anos depois da UHE Tucuruí*. Eletronorte, Brasília, 208p.
- 692 Minn, M, 2021. MMQGIS versão 2021.9.10, (<https://plugins.qgis.org/plugins/mmqgis/>).
693 Acesso em 24/05/2018.
- 694 Mitlewski, B.; Oliveira, P.R.S.; Ruffino, M.L.; Castro, F. 1999. Lago Jauari/dos Botos.
695 Resultados do censo estatístico comunitário. In: Ficsher, C.F.A. (Ed.). *Recursos pesqueiros do*
696 *Médio Amazonas: Abordagem socioeconômica*. IBAMA, Coleção Meio Ambiente, Série
697 Estudos de Pesca, Brasília, Distrito Federal, p.111-163.
- 698 MPA - Ministério da Pesca e Aquicultura. 2012. *Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura de*
699 *2011*. MPA, 60p.
- 700 Nahum, J.S.; Ferreira, D.S. 2019. Entre as margens dos rios e as marchas da história: espaço e
701 sociedade ribeirinha na Amazônia. *Revista PerCursos* 20: 39 -65.
- 702 Nguyen, V.K.; Pittock, J.; Connell, D. 2019. Dikes, rice, and fish: how rapid changes in land
703 use and hydrology have transformed agriculture and subsistence living in the Mekong Delta.
704 *Regional Environmental Change* 19: 2069-2077.
- 705 Oliveira, D.F. 2018. *Avaliação do risco à saúde de indígenas amazônicos pelo consumo de*
706 *peixes, carne de caça e vegetais contendo mercúrio*. Tese de Doutorado, Fundação
707 Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, Rondônia. 168p.

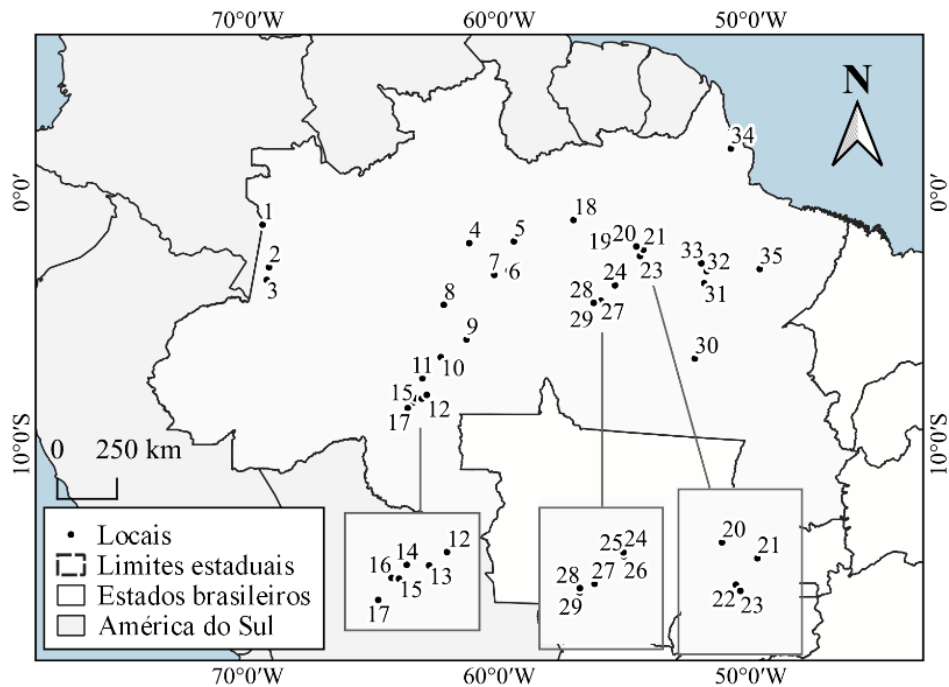
- 708 Paiva, E.J.S.; Silva, R.G.C. 2020. Territórios pesqueiros na Amazônia: dinâmica de pescadores
709 comerciais e de subsistência em comunidade ribeirinha da tríplice fronteira Colômbia-Brasil-
710 Peru. *Revista Cerrados* 18: 395-423.
- 711 Passos, C.J.S.; Silva, D.S.; Lemire, M.; Fillion, M.; Guimarães, J.R.D.; Lucotte, M.; Mergler,
712 D. 2008. Daily Mercury intake in fish-eating populations in the Brazilian Amazon. *Journal of*
713 *Exposure and Environmental Epidemiology* 18: 76-87.
- 714 Pereira, H.S. 2007. A dinâmica da paisagem socioambiental das várzeas do rio Solimões-
715 Amazonas. In: Fraxe T.J.P.; Pereira, H.S.; Witkoski, A.C. (Org.). Comunidades ribeirinhas
716 amazônicas: modos de vida e uso dos recursos naturais. Manaus: EDUA. 11-30pp.
- 717 Petreire Jr., M. 1978. Pesca e esforço de pesca no Estado do Amazonas I - Esforço e captura por
718 unidade de esforço. *Acta Amazonica* 8: 439-454.
- 719 Petreire Jr., M. 1978. Pesca e esforço de pesca no Estado do Amazonas II - Locais e aparelhos
720 de captura e estatística de desembarque. *Acta Amazonica* 8: 1-54.
- 721 Petreire Jr., M. 1985. A pesca comercial no Rio Solimões-Amazonas e seus afluentes: análise
722 dos informes do pescado desembarcado no Mercado Municipal de Manaus (1976-1978).
723 *Ciência e Cultura* 37:1987-1999.
- 724 Piedade, M.T.F.; Val, V.M.F.A.; Lopes, A.; Henrique, H.S.; Fé, L.M.L.; Wittmann, F. 2014.
725 Organismos aquáticos e de áreas úmidas em uma Amazônia em transição. *Amazônia sem*
726 *fronteiras* 66: 34-40.
- 727 QGIS Development Team, 2022. QGIS Geographic Information System. Open-Source
728 Geospatial Foundation Project (<http://qgis.osgeo.org>). Acesso em 03/01/2022.
- 729 Raykov, V.; Kotsev, I.S. 2019. GIS-aided spatial analysis of fish abundance and biomass in the
730 Bulgarian Black Sea. In: Georgiev, P.; Soares, C.G. (Ed.). *Sustainable Development and*
731 *Innovations in Marine Technologies*. CRC Press, Londres, Inglaterra, p.612-616.

- 732 Ríos-Villamizar, E.A.; Piedade, M.T.F.; Costa, J.G.; Adeney, J.M.; Junk, W.J. 2014. Chemistry
733 of different Amazonian water types for river classification: a preliminary review. *Transactions*
734 *on Ecology and The Environment* 178: 17-28.
- 735 Sanderson, E.W.; Walston, J.; Robinson, J. 2018. From Bottleneck to Breakthrough:
736 Urbanization and the Future of Biodiversity Conservation. *BioScience* 68: 1-15.
- 737 Santos, G.M.; Santos, A.C.M. 2005. Sustentabilidade da pesca na Amazônia. *Estudos*
738 *Avançados* 19: 165-182.
- 739 Schor, T. 2015. Redes, fluxos e abastecimento de comida no Alto Solimões/Am: Reflexões
740 sobre o papel das cidades e da produção rural no desenvolvimento local. *Revista Terceira*
741 *Margem Amazônia* 1: 89-109.
- 742 Silva, L.S.; Alves, H.S.; Silva, D.W.; Romano, M.L.P.C. 2020. Alimentação na várzea
743 amazônica: estudo dos hábitos alimentares de famílias ribeirinhas do município de Alenquer-
744 PA. *Revista Ciências da Sociedade (RCS)* 4: 177-206.
- 745 Sioli, H. 1984. Limnology and landscape ecology of a might tropical river and its basin. In:
746 Junk, W. (Ed.). *The Amazon*. Springer, Dordrecht, Holanda, p.127-165.
- 747 Sirén, A.; Valbo-Jorgensen, J. 2022. Quantifying fish catches and fish consumption in the
748 Amazon Basin. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 25: 59-71.
- 749 Sonoda, D.Y.; Shiota, R. 2012. Consumo de pescado no Brasil fica abaixo da média
750 internacional. Mercado e Consumo. *Visão Agrícola* 11: 145-147.
- 751 Sousa, R.G.; Freitas, H.C.P.; Zacardi, D.M.; Faria-Junior, C.H. 2021. Effects of river dams on
752 the fish guilds in the northwest region of the Brazilian Amazon. *Fisheries Research* 243:
753 106091.
- 754 Sverdrup-Jensen, S. 2002. *Fisheries in the Lower Mekong Basin: Status and Perspectives*.
755 MRC Technical Paper No. 6, Mekong River Commission, Phnom Penh, 103p.

- 756 Teixeira, C.A.N.; Rocio, M.A.R.; Mendes, A.P.A.; Sá d'Oliveira, L.A. 2018. *Navegação*
757 *interior brasileira*. Brasília: BNDES. 48pp.
- 758 Torres-Vitolas, C.A.; Harvey, C.A.; Cruz-Garcia, G.S.; Vanegas-Cubillos, M.; Schreckenber,
759 K. 2019. The Socio-Ecological Dynamics of Food Insecurity among Subsistence-Oriented
760 Indigenous Communities in Amazonia: a Qualitative Examination of Coping Strategies among
761 Riverine Communities along the Caquetá River, Colombia. *Human Ecology* 47: 355-368.
- 762 Tritsch, I.; Tourneau, F.M. 2016. Population densities and deforestation in the Brazilian
763 Amazon: New insights on the current human settlement patterns. *Applied Geography* 76: 163-
764 172.
- 765 Venticinque, E.; Forsberg, B.; Barthem, R.; Petry, P.; Hess, L.; Mercado, A.; Cañas, C.;
766 Motoya, M.; Durigan, C.; Goulding, M. 2016. An explicit GIS-based river basin framework for
767 aquatic ecosystem conservation in the Amazon. *Earth System Science Data* 8: 651-661.
- 768 Wan, J.; Deng, W.; Song, X.; Liu, Y.; Zhang, S.; Su, Y.; Lu, Y. 2018. Spatio-Temporal Impact
769 of Rural Livelihood Capital on Labor Migration in Panxi, Southwestern Mountainous Region
770 of China. *Chinese Geographical Science* 28: 153–166.
- 771 Welcomme R.L.1979. *Fisheries and Ecology of Floodplain Rivers*. Longman, London, 317p.
- 772 Welcomme, R.L.; Cowx, I.G.; Coates, D.; Béné, C.; Funge-Smith, S.; Halls, A.; Lorenzen, K.
773 2010. Inland capture fisheries. *Philosophical Transactions of the Royal Society Biological*
774 *Sciences* 365: 2881-2896.
- 775 Witkoski, A.C. 2010. *Terra, floresta e água: os camponeses amazônicos e as formas de uso de*
776 *seus recursos naturais*. 2ª. Edição. Annablume, São Paulo, 486p.
- 777 Xu, T.; Weng, B.; Yan, D.; Wang, K.; Li, X.; Bi, W.; Li, M.; Cheng, X.; Liu, Y. 2019. Wetlands
778 of International Importance: Status, Threats, and Future Protection. *International Journal of*
779 *Environmental Research and Public Health* 16: 1-23.
- 780

781 Material Suplementar

782 Figura S 1 - Locais com taxas de consumo de pescado utilizados na interpolação.



783

784 Comunidades: 1= Serrinha; 2= Ipiranga Velho; 3= Teresina III; 4= Rio Negro; 5= Vila de
 785 Balbina; 6= Marimba; 7= Aruanã; 8= Rio Purus; 9= Manicoré; 10= São Sebastião do Tapuru;
 786 11= Lago Puruzinho; 12= Calama; 13= Papagaios; 14= Boa Vitória; 15= Terra Caída; 16=
 787 Cuniã; 17= Bom Jardim; 18= Rio Trombetas; 19= Óbidos; 20= Baixo Rio Amazonas; 21= Lago
 788 Grande de Monte Alegre; 22= Aracampinas; 23= São Benedito; 24= Vista Alegre; 25=
 789 Mussum; 26= Açaituba; 27= Santo Antônio; 28= Nova Canaã; 29= São Luís do Tapajós; 30=
 790 Boa Esperança; 31= Ilha da Fazenda; 32= Vila de Belo Monte; 33= Vila Nova; 34= Lago Duas
 791 Bocas; 35= Itaquara.

792

793

794 Tabela S 1 - Informações adicionais dos locais e taxas de consumo de pescado (kg/ano *per capita*) utilizados na interpolação.

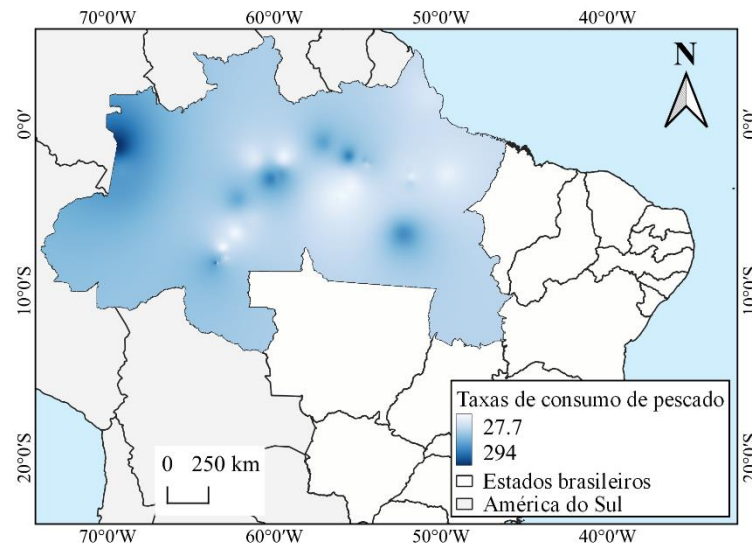
ID na Figura S 1	Comunidade	Sub-bacia	Tipo de água	Taxa	Município (UF)	Fonte
1	Serrinha	Japurá	Branca	294	Japurá (AM)	Fabré e Alonso (1998) *
2	Ipiranga Velho	Içá	Branca	186	Santo Antônio do Içá (AM)	Fabré e Alonso (1998) *
3	Teresina III	Solimões	Branca	189,43	Tabatinga (AM)	Fabré e Alonso (1998) *
4	Rio Negro	Negro	Preta	62	Novo Airão (AM)	Dorea <i>et al.</i> (2003) *
5	Vila de Balbina	Uatumã	Preto	40,15	Presidente Figueiredo (AM)	Kehrig <i>et al.</i> (1998) *
6	Marimba	Amazonas	Branca	186	Careiro da Várzea (AM)	Batista <i>et al.</i> (1998) *
7	Aruanã	Solimões	Branca	219	Irاندوبا (AM)	Batista <i>et al.</i> (1998) *
8	Rio Purus	Purus	Branca	171	Beruri (AM)	Isaac <i>et al.</i> (2015)
9	Manicoré	Madeira	Branca	91	Manicoré (AM)	Bastos <i>et al.</i> (2006) *
10	São Sebastião do Tapuru	Madeira	Branca	34,5	Humaitá (AM)	Mendes <i>et al.</i> (2021)
11	Lago Puruzinho	Madeira	Branca	27,7	Humaitá (AM)	Azevedo <i>et al.</i> (2022)
12	Calama	Madeira	Branca	88	Porto Velho (RO)	Boischio e Henshel (2000) *
13	Papagaios	Madeira	Branca	116,8	Porto Velho (RO)	Doria <i>et al.</i> (2016)
14	Boa Vitória	Madeira	Branca	160,6	Porto Velho (RO)	Doria <i>et al.</i> (2016)
15	Terra Caída	Madeira	Branca	98,6	Porto Velho (RO)	Doria <i>et al.</i> (2016)
16	Cuniã	Madeira	Branca	259,2	Porto Velho (RO)	Doria <i>et al.</i> (2016)
17	Bom Jardim	Madeira	Branca	167,9	Porto Velho (RO)	Doria <i>et al.</i> (2016)
18	Rio Trombetas	Trombetas	Clara	179	Oriximiná (PA)	Isaac <i>et al.</i> (2015)
19	Lago Jauari/Lago dos Botos	Amazonas	Branca	219	Óbidos (PA)	Mitlewski <i>et al.</i> (1999) *
20	Baixo Rio Amazonas	Amazonas	Branca	152	Santarém (PA)	Isaac <i>et al.</i> (2015)
21	Lago Grande de Monte Alegre	Amazonas	Branca	135	Monte Alegre (PA)	Cerdeira <i>et al.</i> (1997) *
22	Aracampinas	Amazonas	Branca	95	Santarém (PA)	Adams <i>et al.</i> (2005) *
23	São Benedito	Amazonas	Branca	101	Santarém (PA)	Adams <i>et al.</i> (2005) *
24	Vista Alegre	Tapajós	Clara	44,56	Aveiro (PA)	Passos <i>et al.</i> (2008) *
25	Mussum	Tapajós	Clara	44,56	Aveiro (PA)	Passos <i>et al.</i> (2008) *
26	Açaituba	Tapajós	Clara	29,30	Aveiro (PA)	Passos <i>et al.</i> (2008) *
27	Santo Antônio	Tapajós	Clara	29,56	Itaituba (PA)	Passos <i>et al.</i> (2008) *
28	Nova Canaã	Tapajós	Clara	36,97	Itaituba (PA)	Passos <i>et al.</i> (2008) *
29	São Luis do Tapajós	Tapajós	Clara	53,76	Itaituba (PA)	Passos <i>et al.</i> (2008) *
30	Boa Esperança	Xingu	Clara	203	Altamira (PA)	Almeida (2018)

31	Ilha da Fazenda	Xingu	Clara	107	Senador José Porfírio (PA)	Almeida (2018)
32	Vila de Belo Monte	Xingu	Clara	50	Novo Repartimento (PA)	Almeida (2018)
33	Vila Nova	Xingu	Clara	87	Vitória do Xingu (PA)	Almeida (2018)
34	Lago Duas Bocas	Tartarugalzinho	Branca	73	Tartarugalzinho (AP)	Guimarães <i>et al.</i> (1999) *
35	Itaquara	Tocantins	Clara	49,2	Baião (PA)	Mérona <i>et al.</i> (2010)

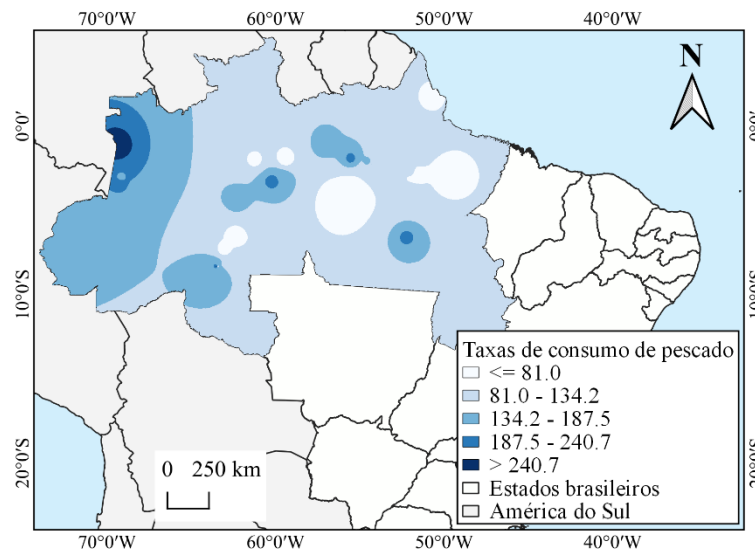
795

796

797 Figura S 2 - Interpolação de taxas de consumo de pescado *per capita* (kg ano⁻¹) para região
 798 Amazônica utilizando o método IDW apresentadas pelo método gradual linear.



800 Figura S 3 - Interpolação de taxas de consumo de pescado *per capita* (kg ano⁻¹) para região
 801 Amazônica utilizando o método IDW apresentadas pelo método discreto.



Capítulo 2

Lopes, G. C. S.; Matos, O. F.; Freitas, C. E. C. 2023. Spatial dynamics of Amazonian commercial fisheries: an analysis of landscape composition and fish landings. *Brazilian Journal of Biology*, 83: e265791. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.265791>.

Spatial dynamics of Amazonian commercial fisheries: an analysis of landscape composition and fish landings

G.C.S. Lopes^{a*}; O.F. Matos^b; and C.E.C. Freitas^c.

^{a*} - ORCID: 0000-0001-6188-2316. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Grupo Ecologia e Manejo da Pesca no Amazonas (EMPA), Laboratório de Ecologia Pesqueira (LABEP), Programa de Pós-graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior (PPG-BADPI). Av. André Araújo, 2936, Aleixo, CEP 69060-001, Manaus, AM, Brasil. E-mail: giuliacristinaa@gmail.com.

^b - ORCID: 0000-0002-4922-449X. Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Grupo Ecologia e Manejo da Pesca no Amazonas (EMPA), Laboratório de Ecologia Pesqueira (LABEP), Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), Departamento de Ciências Pesqueiras (DEPESCA). Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200, Coroado I, CEP 69067-005, Manaus, AM, Brasil.

^c - ORCID: 0000-0001-5406-0998. Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Grupo Ecologia e Manejo da Pesca no Amazonas (EMPA), Laboratório de Ecologia Pesqueira (LABEP), Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), Departamento de Ciências Pesqueiras (DEPESCA). Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200, Coroado I, CEP 69067-005, Manaus, AM, Brasil.

Number of figures: 7.

Number of tables: 2.

Palavras-chave: pesca artesanal; peixes comerciais; variáveis da paisagem; Amazônia.

Keywords: artisanal fisheries; commercial fish; landscape variables; Amazon.

Short running title: Spatial analysis of fish landings in the Amazon.

Giulia Cristina dos Santos Lopes. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA. Programa de Pós-graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior. Av. André Araújo, 2936 - Aleixo - CEP 69.060-001, Manaus, AM, Brasil. E-mail: giuliacristinaa@gmail.com

Abstract: Amazonian commercial fishing is artisanal, and landings can be influenced by the flood pulse, the consumer market, the level of exploitation of species, habitat quality and vegetation cover. In this study, landscape variables and the river level were evaluated as possible drivers in the composition of catches landed in three regions of the Solimões-Amazon River. Fish landing data were collected in the upper and lower Solimões River and lower Amazon River. Fishing locations were mapped with information from fishers, civil defense departments and from the literature. Information related to river level and landscape was acquired from databases available online. Maps with the the radius of action of the fishing fleet and the quantification of landscape variables were made for periods of high and low-water, and non-metric multidimensional scaling analysis (nMDS) with catches by species, by region and hydrological period were performed. The largest operating radius of the fishing fleet was of 1,028 km and was identified in the lower Amazon River, which is probably due to the larger size of the consumer market, vessel characteristics and level of exploitation of the species near the landing center. The proportion of vegetation cover was reduced from 87% in the upper stretches of the Solimões River to 46% in the lower stretches. The upper and lower Solimões River regions presented a greater variety of species in the composition of landings. It was identified that the composition of landings between the three analyzed regions possibly varied according to the availability of habitats, indicating the importance of landscape variables for fish landings.

Dinâmica espacial da pesca comercial amazônica: uma análise da composição da paisagem e dos desembarques de pescado

Resumo: A pesca comercial amazônica é artesanal e os desembarques podem ser influenciados pelo pulso de inundação, mercado consumidor, nível de exploração das espécies, qualidade do habitat e cobertura da vegetação. Nesse estudo, avaliamos as variáveis da paisagem e o nível do rio como possíveis impulsionadores na composição das capturas desembarcadas em três

regiões do rio Solimões-Amazonas. Os dados de desembarque de pescado foram coletados no Alto e Baixo rio Solimões e Baixo rio Amazonas. Os locais de pesca foram mapeados com informações dos pescadores, da defesa civil e literatura. As informações relacionadas ao nível do rio e a paisagem foram adquiridas em bancos de dados disponíveis online. Mapas com o raio de atuação da frota pesqueira e a quantificação das variáveis da paisagem foram elaborados para períodos de águas altas e baixas e as análises de escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS) com as capturas por espécie, por região e período hidrológico foram realizadas. O maior raio de atuação da frota pesqueira foi de 1.028 km identificado no Baixo rio Amazonas, provavelmente devido ao maior tamanho do mercado consumidor, características das embarcações e nível de exploração das espécies próximo do centro de desembarque. A proporção de cobertura de vegetação teve uma redução de 87% no trecho superior do rio Solimões para 46% no trecho inferior. As regiões do Alto e Baixo rio Solimões apresentaram maior variedade de espécies na composição dos desembarques. Foi identificada que a composição dos desembarques entre as três regiões analisadas variou possivelmente conforme a disponibilidade de habitats, indicando a importância das variáveis da paisagem para os desembarques de pescado.

INTRODUCTION

The landscape of the Solimões-Amazon River is quite heterogeneous along its course (Mertes et al., 1995; Junk et al., 2011). The differences possibly result from the topography, convergence of different rivers and water types, landforms, and extent of the adjacent floodplain (Mertes et al., 1995; Mertes et al., 1996). In addition, the structure of the landscape has been affected by human activities. Mertes et al. (1995) observed that the flooded forest comprised 70% of the floodplain vegetation in the upstream and middle stretches of the Amazon River, in contrast to 37% of forest in the wetlands of the downstream stretch and attributed this difference to agricultural activities. Recently, Renó and Novo (2019) also observed the existence of an

east-west gradient of depletion of vegetation cover in the Amazon floodplain that keeps pace with human occupation and government policies in the region.

Commercial fishing in the Amazon is artisanal, employs different fishing equipment and methods, and captures several species of fish (Matos et al., 2021). This activity has high social, economic and cultural importance for the region, and contributes to more than 170,000 tons of fish (Barthem and Goulding, 2007). Although there are 2,716 fish species in the Amazon basin (Dagosta and De Pinna, 2019), landings are of fewer than 200 species (Hallwass and Silvano, 2015; Matos et al., 2021). Among the most important species in the landings in the region, the following can be cited: curimatã (*Prochilodus nigricans* Spix and Agassiz, 1829), jaraqui (*Semaprochilodus insignis* Jardine, 1841; *S. taeniurus* Valenciennes, 1821), matrinxã (*Brycon amazonicus* Spix and Agassiz, 1829; *B. cephalus* Cuvier, 1816), tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1816), pacú (*Mylossoma aureum* Spix and Agassiz, 1829; *M. duriventre* Cuvier, 1818; *Catoprion* spp.; *Metynnis* spp.; *Myleus* spp.), aracú (*Leporinus* spp., *Rhytiodus* spp. and *Schizodon* spp.), sardinha (*Triportheus albus* Cope, 1872; *T. angulatus* Spix and Agassiz, 1829; and *T. elongatus* Günther, 1864), branquinha (*Cyphocharax* spp.; *Curimata* spp.; *Potamorhina* spp.; *Psectrogaster* spp.; *Steindachneria* spp.), mapará (*Hypophthalmus edentates* Spix and Agassiz, 1829; *H. marginatus* Rüppell, 1835; *H. fimbriatus* Kner, 1858), surubim/caparari (*Pseudoplatystoma fasciatum* Linnaeus, 1766; *P. tigrinum* Valenciennes, 1840; *P. reticulatum* Eigenmann and Eigenmann, 1889), dourada (*Brachyplatystoma rousseauxii* Castelnau, 1855) and piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii* Valenciennes, 1840) (Goulding et al., 2018). Although the type of movement varies, these species are migratory and eating habits vary between detritivores, omnivores, herbivores, planktivores and carnivores (Goulding et al., 2018; Arantes et al., 2019). Most species use the floodplain as a feeding, spawning, nursery and refuge area against predators, indicating the importance of this

environment, are periodic strategists with maturation at small and large size, no parental care (Goulding et al., 2018; Arantes et al., 2019).

The behavior of the commercial fishers and the capture of the species can be shaped according to the fluctuation of the river level, the preferences of the consumer market, the type of environment and the fishing site (Matos et al., 2021; Tregidgo et al., 2021). In addition, the use of certain fishing sites by fishers may be related to the accessibility and availability of the aquatic environment (Sousa et al., 2009). Thus, the spatial complexity of Amazonian commercial fishing needs to be considered in the management of the activity.

In the Amazon, although there is a limitation in relation to the identification of geographical fishing patterns that allow us to determine the rules for the use of fishery resources, it is recognized that most commercial fisheries are carried out in the floodplain, which have a high level of animal biomass (Goulding et al., 2018). Some studies spatialized the fishing activity (Sousa et al., 2009) and analyzed the influences of landscape variables, such as flooded forest, aquatic macrophytes and open water, on fishing yield (Castello et al., 2017). Castello et al. (2017) identified that the removal of floodplain forests reduces fishery yields per unit effort, and Arantes et al. (2019) observed that floodplain land cover affects biomass distribution of fish functional diversity in the Amazon River. More recently, Pereira et al. (2022) also showed the importance of land cover and was able to discriminate flooded shrub habitats as the most influential landscape component to the fishing yield. In this study, the landscape is characterized according to the river level measured in the area of operation of the fishing fleet of three regions of the Solimões-Amazon River, and the landscape characteristics are analyzed as possible drivers in the composition of landed catches. Considering that floodplain land cover is highly important for several species of fish (Arantes et al., 2019), it is hypothesized that the greatest variety of species landed by commercial fishing are recorded in regions with a higher proportion of forest cover.

MATERIALS AND METHODS

Study area

The Solimões-Amazon River flows from the Peruvian Andes until it reaches the Atlantic Ocean, and has wetland area of 8.4×10^5 km² (Hess et al., 2015). In addition, it possesses different environments that are widely exploited by fishers for the capture of several fish species (Goulding et al., 2018). In this study, commercial fisheries were evaluated in three regions of the Brazilian stretch, corresponds to approximately 1,627.25 km, namely the upper, and lower Solimões River and the lower Amazon River, and the landings of the municipalities of Benjamin Constant, Tabatinga, Iranduba and Parintins were analyzed (Figure 1). These municipalities are important fishery landing centers in the Amazon. The municipalities of the upper Solimões River (Benjamin Constant and Tabatinga), located in the border region between Brazil, Peru and Colombia, constitute one of the main hubs of the commercial sector of regional fisheries (Paiva and Silva, 2020). While Iranduba (lower Amazon River) is responsible for 11% of the fishing production that is landed in the Central Amazon, and is considered the second main fishing port in this region (Barthem and Goulding, 2007), Parintins (lower Amazon River) is responsible for 6.4% of the fishery production that is landed in the Amazon (Batista et al., 2012). The different regions vary according to hydrology, soil fertility, vegetation cover, plant diversity and animal species, and also have distinct histories of land use and fisheries resources (Junk et al., 2011).

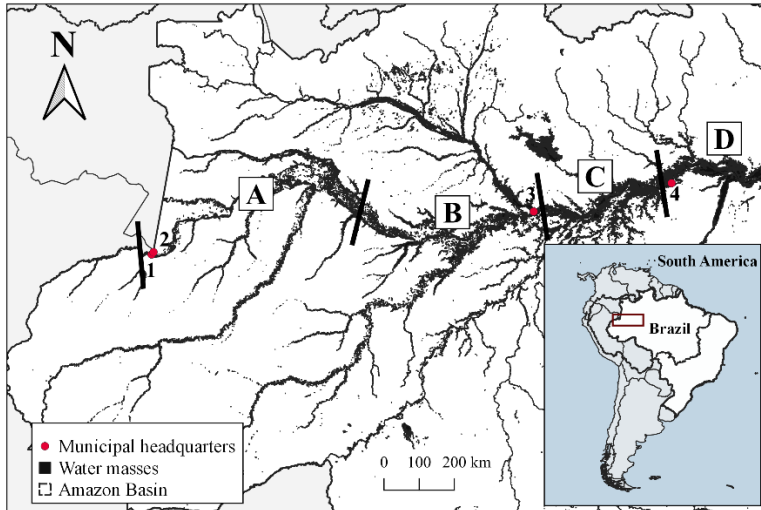


Figure 1 - Municipal headquarters of the upper Solimões River, lower Solimões River and lower Amazon River regions. A= upper Solimões River; B= lower Solimões River; C= upper Amazon River; D= lower Amazon River; 1= Benjamin Constant; 2= Tabatinga; 3= Iranduba; 4= Parintins.

Data collection

The river level data were collected on the Hidroweb platform of the National Water Agency (ANA) available at: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/>. Catch data by species, environments and fishing sites were collected through semi-structured questionnaires within the scope of the Amazonas Fishery Statistics and Landing project. The questionnaires investigate landings and were applied between January and December 2012 in the main landing centers in the cities of Benjamin Constant (270 questionnaires), Tabatinga (603 questionnaires), Iranduba (198 questionnaires) and Parintins (396 questionnaires).

The geographical coordinates of the fishing sites were obtained using the list of fishing sites registered in 2012. Subsequently, in 2018 and 2020, the list of registered fishing sites and hydrographic maps of the regions shown to fishers and the civil defense department with the aim of geographic identification. The geographic information from maps elaborated in the Fronteiras Project (Projeto Fronteiras, 2018), Google Earth Pro 7.3 aquatic masses layer (Google Earth, 2020) and the available literature (Petrere, 1978; Pantoja, 2006; Sousa et al.,

2014; Cardoso et al., 2016) were also considered to confirm the geographic location of fishing sites. Information about landscape variables was obtained from the database of Hess et al. (2015). In this study, the image file was used in the Albers Conical Equal Area system with a pixel size of 100 m.

Data analysis

The flood periods were divided into high-water and low-water, which were defined according to the river level for the year 2012. The grouping of fisheries was carried out considering the river level recorded in Tabatinga for the upper Solimões River, in Iranduba for the lower Solimões River and in Parintins for the lower Amazon River.

A total of 873 fisheries were analyzed in the upper Solimões River, 198 in the lower Solimões River and 396 in the lower Amazon River. Regarding fisheries without records of fishing sites, a total of 188 fisheries in the upper Solimões River, 6 fisheries in the lower Solimões River and 3 fisheries in the lower Amazon River were not included in the analyses.

The geographical coordinates of the fishing sites exploited by the fishers of the three fishing areas were entered into Google Earth Pro, later transferred to Q-Gis and transformed into shapefiles. Subsequently, a buffer was defined around the municipal headquarters with the value of distance from the furthest fishing site used by fishers in periods of high and low-water. The buffer generated was considered as the operating radius of the fishing fleet. The municipal headquarters of Tabatinga was chosen for the upper Solimões River because it is considered an important fishing landing port in this region (Paiva and Silva, 2020). The maps were prepared with the geographical coordinates of the fishing sites used by the fishers, the radius of action of the fishing fleets of each region for the periods of high and low-water and with the data base of Hess et al. (2015). The maps of the upper Solimões River and lower Amazon River regions were made in two geographical scales due to the greater radius of operation of the fleet. The

analyses were performed using the software QGIS Desktop 3.4.2 (QGIS Development Team, 2018) and the Multi-Distance Buffer plugin (Tveite, 2018).

The raster image provided by Hess et al. (2015) was cropped from the area of the fishing fleets' operating radius in both flood periods. Subsequently, landscape variables (Hess et al., 2003) were calculated using the software Q-Gis desktop 3.4.2 with GRASS 7.4.2 (QGIS Development Team, 2018). The following classes were disregarded: land outside the basin, non-humid area in the Amazon basin, elevation ≥ 500 m and ocean. The areas were calculated in square kilometers and were later converted into percentage values. The Albers Conic Equal Area projection system was used in the analyses.

The possible associations between exploited fish species and fishing regions in each hydrological period were investigated using non-metric multidimensional scaling analysis (nMDS). The analyses were performed on a Bray-Curtis distance matrix, estimated from the capture data by species, (Bocard et al., 2011). The vegan package (Oksanen et al., 2016) in the software R Core Team (2020) version 4.0.5 was used. Species total catch lower than 300 kg were ignored in the analyses. The removal of these species allowed a better adjustment of the analyses in all regions. The different number of records between regions has little impact on the analyzes that were carried out. Since we performed spatial analysis of fishing sites and an nMDS, which allows exploring the data from an ordering based on a distance matrix and does not need to have the same number of samples between groups.

RESULTS

A total of 126, 38 and 122 fishing sites were exploited by fishers from the upper Solimões River, lower Solimões River and lower Amazon River, respectively. Among these, 49 in the upper Solimões River, 19 in the lower Solimões River and 46 in the lower Amazon River were identified. In the three regions, in both hydrological periods, the lake is the most-used habitat as a fishing environment. The rivers were also heavily exploited by fishers on the upper

Solimões River and the lower Amazon River. While in the lower Solimões River, there was a greater amount of fishing on islands and coasts.

In the upper Solimões River, 36 sites were exploited in the high-water period, 33 sites were exploited in the low-water period and 23 sites were exploited in both periods. The operating radius of the fishing fleet was 243 km during the high-water season (Figure 2) and 237 km in the low-water season (Figure 3). 50% of the fishing sites used were observed at a distance of about 28 km and 25 km from Tabatinga during the high-water and in the low-water seasons, respectively.

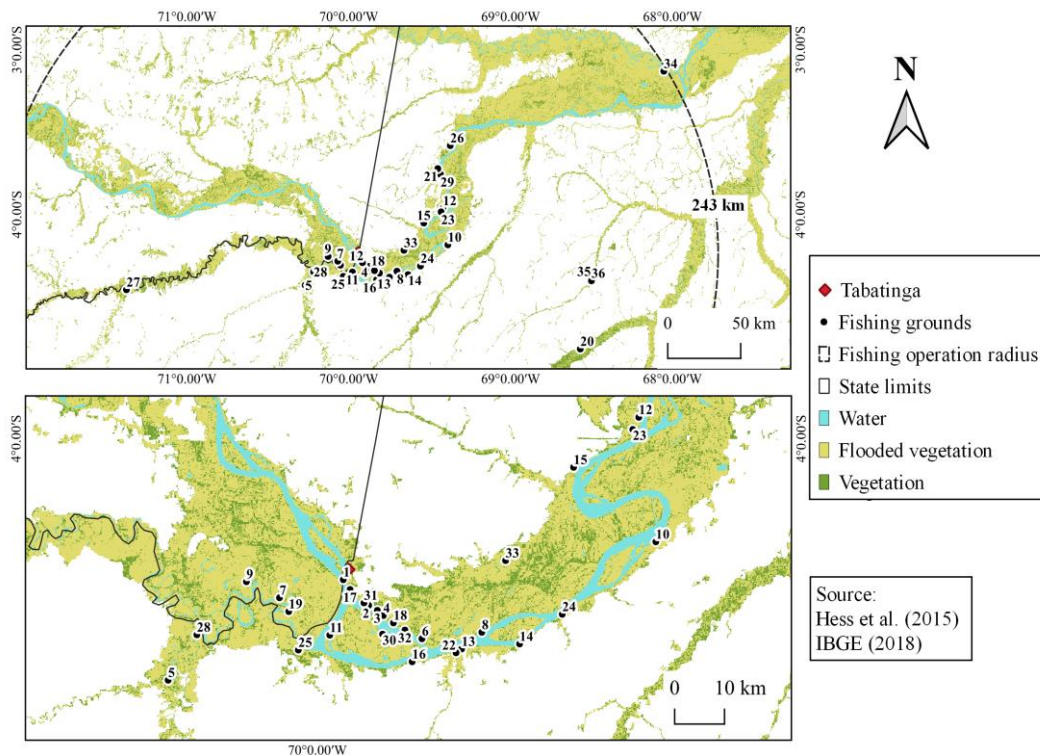


Figure 2 - Radius of operation of the fishing fleet of the upper Solimões River during the high-water season on a large and small scale. 1= Solimões River*; 2= Fátima Beach*; 3= Vila Eternidade Lake*; 4= Vila Nova Lake*; 5= Quixito River; 6= Terezina II Lake*; 7= Tucano Lake*; 8= Bom Futuro Lake*; 9= Sacambu Lake*; 10= Tauarú Lake*; 11= Saraiva Lake*; 12= Bananal Lake*; 13= Capacete Lake*; 14= Bom Pastor Lake*; 15= Belém do Solimões Lake*; 16= Niterói Lake; 17= Umariçu Lake*; 18= Grossa Beach; 19= Javari River*; 20= Jutai

River*; 21= Cajari Creek*; 22= Palhal Creek; 23= Palmares Creek; 24= Feijoa Creek*; 25= Javarizinho River; 26= Santa Rita Creek; 27= Curuçá River; 28= Itaquai River; 29 = Cojoari Lake; 30 = Aramaçá Lake; 31= Limeira Lake*; 32= Terezina Lake*; 33= Santa Rosa Lake*; 34= Içá River; 35= Aratituba Lake; 36= Comprido Lake*. *Sites exploited in both hydrological periods.

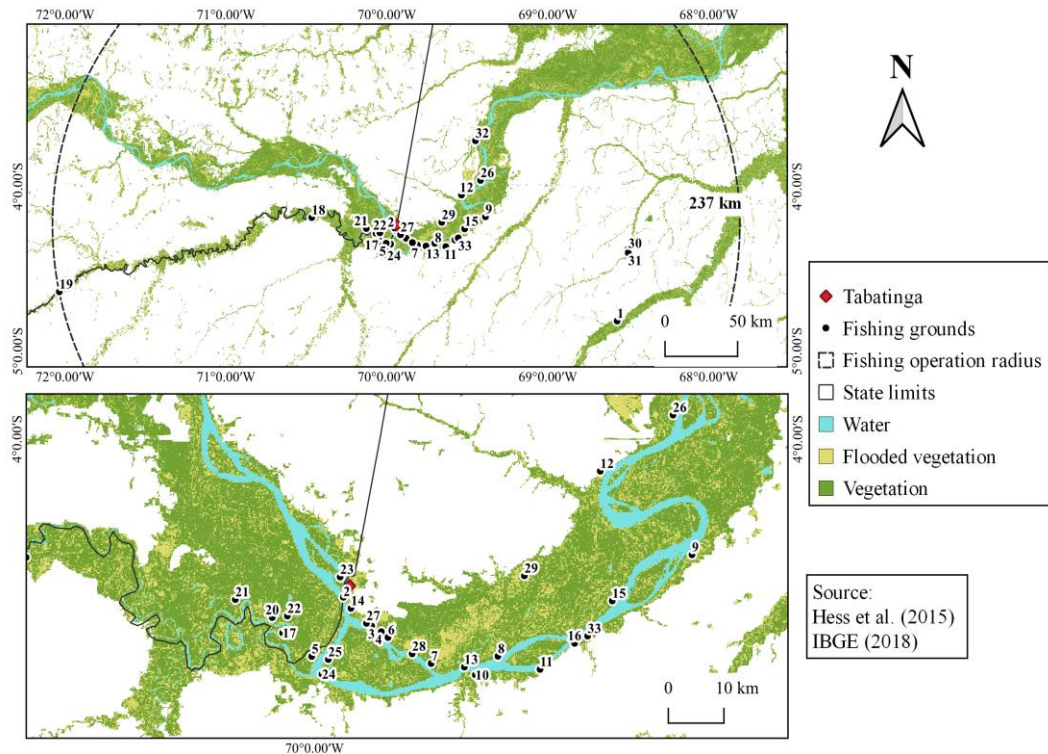


Figure 3 - Radius of action of the fishing fleet of the upper Solimões River during the low-water season on a large and small scale. 1= Jutaí River*; 2= Solimões River*; 3= Fátima Beach*; 4= Vila Eternidade Lake*; 5= Bom Intento Creek; 6= Vila Nova Lake*; 7= Terezina II Lake*; 8= Bom Futuro Lake*; 9= Tauarú Lake*; 10= Capacete Lake*; 11= Bom Pastor Lake*; 12= Belém do Solimões Lake*; 13= Terezina III Community; 14= Umariçu Lake*; 15= Sapotal Lake; 16= Prosperidade Lake; 17= Javari River*; 18= Piranha Lake; 19= Santa Fé Lake; 20= Tucano Lake*; 21= Sacambu Lake*; 22= Jacaré Lake; 23= Peruano Lake; 24= São Miguel Lake; 25= Saraiva Lake*; 26= Bananal Lake*; 27= Limeira Lake*; 28= Terezina Lake*; 29= Santa Rosa Lake*; 30= Paraná Creek; 31= Comprido Lake*; 32= Cajari Creek*; 33= Feijoa Creek*. *Sites exploited in both hydrological periods.

In the lower Solimões River, 14 sites were exploited during the high-water period, 17 sites were exploited during the low-water period and 12 sites were exploited in both periods. The operating

radius of the fishing fleet was 58 km in both hydrological periods (Figure 4). 50% of the fishing sites used were observed at a distance of about 8.5 km from Iranduba in both hydrological periods.

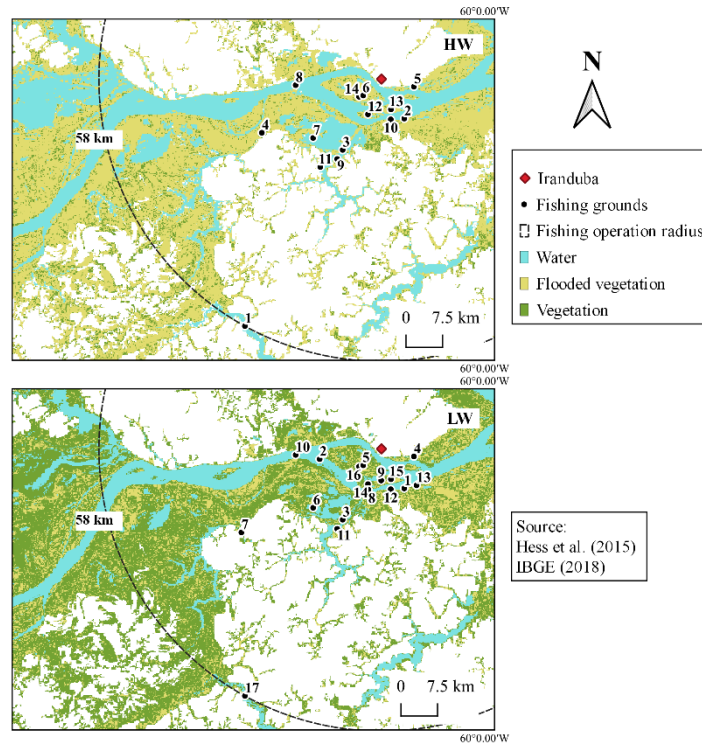


Figure 4 - Radius of operation of the fishing fleet in the lower Solimões River. High-water season (HW): 1= Castanha Lake*; 2= Curarizinho Coast*; 3= Janauacá Lake*; 4= Manaquiri Coast; 5= Iranduba Coast*; 6= Preto Lake*; 7= Laguinho*; 8= Solimões River*; 9= Tilheiro Lake*; 10= Curuçá Coast*; 11= Grande Lake; 12= Moratu Island*; 13= Jacurutu Island*; 14= Paciência Island*. Low-water season (LW): 1= Curarizinho Coast*; 2= Aruanã Coast; 3= Janauacá Lake*; 4= Iranduba Coast*; 5= Preto Lake*; 6= Laguinho*; 7= Manaquiri Beach; 8= Moratu Lake; 9 = Jacurutu River; 10= Solimões River*; 11= Tilheiro Lake*; 12= Curuçá Coast*; 13= Maria Antônia Beach; 14= Moratu Island*; 15= Jacurutu Island*; 16= Paciência Island*; 17= Castanha Lake*. *Sites exploited in both hydrological periods.

In the lower Amazon River, 44 sites were exploited in the high-water period, 23 sites were exploited in the period of low-waters and 18 sites were exploited in both periods. In the period

of high-water, the fleet's radius of action was 896 km (Figure 5) and, during the low-water period, it was 1,028 km (Figure 6). 50% of the fishing sites used were observed at a distance of about 75.5 km and 83 km from Parintins during the high-water and in the low-water seasons, respectively.

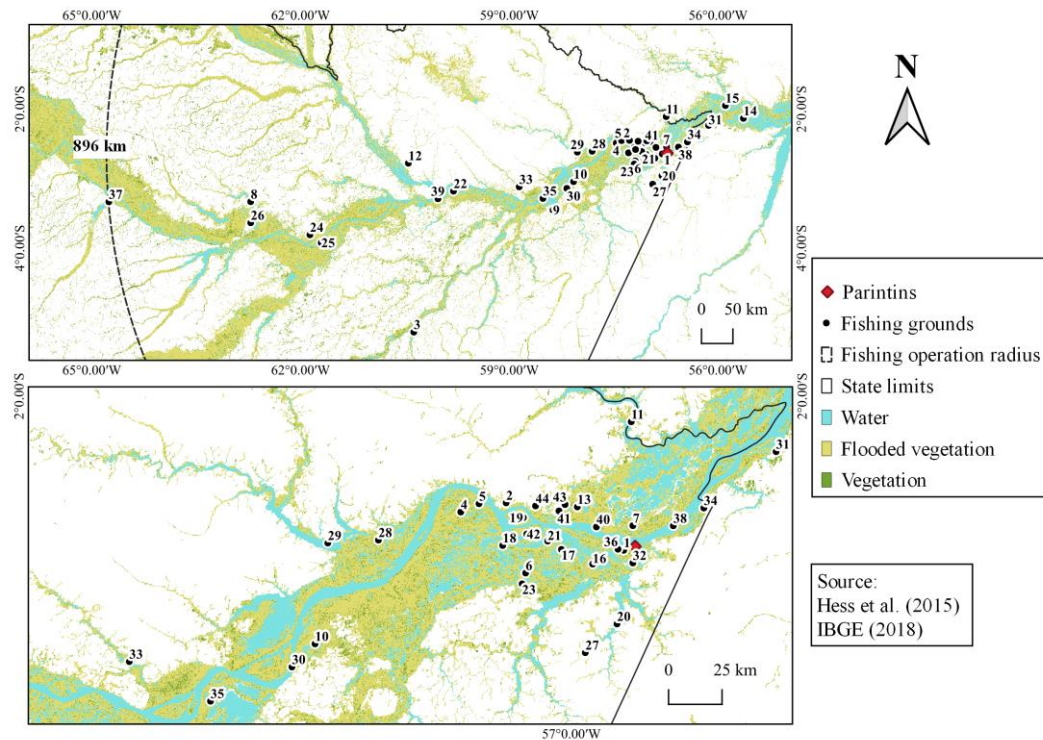


Figure 5 - Operating radius of the fishing fleet in the lower Amazon River during the high-water season on a large and small scale. 1= Aningal Lake*; 2= Mocambo Lake; 3= Acari River; 4= Grande Lake*; 5= Comprido Lake*; 6= Mapará Lake; 7= Paraná Espírito Santo*; 8= Badajós River; 9= Arari River; 10= Arrozal Lake; 11= Nhamundá River; 12= Cuieiras River; 13= Acari Lake; 14= Grande do Poção Lake; 15= Marrecas Lake; 16= Piranhas Lake; 17= Meratinga Lake; 18= Limão Lake; 19= Arari Lake*; 20= Uaicurapá River*; 21= Saracura Lake; 22= Arroz Lake*; 23= Paraná Ramos*; 24= Mureru Lake; 25= Lake of the Primeiro Lake; 26= Acará Lake*; 27= Araçatuba Lake*; 28= Urucará Lake; 29= Uatumã River*; 30= Paraná do Urucurituba*; 31= Araçá Lake; 32= Paraná Parananema; 33= Urubu River*; 34= Parintins Hill; 35= Juquiri Lake*; 36= Paraná Limão*; 37= Tefé River; 38= Amazon River*; 39= Solimões

River*; 40= Boto Grande Lake; 41= Buiucu Lake; 42= Onças Lake; 43= Botinho Lake*; 44= Mato Grosso Lake. *Sites exploited in both hydrological periods.

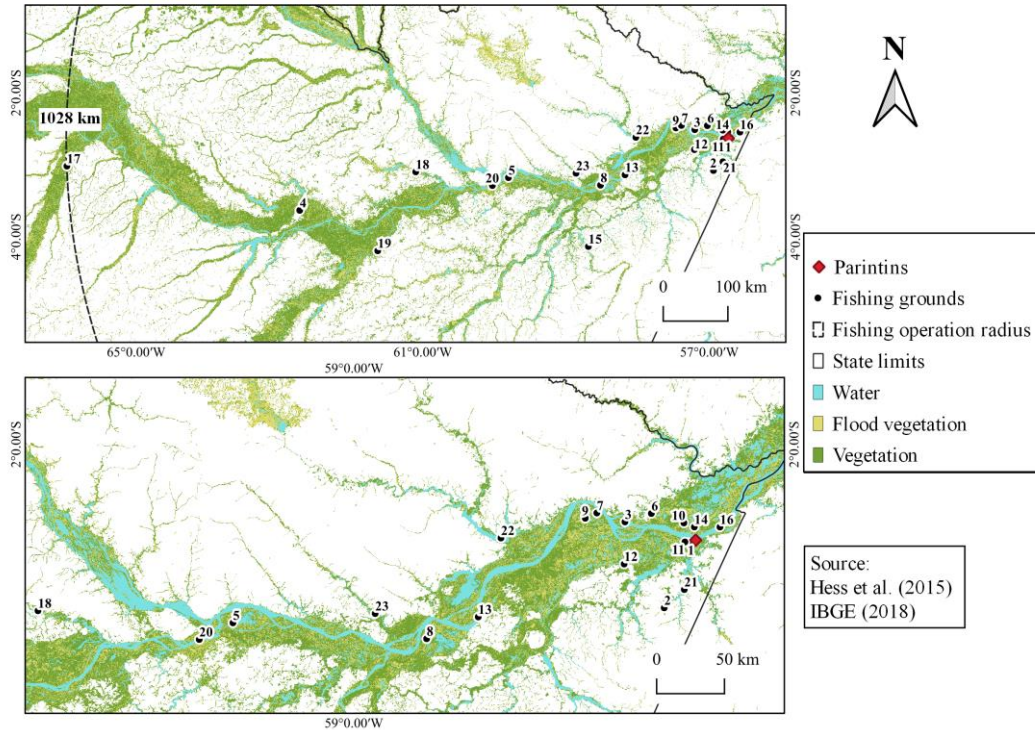


Figure 6 - Operating radius of the fishing fleet in the lower Amazon River during the low water season on a large and small scale. 1= Aningal Lake*; 2= Araçatuba Lake*; 3= Arari Lake*; 4= Acará Lake*; 5= Arroz Lake*; 6= Botinho Lake*; 7= Comprido Lake*; 8= Juquiri Lake*; 9= Grande Lake*; 10= Macuricanã Lake; 11= Paraná Limão*; 12= Paraná Ramos*; 13= Paraná Urucurituba*; 14= Paraná Espírito Santo*; 15= Abacaxis River; 16= Amazon River*; 17= Juruá River; 18= Manacapuru River; 19= Purus River; 20= Solimões River*; 21= Uaicurapá River*; 22= Uatumã River*; 23= Urubu River*. *Sites exploited in both hydrological periods. In the three regions, flooded forest and non-flooded forest were the dominant components in the landscape, while non-flooded herbaceous and flooded shrubs represented the lowest proportion (Table 1). In the high-water period, the highest proportion of flooded and non-flooded forest was identified in the upper Solimões River and the lowest in the lower Solimões River (Table 1). The highest proportion of flooded shrubs was observed in the lower Amazon

River and in the lower Solimões River (Table 1). Non-flooded shrubs were identified only in the lower Solimões River and non-flooded herbaceous plants were not recorded in this period. The highest proportions of flooded herbaceous plants and open water were found in the lower Solimões and lower Amazon Rivers (Table 1).

In the low-water period, the highest proportions of flooded and non-flooded forest were observed in the upper Solimões River and in the lower Amazon River (Table 1). Flooded and non-flooded shrubs were recorded in higher proportions in the lower Amazon River and lower Solimões River (Table 1). While in the lower Solimões River, the highest proportions of flooded herbaceous, non-flooded herbaceous and open water were observed (Table 1).

Table 1 - Percentage of landscape variables in each region and hydrological period analyzed (%). USR= upper Solimões River; LSR= lower Solimões River; LAR= lower Amazon River; OW= open water; NH= non-flooded herbaceous; FH= flooded herbaceous; NS= non-flooded shrubs; FS= flooded shrubs; NF= non-flooded forest; FF= flooded forest. In parentheses is the number of fishing sites exploited.

Class	High-waters period			Low-waters period		
	USR (36)	LSR (14)	LAR (44)	USR (33)	LSR (17)	LAR (23)
OW	6.87	36.86	17.31	6.25	31.45	12.26
NH	0	0	0	1.61	7.97	4.81
FH	4.01	9.13	5.70	2.42	5.83	2.83
NS	0	1.96	0	2.86	7.74	9.52
FS	2.27	5.78	9.41	0.05	0.73	0.76
NF	22.07	9.33	17.18	62.50	31.37	48.45
FF	64.79	36.94	50.41	24.31	14.90	21.37

The stress values of the nMDS were 0.02 and the adjustments were greater than 90%. Thirty species or groups of fish species were exploited by fishers in the high-water period and twenty-seven in the low-water period. Some fish species were exploited only in a certain hydrological period (Table 2).

Table 2 - Fish species caught only in one hydrological period.

High-waters period	Low-waters period
Barba-chata (<i>Pinirampus pirinampu</i> Spix and Agassiz, 1829)	Braço de moça (<i>Hemisorubim platyrhynchos</i> Valenciennes, 1840)
Cara de gato (<i>Platynematchthys notatus</i> Jardine, 1841)	Mandubé (<i>Ageneiosus</i> spp.)
Charuto (<i>Anodus</i> spp.; <i>Hemiodus</i> spp.)	Piramutaba (<i>Brachyplatystoma vaillantii</i> Valenciennes, 1840)
Cuiú-cuiú (<i>Oxydoras niger</i> Valenciennes, 1821)	
Peixe-cachorro (<i>Acestrorhynchus</i> spp.)	
Piracatinga (<i>Calophysus macropterus</i> Lichtenstein, 1819)	

In the period of high-water, barba-chata, bacú-liso (*Pterodoras granulosus* Valenciennes, 1821), jandiá (*Leiarius* spp.), mandi (*Pimelodus blochii* Valenciennes, 1840; *Pimelodina flavipinnis* Steindachner, 1876), aruanã (*Osteoglossum bicirrhosum* Cuvier, 1829), apapá (*Pellona* spp.), traíra (*Hoplias malabaricus* Bloch, 1794), peixe-cachorro and sardinha were associated with the upper Solimões River region (Figure 7). Dourada, acari-bodó (*Pterygoplichthys pardalis* Castelnau, 1855), caparari/surubim, cuiú-cuiú, aracu, pirapitinga (*Piaractus brachypomus* Cuvier, 1818), pacú, piranha (*Pygocentrus nattereri* Kner, 1858;

Serrasalmus spp.), tambaqui, jaraqui, branquinha, curimatã, acará-açu (*Astronotus* spp.), pescada (*Plagioscion squamosissimus* Heckel, 1840) and tucunaré (*Cichla* spp.) were associated with the lower Solimões river region (Figure 7). Cara de gato, mapará, piracatinga, charuto and pirarucu (*Arapaima gigas* Schinz, 1822) were associated with the lower Amazon River region (Figure 7), while the matrinxã was associated with the regions of the upper Solimões River and lower Amazon River (Figure 7).

In the low-water period, braço de moça, jandiá, mandi, acari-bodó, caparari/surubim, apapá, sardinha, traíra, branquinha, matrinxã, piranha, acará-açu, tucunaré, pescada and tambaqui were associated with the upper Solimões River region (Figure 7). Dourada, piramutaba, pirarucu, aracu, pirapitinga and pacú were associated with the region of the lower Solimões River (Figure 7). The mapará, aruanã, jaraqui and curimatã were associated with the region of the lower Amazon River (Figure 7).

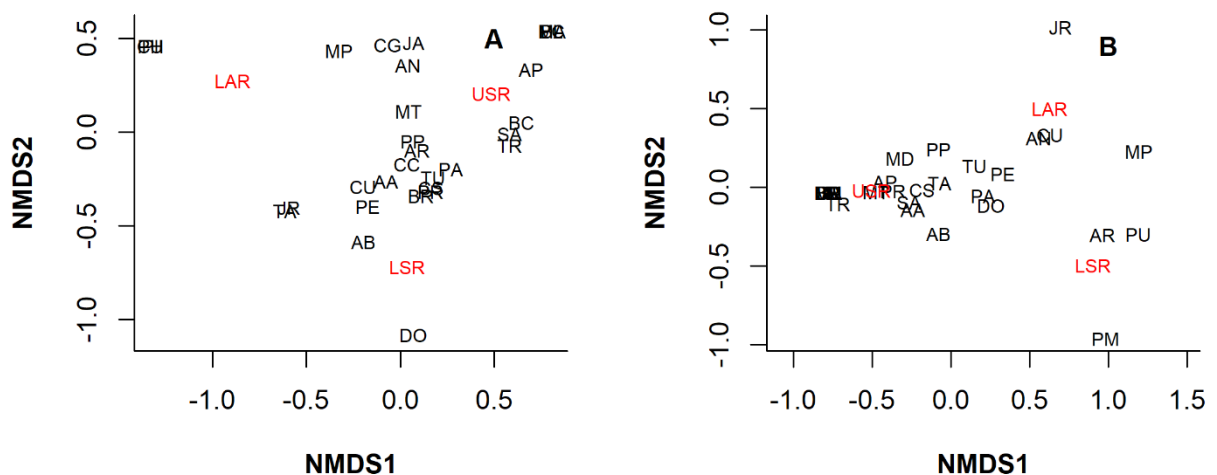


Figure 7 - Relationship between fish and fishing regions. A= high-water period; B= low-water period. USR= upper Solimões River; LSR= lower Solimões River; LAR= lower Amazon River; AA= acará-açu; AB= acari-bodó; AP= apapá; AR= aracu; AN= aruanã; BL= bacú-liso; BM= braço de moça; BC= barba-chata; BR= branquinha; CS= caparari/surubim; CG=cara de gato; CH= charuto; CC= cuiú-cuiú; CU= curimatã; DO= dourada; JA= jandiá; JR= jaraqui; MA=

mandi; MD= mandubé; MP= mapará; MT= matrinxã; PA= pacú; PC= peixe-cachorro; PE= pescada; PI= piracatinga; PM= piramutaba; PR= piranha; PP= pirapitinga; PU= pirarucu; SA= sardinha; TA= tambaqui; TR= traíra; TU= tucunaré.

DISCUSSION

Accessing fishing information with fishers in the years after the fisheries were carried out can be useful, especially when there is no systematic data collection, as is the case with freshwater fisheries in Brazil. Other studies conducted via interviews with fishers to obtain the amount of fish caught and the composition of the species, which fish are more valued, and how fish abundance and sizes vary over time have shown that this methodology is accurate (Silvano and Hallwass, 2020; Tregidgo et al., 2021; Rabuffetti et al., 2022).

The greater number of fishing sites and the greater radius of action of the fishing fleet observed in the lower Amazon River in both hydrological periods is probably related to the size of the cities that were analyzed, the characteristics of the vessels used and a higher level of exploitation of the species in the environments near each urban center (Tregidgo et al., 2017; Faria Junior and Batista, 2019; IBGE, 2021). Parintins, in the lower Amazon River, is the municipality with the largest population (116,439) in relation to Tabatinga (68,502 people) and Benjamin Constant (44,873) in the upper Solimões River and Iranduba (49,718) in the lower Solimões River, and demanded a greater landing (IBGE, 2021). In addition, the municipality of Parintins has the second largest number of fishing boats, which have greater storage and transport capacity than other vessels, and which consequently allow fishers to travel greater distances (Faria Junior and Batista, 2019). Keppeler et al. (2018), when evaluating indicators of Amazonian fish communities, identified that the distance from the lake to the urban center was positively related to the average size of fish and the dominance of large fish, thus indicating direct human effects caused by fishing or indirect effects by habitat alteration. Therefore, considering the east-west degradation gradient of the vegetation cover identified by Renó and

Novo (2019), it is possible that fishers from Parintins on the lower Amazon River need to travel greater distances to catch fish.

The use of fishing sites closer to the landing site by fishers on the lower Solimões River reflects how fishers use their traditional knowledge of the environment and species (Silvano and Hallwass, 2020; Tregidgo et al., 2021). Generally, fishers choose the fishing site located at the shortest distance and with a high density of fishery resources (Corrêa et al., 2012; Pereira et al., 2019).

In the three analyzed regions, in both hydrological periods, the greater predominance in the use of lakes in relation to other fishing environments is possibly related to the importance of the adjacent plain for commercial fisheries (Matos et al., 2021). In the Amazon, as observed in the municipality of Manaus lakes have an important contribution to landed catches (Matos et al., 2021). In the lower Solimões River, the use of a greater diversity of environments in fisheries highlights the geomorphological and, consequently, the landscape differences of the adjacent river-floodplain system (Mertes et al., 1996).

The higher proportion of flooded forests in the three regions studied and the absence of non-flooded herbaceous plants in the high-water period shows the influence of the flood pulse in the area exploited by fishers (Junk et al., 2020). This is considered an important regulator of the Amazon landscape and functioning of the ecosystem (Junk et al., 2020). In this study, as observed by Mertes et al. (1995) and Renó and Novo (2019), the highest proportion of forest was recorded in the radius of operation of the fishing fleet of the upper Solimões River. The three regions studied have distinct occupation processes. The upper Solimões River consists of twenty-six officially recognized indigenous lands, which represent 46% of the indigenous population of the state of Amazonas (CIAMA, 2020). Indigenous populations probably contribute to the maintenance of the forest in the upper Solimões River region due to their way of life based on the realization of resource management (Schmidt et al., 2021).

In the lower Solimões River, a greater distribution of landscape variables was observed, which characterizes this stretch as more heterogeneous. The lower regions of the Solimões-Amazon River have larger lateral areas when compared to the upper Solimões River, thus favoring the occupation of other plant communities (Hess et al., 2003). In the lower Solimões River, the aquatic herbaceous plants that are observed in greater proportions than in the other analyzed regions may be related to the accumulation of nutrients due to the contribution of sediments from several tributaries of the Solimões-Amazon River that fertilize extensive floodplain areas (Junk et al., 2020).

In the lower Amazon River, the greater number of shrubs than in other regions is dominated by woody plants of low stature (0.5-5 m) (Hess et al., 2003). This vegetation has great importance for fishery resources that migrate laterally to these habitats regardless of the hydrological period when seeking areas for reproduction, feeding and/or refuge (Freitas et al., 2018).

The composition of the landings and the amount caught varies according to the level of the river, the preferences of the consumer market, the geographical distance from large urban centers, the vegetation cover present in the exploited environment and the population density (Goulding et al., 2018; Keppeler et al., 2018; Arantes et al., 2019; Tredigo et al., 2021). The greater variety of fish in the landings in both hydrological periods was associated with the fisheries of the upper and lower Solimões River, which presented a higher proportion of forest cover and greater heterogeneity of the landscape in its radius of action, respectively. However, the lower variety of species was associated with fisheries in the lower Amazon River, possibly indicating the influence of availability and/or proportion of landscape variables on the composition of landings. The unequal distribution of Amazonian fish species was also evidenced through a richness model that evaluated environmental and historical factors with the identification of a negative downstream gradient (Oberdorff et al., 2019).

Analyzing different lakes in the central Amazon, Freitas et al. (2018) identified that the richness of fish species is related to the shrub vegetation during the high-water period, which in this study was found in greater proportion in the lower Amazon River region and which presented less variety in landings. During low-waters, Freitas et al. (2018) associated the richness of fish species with the extension of herbaceous and open water regions, which in this study were found in greater proportion in the region of the lower Solimões River and which had a greater variety of species in the landings in this hydrological period.

Fish use certain habitats according to their reproductive behavior, migration and feeding (Sánchez-Botero and Araújo-Lima, 2001). The flooded forest found predominantly in the radius of operation of the fleet of the upper Solimões River is of great relevance for fish such as herbivores, omnivores and detritivores (Claro Jr. et al., 2004; Arantes et al., 2019). Forests provide food via plant material, fruits, seeds and invertebrates, as well as organic matter via fungi and bacteria of high nutritional value for prochylodontids and loricarids (Arantes et al., 2019). In addition, habitats in regions with greater forest cover tend to have higher total biomass and possess species that are important for commercial fisheries (Arantes et al., 2019), as observed in the upper Solimões River in both hydrological periods.

In this study, the greatest variety of species that depend on the flooded forest for their life cycle in the fisheries of the upper and lower Solimões River was evidenced. Fish, such as branquinha, which can select forest areas with detritus of higher nutritional value, and the bodó, which feeds on organic matter derived from decomposed forest vegetation, related in this study to the landings of the upper and lower Solimões have been strongly associated with forest cover (Goulding, 1980; Arantes et al., 2019). In addition, cichlids, such as tucunaré and acará which are well adapted in structurally complex flooded forest habitats have also been associated with fisheries in the upper and lower Solimões (Ribeiro et al., 2016; Arantes et al., 2017; Arantes et al., 2019). However, the presence of planktivores, such as mapará, and piscivores such as

piracatinga, which have not been related to forest cover (Arantes et al., 2017; Arantes et al., 2019), was identified in the lower Amazon River. These species may exploit other habitats such as open water and herbaceous areas. Agostinho et al. (1994) identified a high capture rate of Mapará that was favored by the increase in zooplanktonic biomass in a dammed region of the Paraná River with extensive open areas. Furthermore, Arantes et al. (2019) found a weak and negative relationship between planktivores and forest cover and associated this with the barrier imposed by dense forest canopies that limit zooplankton abundance, since they prevent the entry of light and the maintenance of phytoplankton production.

Considering the three regions studied, only 40% of the fishing sites were identified, which demonstrates the difficulty involved in accessing fishery information with fishers in the years after the fisheries were carried out, in addition to the knowledge gap related to understanding the patterns of Amazonian fisheries. Thus, our results should be used with caution since some fisheries could be performed beyond the estimated radius of action of each fishing fleet. Despite this, the analyses are valid and through them it was possible to observe that the landscape variables and the river level are drivers in the composition of landed catches. As a result, it was found that the greatest variety of captures were identified in regions with the highest proportion of forest cover during low water periods and those with aquatic herbaceous vegetation cover in high water periods.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001 and Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) POSGRAD.

REFERENCES

- AGOSTINHO, A.A., JÚLIO JR., H.F. and PETRERE JR., M., 1994. Itaipu reservoir (Brazil): impacts of the impoundment on the fish fauna and fisheries. In: I.G. COWX, ed. *Rehabilitation of Freshwater Fisheries*. United Kingdom: Blackwell of Oxford, pp. 171-184.
- ARANTES C.C., WINEMILLER K.O., PETRERE, M., CASTELLO, L., HESS, L., and FREITAS, C.E.C., 2017. Relationships between forest cover and fish diversity in the Amazon River floodplain. *Journal of Applied Ecology*, vol. 55, no. 1, pp. 386-395. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12967>
- ARANTES, C.C., WINEMILLER, K.O., ASHER, A., CASTELLO, L., HESS, L.L., PETRERE JR., M. and FREITAS, C.E.C., 2019. Floodplain land cover affects biomass distribution of fish functional diversity in the Amazon River. *Scientific Reports*, vol. 9, no. 16684, pp. 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52243-0>. PMID: 31723146
- BARTHEM, R.B. and GOULDING, M., 2007. *An Unexpected Ecosystem: The Amazon revealed by the fisheries*. Amazon Conservation Association (ACA): Missouri Botanical Garden Press. 241 p.
- BATISTA, V.S., NAHUM, V.J.I., FABRÉ, N.N., SILVA, C.O. and GONZALEZ, J.C.A., 2012. Caracterização da Produção e do Esforço Pesqueiro. In: V.S. BATISTA, V.J.I. ISAAC, org. *Peixes e pesca no Solimões-Amazonas: uma avaliação integrada*. Brasília: Ibama/ProVárzea, pp. 31-71.
- BOCARD, D., GILLET, F. and LEGENDRE, P., 2011. *Numerical ecology with R*. Springer. 306 p.
- CARDOSO, M.S.G., SCHERER, E.F. and VASCONCELOS, B.R., 2016. Complexo Macuricanã: territorialidades dos pescadores artesanais da comunidade do Divino Espírito Santo Parintins-AM. *Revista Eletrônica Mutações*, vol. 19, no. 1, pp. 280-291.

- CASTELLO, L., HESS, L.L., THAPA, R., MCGRATH, D.G., ARANTES, C.C., RENÓ, V.F. and ISAAC, V., 2017. Fishery yields vary with land cover on the Amazon River floodplain. *Fish and fisheries*, vol. 19, no. 3, pp. 431-440. <https://doi.org/10.1111/faf.12261>
- CLARO JR., L., FERREIRA, E., ZUANON, J.A. and ARAUJO-LIMA, C., 2004 O efeito da floresta alagada na alimentação de três espécies de peixes onívoros em lagos de várzea da Amazônia central, Brasil. *Acta Amazônica*, vol. 34, no. 1, pp. 133-137. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672004000100018>.
- COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO AMAZONAS - CIAMA, 2020 [viewed 20 February 2022]. *Marco jurídico-institucional, medidas mitigatórias e estratégia de participação e desenvolvimento para os povos indígenas* [online]. Available from: http://www.ciama.am.gov.br/wp-content/uploads/2020/10/marco_juridico_IPP.pdf
- CORRÊA, A.A, KAHN, J.R., FREITAS, C.E.C., 2012. A pesca no município de Coari, estado do Amazonas, Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, vol.6, no. 2, pp.1-7.
- DAGOSTA, F.C.P. and DE PINNA, M.C., 2019. The Fishes of the Amazon: Distribution and Biogeographical Patterns, with a Comprehensive List of Species. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, vol. 1, no. 431, pp. 1-163. <https://doi.org/10.1206/0003-0090.431.1.1>
- FARIA JUNIOR, C.H. and BATISTA, V.S., 2019. Frota pesqueira comercial na Amazônia Central: composição, origem, espécies exploradas e mercado. *Agroecossistemas*, vol. 11, no. 1, pp. 146-168.
- FREITAS, C.E.C., LAURENSEN, L., YAMAMOTO, K.C., FORSBERG, B.R., PETRERE JR., M., ARANTES, C. and SIQUEIRA-SOUZA, F.K., 2018. Fish species richness is associated with the availability of landscape components across seasons in the Amazonian floodplain. *PeerJ*, vol. 6, no. e5080, pp. 1-16. <https://doi.org/10.7717/peerj.5080>.

GOOGLE EARTH, 2020 [viewed 5 June 2021]. *Website* [online]. Available from: <http://earth.google.com/>

GOULDING, M., 1980. *The fishes and the forest: Explorations in Amazonian natural history*. Berkeley, CA: University of California Press. 280 p.

GOULDING, M., VENTICINQUE, E., RIBEIRO, M.L.B., BARTHEM, R.B., LEITE, R.G., FORSBERG, B., PETRY, P., SILVA-JÚNIOR, U.L., FERRAZ, P.S. and CAÑAS, C., 2018. Ecosystem-based management of Amazon fisheries and wetlands. *Fish and Fisheries*, vol. 20, no. 1, pp. 138-158. <https://doi.org/10.1111/faf.12328>.

HALLWASS, G. and SILVANO, R.A.M., 2015. Patterns of selectiveness in the Amazonian freshwater fisheries: implications for management. *Journal of Environmental Planning and Management*, vol. 59, no. 9, pp. 1537-1559. <https://doi.org/10.1080/09640568.2015.1081587>

HESS, L.L., MELACK, J.M., NOVO, E.M.L.M., BARBOSA, C.C.F. and GASTIL, M., 2003. Dual-season mapping of wetland inundation and vegetation for the central Amazonbasin. *Remote Sensing of Environment*, vol. 87, no. 4, pp. 404-428. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.04.001>.

HESS, L.L., MELACK, J.M., AFFONSO, A.G., BARBOSA, C.C.F., GASTIL-BUHL, M. and NOVO, E.M.L.M., 2015 [viewed 05 January 2021]. *LBA-ECO LC-07 Wetland Extent, Vegetation, and Inundation: Lowland Amazon Basin* [online]. Available from: https://daac.ornl.gov/cgi-bin/dsvviewer.pl?ds_id=1284

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2021 [viewed 19 June 2022]. *IBGE Cidades* [online]. Available from: <https://cidades.ibge.gov.br/>

JUNK, W.J., PIEDADE, M.T.F., SCHONGART, J., COHN-HAFT, M., ADENEY, J.M. and WITTMANN, F. 2011. A Classification of Major Naturally-Occurring Amazonian Lowland Wetlands. *Wetlands*, vol. 31, no. 4, pp. 623-640. <http://dx.doi.org/10.1007/s13157-011-0190-7>.

JUNK, W.J., PIEDADE, M.T.F., WITTMANN, F. and SCHONGART, J., 2020. *Várzeas Amazônicas: Desafios para um Manejo Sustentável*. Editora do INPA. 310 p.

KEPPELER, F.W., SOUZA, A.C., HALLWASS, G., BEGOSSI, A., ALMEIDA, M.C., ISAAC, J.V., AZEVEDO, R. and SILVANO, 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*, vol. 28, no. 5, pp. 1030-1043. <https://doi.org/10.1002/aqc.2910>.

MATOS, O.F., PEREIRA, D.V., LOPES, G.C.S., FREITAS, C.E.C. and SIQUEIRA-SOUZA, F.K., 2021. Características da frota e avaliação do desembarque de pescado na Amazônia Central. In: C.A.M. CORDEIRO, D.S. SAMPAIO, F.C.A.F. HOLANDA, org. *Engenharia de Pesca: aspectos teóricos e práticos*. Guarujá: Editora Científica Digital, pp. 117-137.

MERTES, L.A.K., DANIEL, D.L., MELACK, J.M., NELSON, B.W., MARTINELLI, L.A. and FORSBERG, B.R., 1995. Spatial patterns of hydrology, geomorphology, and vegetation on the floodplain of the Amazon River in Brazil from a remote sensing perspective. *Geomorphology*, vol. 13, no. 1-4, pp. 215-232. [https://doi.org/10.1016/0169-555X\(95\)00038-7](https://doi.org/10.1016/0169-555X(95)00038-7).

MERTES, L.A.K., DUNNE, T. and MARTINELLI, L.A., 1996. Channel-floodplain geomorphology along the Solimões-Amazon River, Brazil. *Bulletin of the Geological Society of America*, vol. 108, no. 9, pp. 1089-1107. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1996\)108<1089:CFGATS>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1996)108<1089:CFGATS>2.3.CO;2).

OBERDORFF, T., DIAS, M.S., JÉZÉQUEL, C., ALBERT, J.S., ARANTES, C.C., BIGORNE, R., CARVAJAL-VALLEROS, F.M., WEVER, A., FREDERICO, R.G., HIDALGO, M., HUGUENY, B., LEPRIEUR, F., MALDONADO, M., MALDONADO-OCAMPO, J., MARTENS, K., ORTEGA, H., SARMIENTO, J., TEDESCO, P.A., TORRENTE-VILARA, G., WINEMILLER, K.O. and ZUANON, J., 2019. Unexpected fish diversity gradients in the

Amazon basin. *Science Advances*, vol. 5, no. 9, pp. 1-9. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aav8681>. PMID: 31535018.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F.G.; KINDT, R., LEGENDRE, P., MINCHIN, P.R., O'HARA, R.B., SIMPSON, G.L., SOLYMOS, P., STEVENS, M.H.H. and WAGNER, H., 2016 [viewed 2 February 2021]. *Vegan Community Ecology Package. R Package Version 2.3-5* [online]. Available from: <https://rdrr.io/rforge/vegan/>

PAIVA, E.J.S. and SILVA, R.G.C., 2020. Territórios pesqueiros na Amazônia: dinâmica de pescadores comerciais e de subsistência em comunidade ribeirinha da tríplice fronteira Colômbia-Brasil-Peru. *Revista Cerrados, (Unimontes)*, vol. 18, no. 2, pp. 395-423. <https://doi.org/10.46551/rc24482692202023>

PANTOJA, G.G., 2006. *Acordo de pesca: instrumento para a co-gestão do uso dos recursos pesqueiros no município de Parintins-Am*. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 112 p. Dissertação de Mestrado profissional em Política e Gestão Ambiental.

PEREIRA, D.V., ARANTES, C.C., SOUSA, K.N.S. and FREITAS, C.E.C., 2022. Relationships between fishery catch rates and land cover along a longitudinal gradient in floodplains of the Amazon River. *Fisheries Research*, vol. 258, no. 10652. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2022.106521>

PEREIRA, D.V., SILVA, L.F. and SOUSA, K.N.S., 2019. Distribuição espacial dos sítios de captura registrados nos polos de desembarque pesqueiro no município de Santarém (Pará-Brasil). *Biota Amazonia*, vol. 9, no. 1, pp. 43-47.

PETRERE, M., 1978. Pesca e esforço de pesca no estado do Amazonas - II. Locais, aparelhos de captura e estatísticas de desembarque. *Acta Amazonica*, vol. 8, no. 3, pp. 439-454. <https://doi.org/10.1590/1809-439219780832s005>.

PROJETO FRONTEIRAS, 2018 [viewed 2 June 2021]. *Mapas e informações gerais* [online]. Available from: <http://www.projetofronteiras.com.br/mapas/id/T1E9PQ==/Informacoes-gerais>

QUANTUM GIS - QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2020 [viewed 5 February 2021]. *QGIS Geographic Information System Open-Source Geospatial Foundation Project* [online]. Available from: <http://qgis.osgeo.org>

RABUFFETTI, A.P., ESPÍNOLA, L.A., AMSLER, P., FERREIRA, P., ABRIAL, E., BLETTLER, M.C.M. and AMSLER, M.L., 2022. Fishers' knowledge on a large floodplain river in South America. Contributions for sustainable management of inland fisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, vol. 402, no. 1, pp. 1-20. <https://doi.org/10.1007/s11160-022-09722-x>.

RENÓ, V. and NOVO, E., 2019. Forest depletion gradient along the Amazon floodplain. *Ecological Indicators*, vol. 98, no. 1, pp. 409-419. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.019>.

RIBEIRO, M.D., TERESA, F.B., and CASATTI, L., 2016. Use of functional traits to assess changes in stream fish assemblages across a habitat gradient. *Neotropical Ichthyology*, vol. 14, no. e140185, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20140185>.

SÁNCHEZ-BOTERO, J.I. and ARAUJO-LIMA, C.A.R.M., 2001. As macrófitas aquáticas como berçário para a ictiofauna da várzea do rio Amazonas. *Acta Amazonica*, vol. 31, no. 3, pp. 437-447. <https://doi.org/10.1590/1809-43922001313447>.

SCHMIDT, M.V.C., IKPENG, Y.U., KAYABI, T., SANCHES, R.A., ONO, K.Y. and ADAMS, C., 2021. Indigenous Knowledge and Forest Succession Management in the Brazilian Amazon: Contributions to Reforestation of Degraded Areas. *Frontiers in Forests and Global Change*, vol. 4, no. 1, pp. 1-21. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.605925>.

SILVANO, R.A.M. and HALLWASS, G., 2020. Participatory Research with Fishers to Improve Knowledge on Small-Scale Fisheries in Tropical Rivers. *Sustainability*, vol.12, no. 4487, pp. 1-24. <https://doi.org/10.3390/su12114487>.

SOUSA, K.N.S., FABRÉ, N.N. and BATISTA, V.S., 2009. Landscape variables affecting fishery yield in lake systems of the Central Amazon region, Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*, vol. 25, no. 1, pp. 294-298. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2008.01122.x>.

SOUSA, R.G.S., FLORENTINO, A.C. and PIÑEYRO, J.I.G., 2014. Inovação de Artefatos e Caracterização da Pesca do Camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) na Comunidade São Sebastião da Brasília - Parintins/AM. *Biota Amazônia*, vol. 4, no. 3, pp. 83-87. <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v4n3p83-87>.

TREGIDGO, D., BARLOW, J., POMPEU, P.S., ALMEIDA, M. and PARRY, L. 2017. Rainforest metropolis casts 1,000-km defaunation shadow. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 114, no. 32, pp. 8655-8659. <https://doi.org/10.1073/pnas.1614499114>. PMID: 28739913.

TREGIDGO, D., PARRY, L., BARLOW, J. and POMPEU, P.S., 2021. Urban market amplifies strong species selectivity in Amazonian artisanal fisheries. *Neotropical Ichthyology*, vol. 19, no. 3, pp. 1-20. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2021-0097>.

TVEITE, H., 2018 [viewed 5 March 2021]. *O plug-in do buffer QGIS Multi-distance versão 3.2.3* [online]. Available from: <http://plugins.qgis.org/plugins/MultiDistanceBuffer/>

4 CONCLUSÃO

- As populações amazônicas possuem elevadas taxas de consumo de pescado, especialmente as que vivem em regiões de rios de águas brancas distantes de grandes centros urbanos, porém as capturas são reguladas pela densidade populacional;
- As capturas da pesca de subsistência contribuem expressivamente para a captura total de pescado na Amazônia, evidenciando a importância dessa atividade que fornece proteína de qualidade a baixo custo para as populações;
- A paisagem amazônica varia de acordo com a região e o pulso de inundação;
- A variedade das espécies de peixes desembarcados entre as regiões analisadas possivelmente varia conforme a disponibilidade de habitats.
- Os pescadores de subsistência e comerciais possuem alto grau de dependência dos recursos hídricos, dessa forma sugere-se aumentar os esforços de conservação dos ecossistemas aquáticos, e conseqüentemente dos recursos pesqueiros para garantir a manutenção da segurança alimentar e econômica dos habitantes da região.
- A Amazônia é uma região de elevada importância e transfronteiriça, com isso os estudos e as ações de conservação necessitam ser projetados em macroescala considerando características intrínsecas de cada microrregião, o contexto socioeconômico, ecológico e as atividades que são importantes para os habitantes, de forma que diante de mudanças ambientais decorrentes de ações antrópicas esforços planejados de maneira eficaz sejam concretizados visando a manutenção de métricas de qualidade de vida humana.

5 SÍNTESE

As capturas da pesca de subsistência são elevadas, especialmente em ambientes de águas brancas com maior densidade populacional, indicando a importância dos recursos pesqueiros para os habitantes da Amazônia. Além disso, a diversidade na composição dos desembarques de pescarias comerciais possivelmente varia conforme a disponibilidade de habitat e o pulso de inundação. Considerando isso, e as ameaças provenientes de ações antrópicas que vem ocorrendo na região é sugerido aumentar os esforços de conservação dos ecossistemas aquáticos para manutenção da segurança alimentar e econômica dos habitantes da Amazônia.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Saber, A.N. 2002. Amazônia brasileira: Bases para o estudo dos ecossistemas da Amazônia brasileira. *Estudos Avançados*, 16(45): 7-30.
- Adams, C.; Murrieta, R.S.S.; Sanches, R.A. 2005. Agricultura e alimentação em populações ribeirinhas das várzeas do Amazonas: Novas Perspectivas. *Ambiente e Sociedade*, 8(1): 1-23.
- Agostinho, A.A.; Júlio Jr., H.F.; Petrere Jr., M. 1994. Itaipu reservoir (Brazil): impacts of the impoundment on the fish fauna and fisheries. In: Cowx, I.G. (Ed.) *Rehabilitation of Freshwater Fisheries*. Blackwell of Oxford, United Kingdom, p. 171-184.
- Almeida, M.C. 2018. *Pesca, consumo de proteínas e economia no rio Xingu, Amazônia brasileira*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará. 156pp.
- Almeida, O.; Lorenzen, K.; McGrath, D.; Amaral, L.; Rivero, S. 2010. Importância econômica do setor pesqueiro na calha do rio Amazonas-Solimões. *Papers do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA)*, 19(1): 1-15.
- Arantes, C.; Winemiller, K.; Petrere, M.; Castello, L.; Freitas, C.E.C.; Hess, L. 2017. Relationships between forest cover and fish diversity in the Amazon River floodplain. *Journal of applied ecology*, 55(1): 386-395.
- Arantes, C.C.; Fitzgerald, D.B.; Hoeninghaus, D.J.; Winemiller, K. O. 2019. Impacts of hydroelectric dams on fishes and fisheries in tropical rivers through the lens of functional traits. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 37: 28-40.
- Arantes, C.C.; Winemiller, K.O.; Asher, A.; Castello, L.; Hess, L.L.; Petrere Jr., M.; Freitas, C.E.C. 2019. Floodplain land cover affects biomass distribution of fish functional diversity in the Amazon River. *Scientific Reports*, 9(16684): 1-13.
- Armijos, E.; Crave, A.; Espinoza, J.C.; Filizola, N.; Villar-Espinoza, R.; Ayes, I.; Fonseca, P.; Fraizy, P.; Gutierrez, O.; Vauchel, P. 2020. Rainfall control on Amazon sediment flux: synthesis from 20 years of monitoring. *Environmental Research Communications* 2(1): 051008.
- Arthington, A.H.; Dulvy, N.K.; Gladstone, W.; Winfield, I.J. 2016. Fish conservation in freshwater and marine realms: status, threats and management. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 26(5), 838-857.
- Azevedo, L.S.; Pestana, I.A.; Nascimento, L.; Oliveira, R.C.; Bastos, W.R.; Di Benedetto, A.P.M. 2022. Risk of exposure to Hg and pesticides residues in a traditional fishing community in the Amazon: a probabilistic approach based on dietary pattern. *Environmental Science and Pollution Research*, 29: 34164–34173.
- Balbi, S.; Selomane, O.; Sitas, N.; Blanchard, R.; Kotzee, I.; O'Farrell, P.; Villa, F. 2019. Human dependence on natural resources in rapidly urbanising South African regions. *Environmental Research Letters*, 14(4): 044008.
- Barros, D.F.; Petrere Jr, M.; Lecours, V.; Butturi-Gomes, D.; Castello, L.; Isaac, V.J. 2020. Effects of deforestation and other environmental variables on floodplain fish catch in the Amazon. *Fisheries Research*, 230: 105643.

- Barthem, R.B.; Goulding, M. 2007. *Um ecossistema inesperado: A Amazônia revelada pela pesca*. Amazon Conservation Association (ACA), Sociedade Civil Mamirauá. Tefé, Amazonas. 241pp.
- Bartley, D.; De Graaf, G.; Valbo-Jørgensen, J.; Marmulla, G. 2015. Inland capture fisheries: Status and data issues. *Fisheries Management and Ecology*, 22: 71-77.
- Bastos, W.R.; Gomes, J.P.O.; Oliveira, R.C.; Almeida, R.; Nascimento, E.L.; Bernardi, J.V.E.; Lacerda, L.D.; Silveira, E.G.; Pfeiffer, W.C. 2006. Mercury in the environment and riverside population in the Madeira River Basin, Amazon, Brazil. *Science of the Total Environment*, 368(1): 344 - 351.
- Batista, V.S.; Inhamuns, A.J.; Freitas, C.E.; Freire-Brasil, D. 1998. Characterization of the fishery in river communities in the low-Solimões/high-Amazon region. *Fisheries Management and Ecology*, 5(5): 419 - 435.
- Batista, V.S.; Isaac, V.J.; Fabré, N.N.; Alonso, J.C.; Almeida, O.T.; Rivero, S.; Oliveira-Júnior, J.N.; Ruffino, M.L.; Silva, C.O.; Saint-Paul, U. 2012. *Peixes e pesca no Solimões-Amazonas: uma avaliação integrada*. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) - Projeto Manejo dos Recursos Naturais da Várzea (ProVárzea), Brasília, Brasil. 276pp.
- Batista, V.S.; Isaac, V.J.; Viana J.P. 2004. Exploração e manejo dos recursos pesqueiros da Amazônia. In: Ruffino, M.L. (Ed.). *A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia Brasileira*. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Manaus, Amazonas. p. 63-151.
- Bayley, P.B. 1981. Fish Yield from the Amazon in Brazil: Comparisons with African River Yields and Management Possibilities. *Transactions of the American Fisheries Society*, 110(3): 351-359.
- Bayley, P.B.; Petrere, M. 1989. Amazon Fisheries: Assessment Methods, Current Status, and Management Options. In: Dodge, D.P. (Ed.). *Proceedings of the International Large River Symposium*. Canadian Special Publication Fisheries Aquatic Sciences, Toronto, Ontario. p. 385-398.
- Begossi, A.; Salivonchyk, S.V.; Hallwass, G.; Hanazaki, N.; Lopes, P.F.M.; Silvano, R.A.M.; Dumaresq, D.; Pittock, J. 2019. Fish consumption on the Amazon: a review of biodiversity, hydropower and food security issues. *Brazilian Journal of Biology*, 79(2): 345-357.
- Béné, C.; Steel, E.; Luadia, B.K. et al. 2009. Fish as the “Bank in the Water”—Evidence from Chronic-Poor Communities in Congo. *Food policy* 34: 108-118.
- Berkes F. 1990. Native subsistence fisheries: a synthesis of harvest studies in Canada. *Arctic*, 43(1): 35–42.
- Beser de Deus, L.A.; Motta dos Santos, C.S.; Vasconcelos de Freitas, M.A. 2011. A utilização de sistema de informação geográfica como suporte ao gerenciamento de bacias hidrográficas transfronteiriças - SIG GEOAMAZONAS. *Revista Geográfica de América Central*, 2(2): 1-17.

- Blackman, A.; Corral, L.; Lima, E.S.; Asner, G.P. 2017. Titling indigenous communities protects forests in the Peruvian Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(16): 4123-4128.
- Bocard, D.; Gillet, F.; Legendre, P. 2011. *Numerical ecology with R*. Springer New York Dordrecht London Heidelberg, New York, EUA. 306pp.
- Boischio, A.A.P.; Henshel, D. 2000. Fish consumption, fish lore, and Mercury pollution - risk Communication for the Madeira River People. *Environmental Research Section A*, 84: 108 - 126.
- Bogotá-Gregory, J.D.; Lima, F.C.T.; Correa, S.B.; Oliveira, C.S.; Jenkins, D.G.; Ribeiro, F.R.; Lovejoy, N.R.; Reis, R.E.; Crampton, W.G. R. 2020. Biogeochemical water type influences community composition, species richness, and biomass in megadiverse Amazonian fish assemblages. *Nature*, 10(15349): 1-15.
- BRASIL. Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009. Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 1-4, 30 jun. 2009.
- Camargo, E.C.G.; Fucks, S.D.; Câmara, G. 2002. *A análise espacial de superfícies*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, São Paulo. 38pp.
- Cardoso, M.C.; Silva, R.E.; Silva, A.D.B.; Chiba, H.S.A. 2018. Pescadores artesanais, conflito de interesses e os recursos pesqueiros vistos como capital natural crítico: o caso do Lago do Juá em Santarém, Pará. *O Social em Questão*, 21(40): 309-332.
- Cardoso, M.S.G.; Scherer, E.F.; Vasconcelos, B.R. 2016. Complexo Macuricanã: territorialidades dos pescadores artesanais da comunidade do Divino Espírito Santo Parintins-AM. *Revista Eletrônica Mutações*, 19(1): 280-291.
- 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(4): 217-229.
- Castello, L.; Hess, L.L.; Thapa, R.; McGrath, D.G.; Arantes, C.C.; Renó, V.F.; Isaac, V. 2017. Fishery yields vary with land cover on the Amazon River floodplain. *Fish and fisheries*, 19(3): 431 – 440.
- Castello, L. 2021. Science for conserving Amazon freshwater ecosystems. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 31(5): 999-1004.
- Cordeira, R.G.P.; Ruffino, M.L.; Isaac, V.J. 1997. Consumo de pescado e outros alimentos pela população ribeirinha do lago Grande de Monte Alegre, PA, Brasil. *Acta Amazonica*, 27(3): 213-228.
- Claro Jr., L.; Ferreira, E.; Zuanon, J.A.; Araujo-Lima, C. 2004 O efeito da floresta alagada na alimentação de três espécies de peixes onívoros em lagos de várzea da Amazônia central, Brasil. *Acta Amazonica*, 34(1): 133-137.
- Companhia de Desenvolvimento do Estado do Amazonas - CIAMA, 2020. Marco jurídico-institucional, medidas mitigatórias e estratégia de participação e desenvolvimento para os povos

- indígenas (http://www.ciama.am.gov.br/wp-content/uploads/2020/10/marco_juridico_IPP.pdf). Acesso: 20/02/2022.
- Cooke, S.J.; Hogan, Z.S.; Butcher, P.A.; Stokesbury, M.J.; Raghavan, R.; Gallagher, A.J.; Hammerschlag, N.; Danylchuk, A.J. 2016. Angling for endangered fish: conservation problem or conservation action? *Fish and Fisheries*, 17(1): 249-265.
- Corrêa, M.A.A.; Kahn, J.R.; Freitas, C.E.C. 2012. A pesca no município de Coari, estado do Amazonas. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, 6(2): 1-12.
- Costanza, R.; Groot, R.; Sutton, P.; Ploeg, S.; Anderson, S.J.; Kubiszewski, I.; Farber, S.; Turner, R.K. 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26(1): 152-158.
- Dagosta, F.C.P.; De Pinna, M.C. 2019. The Fishes of the Amazon: Distribution and Biogeographical Patterns, with a Comprehensive List of Species. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 1(431): 1-163.
- Dórea, J.; Barbosa, A.C.; Ferrari, I.; Souza, J.R. 2003. Mercury in hair and in fish consumed by riparian women of the Rio Negro, Amazon, Brazil. *International Journal of Environmental Health Research*. 13: 239 - 248.
- Doria, C.R.C.; Machado-Neto, L.F.; Souza, S.T.B.; Lima, M.A.L. 2016. A pesca em comunidades ribeirinhas na região do médio rio Madeira, Rondônia. *Novos Cadernos NAEA*, 19(3): 163-188.
- Dufour, D.L.; Piperata, B.A.; Murrieta, R.S.S.; Wilson, W.M.; Williams, D.D. 2016. Amazonian foods and implications for human biology. *Annals of Human Biology*, 43(4): 330-348.
- Duponchelle, F.; Isaac, V.J.; Doria, C.; Van Damme, P.A.; Herrera-R, G.A.; Anderson, E.P.; Cruz, R.E.A.; Hauser, M.; Hermann, T.W.; Agudelo, W.; Castillo, C.B.; Barthem, R.; Freitas, C.E.C.; Garcia-Dávila, C.; García-Vasquez, A.; Renno, J.F.; Castello, L. 2021. Conservation of migratory fishes in the Amazon basin. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems*, 31(5): 1087–105.
- Ebbin, S.A. 2017. Fishing for food: piloting an exploration of the invisible subsistence harvest of coastal resources in Connecticut. *Agriculture & Food Security*, 6(12): 1 - 10.
- Espinoza-Villar, R.; Martinez, J.M.; Armijos, E.; Espinoza, J.C.; Filizola, N.; Santos, A.; Willems, B.; Fraizy, B.; Santini, P.; Vauchel, P. 2018. Spatio-temporal monitoring of suspended sediments in the Solimões River (2000-2014). *Comptes Rendus Geoscience*, 350(1): 4-12.
- Fabré, N.N.; Alonso, J.C. 1998. Recursos ícticos no Alto Amazonas: sua importância para as populações ribeirinhas. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi*, 14(1): 19 - 55.
- Faria-Junior, C.H.; Batista, V.S. 2019. Frota pesqueira comercial na Amazônia Central: composição, origem, espécies exploradas e mercado. *Revista Agroecossistemas*, 11(1): 146-168.
- Finer, M.; Jenkins, C.N. 2012. Proliferation of hydroelectric dams in the Andean Amazon and its implications for Andes-Amazon connectivity. *Plos One*, 7(4): e35126.

- Fluet-Chouinard, E.; Funge-Smith, S.; McIntyre, P.B. 2018. Global hidden harvest of freshwater fish revealed by household surveys. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(29): 7623 - 7628.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO, 2020. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action*. FAO, Rome, Italy. 244p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. 2022. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation*. FAO, Rome, Italy. 266p.
- Fossile, T.; Ferreira, J.; Bandeira, D.R.; Figuti, L.; Dias-da-Silva, S.; Hausmann, N.; Robson, H.K.; Orton, D.; Colonese, A.C. 2019. Pre-Columbian fisheries catch reconstruction for a subtropical estuary in South America. *Fish and Fisheries*, 20(6): 1124-1137.
- Freitas, C.E.C.; Batista, V.S. A pesca e as populações ribeirinhas da Amazônia Central. *Brazilian Journal of Ecology*, 3(2): 31-39.
- Freitas, C.E.C.; Rivas A.A.F. 2006. A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia ocidental. *Ciência e Cultura versão online*, 58(3): 30-32.
- Freitas, C.E.C.; Laurenson, L.; Yamamoto, K.C.; Forsberg, B.R.; Petrere Jr., M.; Arantes, C.; Siqueira-Souza, F.K. 2018. Fish species richness is associated with the availability of landscape components across seasons in the Amazonian floodplain. *PeerJ*, 6: e5080.
- Freitas, C.E.C.; Antonaccio, G.L.P.; Santos, G.M. 2020. Pesca na Amazônia: oportunidades e desafios. In: Santos, G.M.; Pereira, A.M.R.F. (Eds). Grupo de Estudos Estratégicos Amazônicos - TOMO XVI - Pesca na Amazônia: oportunidades e desafios/Fome no mundo: desafios do século XXI. INPA, Manaus, Amazonas. 52pp.
- Funge-Smith, S.; Bennett, A. 2019. A fresh look at inland fisheries and their role in food security and their role in food security and livelihoods. *Fish and Fisheries*, 20(6): 1176-1195.
- Gama, A.S.M.; Fernandes, T.G.; Parente, R.C.P.; Secoli, S.R. 2018. Inquérito de saúde em comunidades ribeirinhas do Amazonas, Brasil. *Caderno de Saúde Pública*, 34(2): 1-16.
- Gardiman Junior, B.S.; Magalhães, I.A.L.; Freitas, C.C.A.; Cecílio, R.A. 2012. Análise de técnicas de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na bacia do rio Itapemirim (ES). *Revista Ambientia*, 8(1): 61- 71.
- Giugliano, R.; Shrimpton, R.; Arkcolf, D.B.; Giugliano, L.G.; Petrere Jr., M. 1978. Diagnóstico da realidade alimentar e nutricional do Estado do Amazonas, 1978. *Acta Amazonica*, 8(2): 1-54.
- Giugliano, R.; Giugliano, L.G.; Shrimpton, R. 1981. Estudos nutricionais das populações rurais da Amazônia. I - Várzea do rio Solimões. *Acta Amazonica*, 11(4): 773-788.
- Giugliano, R.; Shrimpton, R.; Marinho, H.A.; Giugliano, L.G. 1984. Estudos nutricionais das populações rurais da Amazônia. II. Rio Negro. *Acta Amazonica*, 14(3-4): 427-449.
- Gloria, P.; Piperata, B.A. 2019. Modos de vida dos ribeirinhos da Amazônia sob uma abordagem biocultural. *Ciência & Cultura*, 71(2): 45-51.

- Gonçalves, R.M.; Domingos, I. M. 2019. População ribeirinha no Amazonas e a desigualdade no acesso à saúde. *Revista de Estudos Constitucionais, Hermenêutica e Teoria do Direito*, 11(1): 99-108.
- Google Earth, 2020. Website online (<http://earth.google.com/>). Acesso: 05/06/2021.
- Goulding, M., 1980. *The fishes and the forest: Explorations in Amazonian natural history*. Berkeley, CA: University of California Press. 280 p.
- Goulding, M.; Venticinque, E.; Ribeiro, M.L.B.; Barthem, R.B.; Leite, R.G.; Forsberg, B.; Petry, P.; Silva-Júnior, U.L.; Ferraz, P.S.; Cañas, C. 2018. Ecosystem-based management of Amazon fisheries and wetlands. *Fish and Fisheries*, 20(1): 138-158.
- Gregory, G.; Coomes, O.T. 2019. Protected areas fund rural household dispersal to urban areas in riverine Amazonia. *Human Ecology*, 47(1): 291-301.
- Guimaraes, J.R.D.; Fostier, A.H.; Forti, M.C.; Melfi, J.A.; Kehrig, H.; Mauro, J.B.N.; Malm, O.; Krug, J.F. 1999. Mercury in human and environmental samples from two lakes in Amapá, Brazilian Amazon. *Ambio*, 28(4): 296-301.
- Haddad, N.M.; Brudvig, L.A.; Clobert, J.; Davies, K.F.; Gonzalez, A.; Holt, R.D.; Lovejoy, T.E.; Sexton, J.O.; Austin, M.P.; Collins, C.D.; Cook, W.M.; Damschen, E.I.; Ewers, R.M.; Foster, B.L.; Jenkins, C.N.; King, A.J.; Laurance, W.F.; Levey, D.J.; Margules, C.R.; Melbourne, B.A.; Nicholls, A.O.; Orrock, J.L.; Song, D.; Townshend, J.R. 2015. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances*, 1: e1500052.
- Hallwass, G.; Silvano, R.A.M. 2015. Patterns of selectiveness in the Amazonian freshwater fisheries: implications for management. *Journal of Environmental Planning and Management*, 59(9): 1537-1559.
- Hallwass, G.; Schiavetti, A.; Silvano, R.A.M. 2019. Fishers' knowledge indicates temporal changes in composition and abundance of fishing resources in Amazon protected áreas. *Animal Conservation*, 23(1): 36-47.
- Hess, L.L.; Melack, J.M.; Novo, E.M.L.M.; Barbosa, C.C.F.; Gastil, M. 2003. Dual-season mapping of wetland inundation and vegetation for the central Amazonbasin. *Remote Sensing of Environment*, 87(4): 404-428.
- Hess, L.L.; Melack, J.M.; Affonso, A.G.; Barbosa, C. 2015. Wetlands of the Lowland Amazon Basin: Extent, Vegetative Cover, and Dual-season Inundated Area as Mapped with JERS-1 Synthetic Aperture Radar. *Wetlands*, 35(4): 745-756.
- Hora, N.; Moreira, Á. 2019. Importância comercial e de subsistência da pesca para comunidades da várzea do Baixo Amazonas. *Enciclopédia Biosfera*, 16(30): 346-360.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. 2016. *Grade Estatística*. IBGE, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 31pp.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2021. IBGE Cidades [online] (<https://cidades.ibge.gov.br/>). Acesso: 19/06/2022.
- Isaac, V.J.; Almeida, M.C. 2011. *El Consumo de pescado en la Amazonía brasileña*. COPESCAALC Documento Ocasional. No 13, FAO, Roma, Italy. 43pp.

- 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.
- Isaac, V.C.J.; Castello, L.; Santos, P.R.B.; Ruffino, M.L. 2016. Seasonal and interannual dynamics of river-floodplain multispecies fisheries in relation to flood pulses in the Lower Amazon. *Fisheries Research*, 183(1): 352-359.
- Jimenez, K.Q.; Domecq, F.M. 2008. Estimacão de chuva usando métodos de interpolao. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 16pp.
- Junk, W.J.; Bayley, P.B.; Sparks, R.E. 1989. The flood pulse concept in river - floodplain systems. In: Dodge, D.P. (Ed). Proceedings of the International Large River Symposium. Canadian Special Publication Fisheries Aquatic Sciences, Toronto, Ontario, 106: 110-127.
- Junk, W.J.; Piedade, M.T.F. 1993. Biomass and primary production of herbaceous plants communities in the Amazon floodplain. *Hydrobiologia*, 263(3): 155-162.
- Junk, W.J.; Piedade, M.T.F. Schongart, J.; Cohn-Haft, M.; Adeney, J.M.; Wittmann, F. 2011. A Classification of Major Naturally-Occurring Amazonian Lowland Wetlands. *Wetlands*, 31(4): 623-640.
- Junk, W.J.; Piedade, M.T.F.; Wittmann, F.; Schongart, J. 2020. *Várzeas Amazônicas: Desafios para um Manejo Sustentável*. Editora do INPA, Manaus, Amazonas. 310pp.
- Junk, W.J.; Soares, M.G.M.; Bayley, P.B. 2007. Freshwater fishes of the Amazon River basin: their biodiversity, fisheries, and habitats. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 10(2): 153 - 173.
- Junk, W.J.; Wittmann, F.; Schongart, J.; Piedade, M.T.F. 2015. A classification of the major habitats of Amazonian blackwater river floodplains and a comparison with their white-water counterparts. *Wetlands Ecology and Management*, 23(1): 677-693.
- Kehrig, H.A.; Malm, O.; Akagi, H.; Guimarães, J.R.D.; Torres, J.P.M. 1998. Methylmercury in fish and hair samples from the Balbina Reservoir, *Brazilian Amazon*. *Environmental Research Section A*, 77: 84 - 90.
- Keppeler, F.W.; Souza, A.C.; Hallwass, G.; Begossi, A.; Almeida, M.C.; Isaac, V.J.; Azevedo, R.; Silvano, 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(5): 1030 - 1043.
- Landim, P.M.B. 2000. *Introduo aos métodos de estimaco espacial para confeco de mapas*. UNESP, Rio Claro, São Paulo. 20pp.
- Latrubesse, E.M.; Franzinelli, E. 2002. The Holocene alluvial plain of the middle Amazon River, Brazil. *Geomorphology*, 44(3-4): 241-257.
- Libre Office The Document Foundation. 2021. Libre Office 7.2.7 (<https://pt-br.libreoffice.org/baixa-ja/libreoffice-novo/>). Acesso em: 02/01/2022.

- Lo, M.; Reed, J.; Castello, L.; Steel, E.A.; Frimpong, E.A.; Ickowitz, A. 2020. The influence of forests on freshwater fish in the tropics: A systematic review. *BioScience*, 70(5): 404-414.
- Lobón-Cervia, J.; Hess, L.L.; Melack, J.M.; Araujo-Lima, C.A.R.M. 2015. The association between forest cover and fish abundance on the Amazon floodplain. *Hydrobiologia*, 750(1): 245-255.
- Longin, G.; Fontenelle, G.; Beaufort, L.B.; Delord, C.; Launey, S.; Rinaldo, R.; Lassalle, G.; Le Bail, Y.; Roussel, J.M. 2021. When subsistence fishing meets conservation issues: Survey of a small fishery in a neotropical river with high biodiversity value. *Fisheries Research*, 241: 105995.
- Lopes, G.C.S.; Catarino, M.F.; Lima, A.C.; Freitas, C.E.C. 2016. Small-scale fisheries in the amazon basin: general patterns and diversity of fish landings in five sub-basins. *Boletim Instituto de Pesca*, 42(4): 895-909.
- Lopes, G.C.S.; Catarino, M.F.; Castello, L.; Freitas, C.E.C. 2020. Amazon commercial fishing dynamics: a space macroscale analysis on fishing variables. *Brazilian Journal of Development*, 6(1): 6025-6044.
- Lynch, A.J.; Cooke, S.J.; Deines, A.M.; Bower, S.D.; Bunnell, D.B.; Cowx, I.G.; Nguyen, V.M.; Nohner, J.; Phouthavong, K.; Riley, B.; Rogers, M.W.; Taylor, W.W.; Woelmer, W.; Youn, S.; Beard Jr., T.D. 2016. The social, economic, and environmental importance of inland fish and fisheries. *Environmental Reviews*, 24(2): 115 - 121.
- Lynch, A. J., Elliott, V., Phang, S. C., Claussen, J. E., Harrison, I., Murchie, K. J., Ashley Steel, E.; Stokes, G. L. 2020. Inland fish and fisheries integral to achieving the Sustainable Development Goals. *Nature Sustainability*, 3(8): 579 - 587.
- Machado, C.L.R.; Crespo-Lopez, M.E.; Augusto-Oliveira, M.; Arrifano, G.P.; Macchi, B.M.; Lopes-Araújo, A.; Santos-Sacramento, L.; Souza-Monteiro, J.R.; Alvarez-Leite, J. I.; Souza, C.B.A. 2021. Eating in the Amazon: Nutritional Status of the Riverine Populations and Possible Nudge Interventions. *Foods*, 10(5): 1015.
- Matos, O.F.; Pereira, D.V.; Lopes, G.C.S.; Freitas, C.E.C.; Siqueira-Souza, F.K. 2021. Características da frota e avaliação do desembarque de pescado na Amazônia Central. In: CORDEIRO, C.A.M.; SAMPAIO, D.S.; HOLANDA, F.C.A.F. (Org). Engenharia de Pesca: aspectos teóricos e práticos. Editora Científica Digital, Guarujá, São Paulo. p. 117-137.
- McGrath, D.G.; Calabra, J.; Amaral, B. do; Futemma, C.; Castro, F. 1991. *Varzeiros, geleiros e o manejo dos recursos naturais na várzea do Baixo Amazonas*. UFPA, NAEA, Belém, Pará. 36pp.
- Mello, C.R.; Lima, J.M.; Silva, A.M.; Mello, J.M.; Silva, M.S. 2003. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27(5): 925-933.
- Mendes, V.A.; Carvalho, D.P.; Almeida, R.; Recktenvald, M.C.N.N.; Pedrosa, O.P.; Sousa-Filho, I.F.; Dórea, J.G.; Bastos, W.R. 2021. Mercury in blood, hair, and feces from subsistence fish-eating riverines of the Madeira River Basin (Western Amazon). *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 67: 126773.

- Mérona, B. 1993. Pesca e ecologia dos recursos aquáticos na Amazônia. In: Furtado, L.G.; Mello, A.F.; Leitão, W. (Eds). Povos das águas: realidade e perspectiva na Amazônia. MPEG/UFPA, Belém, Pará. p. 159-185.
- Mérona, B.; Juras, A.A.; Santos, G.M.; Cintra, I.H.A. 2010. Os peixes e a pesca no baixo Rio Tocantins: vinte anos depois da UHE Tucuruí. Eletronorte/IRD/INPA/UFRA, Tucuruí, Pará. 208pp.
- Mertes, L.A.K.; Daniel, D.L.; Melack, J.M.; Nelson, B.W.; Martinelli, L.A.; Forsberg, B.R. 1995. Spatial patterns of hydrology, geomorphology, and vegetation on the floodplain of the Amazon River in Brazil from a remote sensing perspective. *Geomorphology*, 13(1-4): 215-232.
- Mertes, L.A.K.; Dunne, T.; Martinelli, L.A. 1996. Channel-floodplain geomorphology along the Solimões-Amazon River, Brazil. *Bulletin of the Geological Society of America*, 108(9): 1089-1107.
- Ministério da Pesca e Aquicultura - MPA. 2012. *Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura de 2011*. MPA, Brasília, Brasil. 60pp.
- Minn, M. 2021. MMQGIS versão 2021.9.10 (<https://plugins.qgis.org/plugins/mmqgis/>). Acesso: 24/05/2018.
- Mitlewski, B.; Oliveira, P.R.S.; Ruffino, M.L.; Castro, F. 1999. Lago Jauari/dos Botos. Resultados do censo estatístico comunitário. In: Edições IBAMA. Recursos pesqueiros do Médio Amazonas: Abordagem socioeconômica. IBAMA, Brasília, Brasil. p. 111-163.
- Nahum, J.S.; Ferreira, D.S. 2019. Entre as margens dos rios e asmarchas da história: espaço e sociedade ribeirinha na Amazônia. *Revista PerCursos* 20(43): 39 -65.
- Nguyen, V.K.; Pittock, J.; Connell, D. 2019. Dikes, rice, and fish: how rapid changes in land use and hydrology have transformed agriculture and subsistence living in the Mekong Delta. *Regional Environmental Change*, 19: 2069-2077.
- Nonato, F.A.S.; Michelan, T.S.; Freitas, P.V.; Maia, C.; Montag, L.F.A. 2021. Heterogeneity of macrophyte banks affects the structure of fish communities in flooded habitats of the Amazon Basin. *Aquatic Ecology*, 55(1): 215 - 226.
- Oberdorff, T.; Dias, M.S.; Jézéquel, C.; Albert, J.S.; Arantes, C.C.; Bigorne, R.; Carvajal-Valleros, F.M.; Wever, A.; Frederico, R.G.; Hidalgo, M.; Hugueny, B.; Leprieur, F.; Maldonado, M.; Maldonado-Ocampo, J.; Martens, K.; Ortega, H.; Sarmiento, J.; Tedesco, P.A.; Torrente-Vilara, G.; Winemiller, K.O.; Zuanon, J. 2019. Unexpected fish diversity gradients in the Amazon basin. *Science Advances*, 5(9): 1-9.
- Oliveira, D.F. 2018. *Avaliação do risco à saúde de indígenas amazônicos pelo consumo de peixes, carne de caça e vegetais contendo mercúrio*. Tese de Doutorado, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho – Rondônia. 168pp.
- Oksanen, J.; Blanchet, F.G.; Kindt, R.; Legendre, P.; Minchin, P.R.; O'hara, R.B.; Simpson, G.L.; Solymos, P.; Stevens, M.H.H.; Wagner, H. 2016. Vegan Community Ecology Package. R Package Version 2.3-5 [online] (<https://rdr.io/rforge/vegan/>). Acesso: 02/02/2021.

- Paiva, E.J.S.; Silva, R.G.C. 2020. Territórios pesqueiros na Amazônia: dinâmica de pescadores comerciais e de subsistência em comunidade ribeirinha da tríplice fronteira Colômbia-Brasil-Peru. *Revista Cerrados*, 18(2): 395-423.
- Pantoja, G.G. 2006. *Acordo de pesca: instrumento para a co-gestão do uso dos recursos pesqueiros no município de Parintins-Am*. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 112pp.
- Passos, C.J.S.; Silva, D.S.; Lemire, M.; Fillion, M.; Guimarães, J.R.D.; Lucotte, M.; Mergler, D. 2008. Daily Mercury intake in fish-eating populations in the Brazilian Amazon. *Journal of Exposure and Environmental Epidemiology*, 18: 76-87.
- Pereira, D.V.; Arantes, C.C.; Sousa, K.N.S.; Freitas, C.E.C. 2022. Relationships between fishery catch rates and land cover along a longitudinal gradient in floodplains of the Amazon River. *Fisheries Research*, 258:10652. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2022.106521>
- Pereira, D.V.; Silva, L.F.; Sousa, K.N.S. 2019. Distribuição espacial dos sítios de captura registrados nos polos de desembarque pesqueiro no município de Santarém (Pará-Brasil). *Biota Amazonia*, 9(1): 43-47.
- Pereira, H.S. 2007. A dinâmica da paisagem socioambiental das várzeas do rio Solimões-Amazonas. In: Fraxe T.J.P.; Pereira, H.S.; Witkoski, A.C. (Org.). Comunidades ribeirinhas amazônicas: modos de vida e uso dos recursos naturais. EDUA, Manaus, Amazonas. p. 11-30.
- Petrere Jr., M. 1978. Pesca e esforço de pesca no Estado do Amazonas I - Esforço e captura por unidade de esforço. *Acta Amazonica*, 8(3): 439 - 454.
- Petrere Jr., M. 1978. Pesca e esforço de pesca no Estado do Amazonas II - Locais e aparelhos de captura e estatística de desembarque. *Acta Amazonica*, 8(3): 1 - 54.
- Petrere Jr., M. 1985. A pesca comercial no Rio Solimões-Amazonas e seus afluentes: análise dos informes do pescado desembarcado no Mercado Municipal de Manaus (1976-1978). *Ciência e Cultura*, 37(12): 1987 - 1999.
- Piedade, M.T.F.; Val, V.M.F.A.; Lopes, A.; Henrique, H.S.; Fé, L.M.L.; Wittmann, F. 2014. *Organismos aquáticos e de áreas úmidas em uma Amazônia em transição*. *Ciência e Cultura*, 66(3): 34 – 40.
- Pinaya, W.H.D.; Lobon-Cerviá, F.J.; Pita, P.; Souza, R.B.; Freire, J.; Isaac, V.J. 2016. Multispecies fisheries in the Lower Amazon river and its relationship with the regional and global climate variability. *Plos One*, 11(6): e0157050.
- Projeto Fronteiras, 2018. Mapas e informações gerais [online] (<http://www.projetofronteiras.com.br/mapas/id/T1E9PQ==/Informacoes-gerais>). Acesso: 02/06/2021
- QGIS Development Team, 2022. QGIS Geographic Information System. Open-Source Geospatial Foundation Project (<http://qgis.osgeo.org>). Acesso: 14/08/2020.
- Rabuffetti, A.P.; Espínola, L.A.; Amsler, P.; Ferreira, P.; Abrial, E.; Blettler, M.C.M.; Amsler, M.L. 2022. Fishers' knowledge on a large floodplain river in South America. Contributions for

- sustainable management of inland fisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 402(1): 1-20.
- Raykov, V.; Kotsev, I.S. 2019. GIS-aided spatial analysis of fish abundance and biomass in the Bulgarian Black Sea. *In: Georgiev, P.; Soares, C. G. (Ed). Sustainable Development and Innovations in Marine Technologies*. CRC Press, Londres, Reino Unido. p. 612-616.
- Renó, V.; Novo, E. 2019. Forest depletion gradient along the Amazon floodplain. *Ecological Indicators*, 98(1): 409-419.
- Ribeiro, M.D.; Teresa, F.B.; Casatti, L. 2016. Use of functional traits to assess changes in stream fish assemblages across a habitat gradient. *Neotropical Ichthyology*, 14: e140185.
- Ríos-Villamizar, E.A.; Piedade, M.T.F.; Costa, J.G.; Adeney, J.M.; Junk, W.J. 2014. Chemistry of different Amazonian water types for river classification: a preliminary review. *Transactions on Ecology and The Environment*, 178(1): 17-28.
- Röpke, C.P.; Amadio, S.; Zuanon, J.; Ferreira, E.J.; Deus, C.P.D.; Pires, T.H.; Winemiller, K.O. 2017. Simultaneous abrupt shifts in hydrology and fish assemblage structure in a floodplain lake in the central Amazon. *Scientific Reports*, 7(1): 1-10.
- Ruffino, M.L. 2004. *A pesca e o recursos pesqueiros na Amazônia brasileira*. 1. ed. Ibama/ProVárzea, Manaus, Amazonas. 272pp.
- Ruffino, M.L. 2008. Sistema integrado de estatística pesqueira para a Amazônia. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 3(3): 193-204.
- Sánchez-Botero, J.I.; Araujo-Lima, C.A.R.M. 2001. As macrófitas aquáticas como berçário para a ictiofauna da várzea do rio Amazonas. *Acta Amazonica*, 31(3): 437-447.
- Sanderson, E.W.; Walston, J.; Robinson, J. 2018. From Bottleneck to Breakthrough: Urbanization and the Future of Biodiversity Conservation. *BioScience*, 68(6): 1 - 15.
- Santos, G.M.; Santos, A.C.M. 2005. Sustentabilidade da pesca na Amazônia. *Estudos Avançados*, 19(54): 165-182.
- Schmidt, M.V.C.; Ikpeng, Y.U.; Kayabi, T.; Sanches, R.A.; Ono, K.Y.; Adams, C. 2021. Indigenous Knowledge and Forest Succession Management in the Brazilian Amazon: Contributions to Reforestation of Degraded Areas. *Frontiers in Forests and Global Change*, 4(1): 1-21.
- Schor, T. 2015. Redes, fluxos e abastecimento de comida no Alto Solimões/Am: Reflexões sobre o papel das cidades e da produção rural no desenvolvimento local. *Revista Terceira Margem Amazônia*, 1(5): 89-109.
- Silva, L.S.; Alves, H.S.; Silva, D.W.; Romano, M.L.P.C. 2020. Alimentação na várzea amazônica: estudo dos hábitos alimentares de famílias ribeirinhas do município de Alenquer-PA. *Revista Ciências da Sociedade (RCS)*, 4(7): 177 - 206.
- Silva, P.B.; Arantes, C.C.; Freitas, C.E.C.; Petreire Jr., M.; Ribeiro, F.R.V. Seasonal hydrology and fish assemblage structure in the floodplain of the lower Amazon River. *Ecology of Freshwater Fish*, 30(2): 162 - 173.

- Silvano, R.A.M.; Hallwass, G. 2020. Participatory Research with Fishers to Improve Knowledge on Small-Scale Fisheries in Tropical Rivers. *Sustainability*, 12(4487): 1-24.
- Sioli, H. 1984. Limnology and landscape ecology of a might tropical river and its basin. *In*: Junk, W. (Ed.). *The Amazon*. Springer, Dordrecht, Holanda. p.127-165.
- Siqueira-Souza, F.K.; Freitas, C.E.; Hurd, L.E.; Petrere, M. 2016. Amazon floodplain fish diversity at different scales: do time and place really matter? *Hydrobiologia*, 776(1): 99 - 110.
- Sirén, A.; Valbo-Jorgensen, J. 2022. Quantifying fish catches and fish consumption in the Amazon Basin. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 25(1): 59 - 71.
- Sonoda, D.Y.; Shiota, R. 2012. Consumo de pescado no Brasil fica abaixo da média internacional. Mercado e Consumo. *Visão Agrícola*, 11(4): 145 - 147.
- Sousa, K.N.S.; Fabr e, N.N.; Batista, V.S. 2009. Landscape variables affecting fishery yield in lake systems of the Central Amazon region, Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*, 25(1): 294 - 298.
- Sousa, R.G.S.; Florentino, A.C.; Pi eyro, J.I.G., 2014. Inova o de Artefatos e Caracteriza o da Pesca do Camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) na Comunidade São Sebastião da Brasília - Parintins/AM. *Biota Amazônia*, 4(3): 83-87.
- Sousa, R.G.; Freitas, H.C.P.; Zacardi, D.M.; Faria-Junior, C.H. 2021. Effects of river dams on the fish guilds in the northwest region of the Brazilian Amazon. *Fisheries Research*, 243: 106091.
- Sirén, A.; Valbo-Jørgensen, J. 2022. Quantifying fish catches and fish consumption in the Amazon Basin. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 25(1): 59-71.
- Sverdrup-Jensen, S. 2002. *Fisheries in the Lower Mekong Basin: Status and perspectives*. MRC Technical Paper No. 6, Mekong River Commission, Phnom Penh, Camboja. 103 pp.
- Teixeira, C.A.N.; Rocio, M.A.R.; Mendes, A.P.A.; S  d'Oliveira, L.A. 2018. *Navega o interior brasileira*. Brasília: BNDES. 48pp.
- Torres-Vitolas, C.A.; Harvey, C.A.; Cruz-Garcia, G.S.; Vanegas-Cubillos, M.; Schreckenberg, K. 2019. The Socio-Ecological Dynamics of Food Insecurity among Subsistence-Oriented Indigenous Communities in Amazonia: a Qualitative Examination of Coping Strategies among Riverine Communities along the Caquetá River, Colombia. *Human Ecology*, 47: 355–368.
- Tregidgo, D.; Barlow, J.; Pompeu, P.S.; Almeida, M.; Parry, L. 2017. Rainforest metropolis casts 1,000-km defaunation shadow. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(32): 8655-8659.
- Tregidgo, D.; Barlow, J.; Pompeu, P.S.; Parry, L. 2020. Tough fishing and severe seasonal food insecurity in Amazonian flooded forests. *People and Nature*, 2(2): 468-482.
- Tregidgo, D.; Parry, L.; Barlow, J.; Pompeu, P.S. 2021. Urban market amplifies strong species selectivity in Amazonian artisanal fisheries. *Neotropical Ichthyology*, 19(3): 1-20.

Tritsch, I.; Tourneau, F.M. 2016. Population densities and deforestation in the Brazilian Amazon: New insights on the current human settlement patterns. *Applied Geography*, 76(1): 163-172.

Tveite, H. 2018. O plug-in do buffer QGIS Multi-distance versão 3.2.3 [online] (<http://plugins.qgis.org/plugins/MultiDistanceBuffer/>). Acesso: 05/03/2021.

Venticinque, E.; Forsberg, B.; Barthem, R.; Petry, P.; Hess, L.; Mercado, A.; Cañas, C.; Motoya, M.; Durigan, C.; Goulding, M. 2016. An explicit GIS-based river basin framework for aquatic ecosystem conservation in the Amazon. *Earth System Science Data*, 8: 651–661.

Wan, J.; Deng, W.; Song, X.; Liu, Y.; Zhang, S.; Su, Y.; Lu, Y. 2018. Spatio-Temporal Impact of Rural Livelihood Capital on Labor Migration in Panxi, Southwestern Mountainous Region of China. *Chinese Geographical Science*, 28(1): 153–166.

Welcomme R.L. 1979. *Fisheries and Ecology of Floodplain Rivers*. Longman, Londres, Inglaterra. 317pp.

Welcomme, R.L. 2011. An overview of global catch statistics for inland fish. *Journal of Marine Science*, 68(8): 1751-1756.

Welcomme, R.L.; Cowx, I.G.; Coates, D.; Béné, C.; Funge-Smith, S.; Halls, A.; Lorenzen, K. 2010. Inland capture fisheries. *Philosophical Transactions of the Royal Society Biological Sciences*, 365: 2881-2896.

Witkoski, A.C. 2010. Terra, floresta e água: os camponeses amazônicos e as formas de uso de seus recursos naturais. 2ª. Edição. Annablume, São Paulo, São Paulo, 486pp.

Xu, T.; Weng, B.; Yan, D.; Wang, K.; Li, X.; Bi, W.; Li, M.; Cheng, X.; Liu, Y. 2019. Wetlands of International Importance: Status, Threats, and Future Protection. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16(10): 1-23.

Youn, S.; Taylor, W.W.; Lynch, A.J.; Cowx, I.G.; Beard Jr., T.D.; Bartley, D.; Wu, F. 2014. Inland capture fishery contributions to global food security and threats to their future. *Global Food Security*, 3: 142–148.