



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA



Tese de Doutorado

**Etnoecologia e Pesca: influência de Unidades
de Conservação e aplicação do
Conhecimento Ecológico Local de
pescadores no manejo e conservação dos
recursos pesqueiros no Baixo Rio Tapajós,
Amazônia Brasileira**

Gustavo Hallwass

Orientador: Dr. Renato Azevedo Matias Silvano

Porto Alegre, março de 2015

**Etnoecologia e Pesca: influência de Unidades de
Conservação e aplicação do Conhecimento Ecológico
Local de pescadores no manejo e conservação dos recursos
pesqueiros no Baixo Rio Tapajós, Amazônia Brasileira**

Gustavo Hallwass

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ecologia.

Orientador: Prof. Dr. Renato Azevedo Matias Silvano

Comissão Examinadora:

Prof. Dra. Alpina Begossi (UNICAMP)

Prof. Dr. Vandick da Silva Batista (UFAL)

Profa. Dra. Teresinha Guerra (PPG Ecologia/UFRGS)

Porto Alegre, março de 2015

Dedico esse trabalho a todos os povos da Amazônia, comunidades ribeirinhas e a toda a enorme, fantástica e complexa biodiversidade da região Amazônica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a *Deus*,

Agradeço a todos os pescadores e moradores das comunidades ribeirinhas que participaram da pesquisa, cujo apoio, auxílio, cooperação, amizade, boa vontade e sábios ensinamentos práticos foram de alta importância para a realização desse estudo e para minha formação pessoal e profissional. Agradeço ao Dágio e a Déia pela amizade, carinho e por me receberem sua casa; seu Jura, Sandro, Amauri, Maíco, Zezão, Dick, Lolô, seu Zé Grande, seu Cônci, Giga, Ribamar, Richardson, Orlando, Francinei, Udson, Ananías, seu Juvenal, Chico Pereira, Cláudio, Jeferson, seu Damasceno, seu Matheus, Jibóia, Estevão, seu Raimundo Alves, Silvano, seu Newton, Marquinho e Marqueane, seu Milton, Antônio Valter, Roberto, Pedro pai e Pedro filho, Ailton, seu Raudenor, França, Marcelo, Adenílson e Maria Rosinéia, seu Faca, Mário, João Batista e Marli, Messias, seu Hugo, Chico Sena, João Lima, Samuel Costa, seu Darício, Simão, Jarana e Margareth, Antônio Pedroso, Ivone Costa, Pedro dos Anjos, Barata, Baixinho, Jadson, Jackson, Reginaldo, Elcinei, Lindanor, seu Orlando, Kiko, Nando, Raul, Sócrates, Deco, Arthur e família, Jucenílson, Ian, Isaac, Odaílson, Edimilson, entre vários outros pescadores, familiares e moradores ribeirinhos pelo enorme carinho e simpatia com que sempre me recebiam.

Ao meu orientador e amigo Renato A. M. Silvano por todos esses vários anos de ensinamentos e transmissão de conhecimentos. Obrigado pelo exemplo de profissionalismo, dedicação, positivismo e entusiasmo pela pesquisa e ensino teórico e prático da ecologia básica, ecologia humana, etnoecologia, manejo e conservação dos recursos. Por todos esses pacientes anos de orientação, trabalho e oportunidades de pesquisa e profissionais em que aprendi muito e foram muito importantes à minha formação profissional e pessoal.

Agradeço também à Pri (Priscila F. Lopes) que, apesar de não oficialmente, é co-orientadora em minha formação profissional e pessoal, sempre incentivando a pesquisa e transmitindo conhecimentos teóricos e práticos relacionados à ciência e, além disso, pela grande amizade e apoio.

Aos amigos e colegas de campo, Moisés e Rato (Márcio) pelo auxílio nas entrevistas, ao Alemão (Friedrich) pelo trabalho sério realizado, e a Natália e Ana Helena pelo auxílio em campo. À Cristina, Mauro e Dona Sônia pelo ótimo trabalho, apoio logístico e agradável convivência no barco Barão do Mar III. Ao Carlinhos pela parceria e apoio logístico nas últimas viagens. Aos amigos Gaúcho (André M. Rech), Daniel Slomp e Morgana C. Almeida pelas discussões científicas e incentivo profissional.

Agradeço à Andréia T. de Lemos, pelo grande apoio, carinho e incentivo incondicional pessoal e profissional em todos os momentos.

Ao meu pai (Sady) pelo grande exemplo de vida.

A Fernanda Nogueira pelo carinho e incentivo na reta final do doutorado.

Ao PPG-Ecologia, colegas de curso, professores e funcionários, à Silvana Barzotto, pelo apoio e suporte durante o curso de doutorado.

A CAPES pela bolsa de doutorado.

Ao projeto PROCAD/CAPES pelo financiamento de grande parte dessa pesquisa de doutorado, e à professora Dra. Victória J. Isaac, coordenadora geral do projeto, pelo incentivo e oportunidade de pesquisa com a pesca na Amazônia.

Agradeço também a Alpina Begossi, Vandick S. Batista e Teresinha Guerra (banca examinadora) por aceitar avaliar e auxiliar no melhoramento deste trabalho.

RESUMO

Pescarias tropicais são consideradas multiespecíficas, mas podem apresentar diferentes níveis de seletividade. A falta de longas séries temporais de dados pesqueiros, principalmente em ecossistemas tropicais, prejudica a avaliação das mudanças e impactos relacionados à pesca. A exploração pesqueira em ambientes tropicais está associada ao processo de substituição das maiores espécies por espécies de menor porte (*fishing down process*). O conhecimento ecológico local (CEL) de pescadores tem sido aplicado em estudos de ecologia, distribuição e abundância atual e passada de peixes para avaliar a conservação de espécies, de ecossistemas e na elaboração de normas de manejo. O objetivo da tese é analisar os padrões de seletividade da pesca continental da Amazônia através de dados secundários, investigar mudanças na abundância e composição das espécies capturadas no Baixo Rio Tapajós ao longo do tempo, bem como propor uma abordagem de manejo pesqueiro baseado no conhecimento ecológico local dos pescadores, registrados através de entrevistas e desembarques pesqueiros (dados primários). Analisamos a seletividade de pescarias em 46 locais ao longo da Bacia Amazônica, através da proporção da biomassa das principais espécies capturadas, proveniente de 15 estudos científicos já publicados. Entrevistamos 203 pescadores e 51 deles realizaram o monitoramento participativo de suas pescarias durante um ano, em 11 comunidades do Baixo Rio Tapajós. Analisamos o CEL de pescadores sobre possíveis mudanças na abundância e composição; tamanho e época reprodutiva das espécies de peixes mais capturadas, relacionando à literatura científica e desembarques pesqueiros. Avaliamos o nível de conservação dos recursos pesqueiros em três diferentes categorias de Unidades de Conservação (UCs), com diferentes tempos de criação. A maioria das pescarias Amazônicas foram consideradas moderadamente seletivas. Onze espécies de peixes (nove delas migratórias) têm recebido maior pressão de pesca nas regiões Amazônicas (Capítulo 1). A composição das espécies mais capturadas variou temporalmente no Baixo Rio Tapajós, apresentando tendência de diminuição das maiores espécies como o pirarucu (*Arapaima gigas*), tambaqui (*Colossoma macropomum*) e tucunaré (*Cichla* spp.). O tempo de criação das UCs na Amazônia apresentou influência positiva na conservação das espécies, enquanto que a proximidade e o acesso ao mercado consumidor apresentaram influência negativa (Capítulo 2). Pescadores citam tamanhos reprodutivos das espécies de acordo com os tamanhos registrados na literatura científica. Pescadores citam o período reprodutivo

das espécies de acordo com desembarques pesqueiros, mas parcialmente de acordo com a literatura (Capítulo 3). O CEL dos pescadores mostrou-se eficiente na avaliação do tamanho reprodutivo e mudança da composição das espécies exploradas ao longo do tempo, identificando o “*fishing down process*” no Baixo Rio Tapajós. O manejo dos recursos pesqueiros na Amazônia e no Baixo Rio Tapajós pode ser direcionado às principais espécies e deve considerar o conhecimento das populações locais de duas maneiras: a) abordagem ecossistêmica integrada direcionada a espécies migratórias e áreas de vulnerabilidade; e b) incentivo aos sistemas de co-manejo locais, onde os pescadores participam da elaboração, implementação e fiscalização das normas de pesca baseadas em seu conhecimento sobre os recursos, podendo focar no manejo de espécies sedentárias e na proteção de lagos e igarapés próximos às comunidades ribeirinhas.

Palavras-chave: pesca de pequena escala, manejo pesqueiro, “*shifting baseline*”, “*fishing down process*”, Ecologia Humana, entrevistas, monitoramento participativo.

ABSTRACT

Tropical fisheries are considered multi-species, but these fisheries may show different degrees of selectiveness. The lack of long-term fisheries data, mainly in tropical ecosystems, affects the assessment of changes and impacts related to fisheries. The fisheries exploitation in tropical environments is associated to the process of replacing the larger species by smaller species, called fishing down process. The Local Ecological Knowledge (LEK) of fishers have been applied to studies of ecology, distribution and current and past abundance of fishes to assess the conservation of species and ecosystems and in the development of management rules. The goal of this thesis is to analyze the patterns of selectivity of the inland fisheries of the Amazon through secondary data, to investigate changes over time in the abundance and composition of species caught in the Lower Tapajós River, as well as, to propose an approach to fisheries management based to fishers' LEK, recorded by interviews and fish landings (primary data). The selectivity of fisheries was analyzed in 46 sites along the Amazon Basin through the proportion of biomass accounted for the most caught fish species from 15 scientific studies already published. We interviewed 203 fishers and 51 of them conducted participatory monitoring of their fish landings during one year, in 11 communities of the Lower Tapajós River. We analyzed the fishers' LEK about possible changes in abundance and composition, size and spawning season of the most caught fish species and compared LEK with scientific literature and fish landings. We evaluated the level of conservation of fisheries resources in three different categories of Conservation Units (CUs) created at distinct periods. Most of the studied Amazonian fisheries were considered moderately selective. Eleven fish species (nine of them migratory) have received more fishing pressure in the Amazonian regions (Chapter 1). The composition of the most caught species changed over time in the Lower Tapajós River, showing a trend of decreasing abundance of larger species, such as, pirarucu (*Arapaima gigas*), tambaqui (*Colossoma macropomum*) and tucunaré (*Cichla* spp.). The time of creation of CUs had a positive influence in the species conservation, while the proximity and access to the consumer market had a negative influence (Chapter 2). Fishers cited reproductive sizes of the species which agreed to sizes reported in the scientific literature. Fishers cited fish spawning seasons that agreed with fish landings, but were only partly in accordance with the literature (Chapter 3). The fishers' LEK was efficient in the evaluation of the reproductive size and changes in the composition of the

exploited species over time, identifying the fishing down process in the Lower Tapajós River. The fisheries management in the Amazon and in the Lower Tapajós River may be directed to the main fish species and must consider the knowledge of local populations in two ways: a) an integrated ecosystem approach directed to migratory species and vulnerability areas; and b) encouraging local systems of co-management, where fishers participate in the creation, design, implementation, enforcement and monitoring of fishing rules based on their knowledge about resources, and the management should focus on sedentary species and the protection of lakes and streams near the riverside communities.

Key-words: small-scale fisheries, fisheries management, shifting baseline, fishing down process, human ecology, interviews, participatory monitoring.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	14
LISTA DE TABELAS	20
INTRODUÇÃO GERAL	22
A Pesca e o Manejo no Contexto Global	22
Conhecimento Ecológico Local aplicado ao Manejo da Pesca e Conservação	23
Pesca Continental	25
Amazônia: Pesca e Impactos Ambientais	26
Objetivos da Tese	28
CAPÍTULO 1: PADRÕES DE SELETIVIDADE NA PESCA CONTINENTAL DA AMAZÔNIA: IMPLICAÇÕES PARA O MANEJO	30
Resumo	31
Introdução	32
Material e Métodos	35
Área de estudo	35
Coleta de dados	36
Análise dos dados	43
Resultados	44
Seletividade da pesca multiespecífica da Amazônia	44
Variáveis influenciando a seletividade da pesca na Amazônia	45
Comparação das espécies mais capturadas entre as regiões Amazônicas	49
Discussão	54
Seletividade da Pesca Amazônica	54
Principais espécies capturadas	57
Sugestões para o manejo pesqueiro e implicações ecológicas	59
Conclusões	62

Agradecimentos.....	63
Referências bibliográficas	63
CAPÍTULO 2: CONHECIMENTO LOCAL DE PESCADORES SOBRE MUDANÇAS TEMPORAIS NA ABUNDÂNCIA E COMPOSIÇÃO DAS CAPTURAS E A INFLUÊNCIA DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NA CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS PESQUEIROS NA AMAZÔNIA BRASILEIRA	69
Resumo.....	70
Introdução.....	72
Material e Métodos.....	75
<i>Área de estudo</i>	75
<i>Contexto das Unidades de Conservação</i>	76
Coleta de dados.....	78
1. <i>Entrevistas com pescadores</i>	78
2. <i>Registro de desembarques pesqueiros</i>	79
3. <i>Reuniões com pescadores e avaliação qualitativa dos resultados das entrevistas</i>	80
4. <i>Variação temporal na composição do pescado</i>	82
5. <i>Maior Captura</i>	83
<i>Análise dos dados</i>	84
Resultados	86
<i>Perfil dos pescadores entrevistados e os aspectos gerais da pesca no Baixo Rio Tapajós</i>	86
<i>Variação temporal na composição do pescado</i>	92
<i>Maior captura da vida</i>	103
Discussão.....	108
<i>Pesca e Conhecimento Ecológico Local dos pescadores no Baixo Rio Tapajós</i> ..	108
<i>Mudanças temporais na Pesca do Baixo Rio Tapajós</i>	109

<i>Influência das Unidades de Conservação na conservação dos recursos pesqueiros</i>	114
Conclusão.....	119
Agradecimentos.....	121
Literatura Citada.....	121
CAPÍTULO 3: APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO DOS PESCADORES NO ESTABELECIMENTO DE PRIORIDADES PARA O MANEJO E CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS PESQUEIROS CONTINENTAIS TROPICAIS	128
Resumo.....	129
Introdução.....	131
Material e Métodos.....	134
<i>Área de estudo</i>	134
<i>Entrevistas</i>	135
<i>Registro dos desembarques pesqueiros</i>	137
<i>Proposta de modelo de manejo</i>	138
Resultados	141
Discussão.....	149
<i>Conhecimento ecológico local, desembarques pesqueiros e literatura científica: comparações e avaliação metodológica</i>	149
<i>Recomendações e prioridades para o manejo pesqueiro</i>	152
Conclusão.....	155
Agradecimentos.....	156
Referências.....	156
CONSIDERAÇÕES FINAIS	163
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (Introdução Geral e Considerações Finais)	166
APÊNDICES	174
Apêndice 1. Formulário de entrevista realizada com pescadores no Baixo Rio Tapajós, Amazônia Brasileira.	174

Apêndice 2. Formulário de registro de desembarques pesqueiros do monitoramento participativo realizado pelos pescadores no Baixo Rio Tapajós, Amazônia Brasileira.
..... 178

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1. Padrões de seletividade na pesca continental da Amazônia: implicações para o manejo

- Figura 1.1. Bacia Amazônica com os principais Rios: as regiões analisadas são identificadas pelos contornos tracejadas e por letras, a) Amazônia Central; b) Sudoeste da Amazônia; c) Baixo Amazonas; e d) Leste da Amazônia. 36
- Figura 1.2. Número de locais ($n = 46$) e a proporção da biomassa da espécie mais capturada nas quatro regiões da Bacia Amazônica. 44
- Figura 1.3. Porcentagem do total da biomassa que corresponde às cinco espécies mais capturadas nos 46 locais analisados nesse estudo, separados nas quatro regiões Amazônicas. Detalhes e códigos das localidades são apresentados na Tabela 1.1.. 45
- Figura 1.4. Comparação entre a seletividade da pesca comercial e de subsistência na Bacia Amazônica ($n = 46$) baseada na proporção da a) primeira; b) três; e c) cinco espécies mais capturadas em cada localidade. A linha preta dentro do boxplot é a mediana, as linhas verticais são os valores máximos e mínimos e as linhas limites do boxplot são os quartis (25% e 75%). Círculos são *outliers*. 46
- Figura 1.5. Comparação entre as quatro regiões da Bacia Amazônica ($n = 46$) em relação à seletividade pesqueira, baseada na proporção da a) primeira; b) três; e c) cinco espécies mais capturadas em cada localidade. A linha preta dentro do boxplot é a mediana, as linhas verticais são os valores máximos e mínimos e as linhas limites do boxplot são os quartis (25% e 75%), teste de Dunn a posteriori: $a > b$, $p < 0,05$. Círculos são *outliers*. 48
- Figura 1.6. Ordenação NMDS ($stress = 0,17$) baseada na composição (% da biomassa) das cinco espécies mais capturadas nas 46 localidades das quatro regiões da Bacia Amazônica. 49

CAPÍTULO 2. Conhecimento local de pescadores sobre mudanças temporais na abundância e composição das capturas e a influência de Unidades de Conservação na conservação dos recursos pesqueiros na Amazônia brasileira

- Figura 2.1. Região do Baixo Rio Tapajós (Amazônia brasileira), onde foi realizado o estudo. Comunidades amostradas estão numeradas, as áreas da Floresta Nacional do

Tapajós (FLONA) e Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns (RESEX) estão delimitadas em cinza escuro, enquanto que a Área de Proteção Ambiental Alter do Chão (APA) é composta pelas demais comunidades marcadas com um círculo, mas não está delimitada no mapa. Os números indicam as seguintes comunidades: 1- Ponta de Pedra, 2- Alter do Chão, 3- Pindobal, 4- Maguari, 5- Acaratinga, 6- Piquiatuba, 7- Pini, 8- Boim, 9- Jauarituba, 10- Surucuá e 11- Vila do Amorim.... 76

Figura 2.2. Captura por Unidade de Esforço (CPUE em kg/pescador/hora) entre as UCs (APA, RESEX e FLONA) e ciclo hidrológico (seca e cheia) no Baixo Rio Tapajós. O ciclo hidrológico da seca compreende os períodos de vazante e seca (agosto a janeiro), enquanto que a cheia inclui os períodos de enchente e cheia (fevereiro a julho). Linha no centro do box-plot representa a mediana, a caixa do box-plot indica os quartis (25% e 75%), as linhas verticais os valores máximos e mínimos e os círculos são considerados *outliers*. Teste a posteriori de Dunn: $a > b > c$, $p < 0,0588$

Figura 2.3. Tempo de duração da pesca (horas), compreendendo o tempo de viagem e de pesca, entre as UCs (APA, RESEX e FLONA) e ciclo hidrológico (seca e cheia) no Baixo Rio Tapajós. O ciclo hidrológico da seca compreende os períodos de vazante e seca (agosto a janeiro), enquanto que a cheia inclui os períodos de enchente e cheia (fevereiro a julho). Linha no centro do box-plot representa a mediana, a caixa do box-plot indica os quartis (25% e 75%), as linhas verticais os valores máximos e mínimos e os círculos são considerados *outliers*. Teste a posteriori de Dunn: $a > b > c$, $p < 0,0001$ 89

Figura 2.4. Ordenação NMDS ($stress = 0,21$), com base em distâncias de Bray-Curtis e 1.000 permutações, gerada a partir da proporção da citação das espécies mais capturadas ao longo do tempo pelos pescadores entrevistados ($n = 194$) no Baixo Rio Tapajós-Amazônia brasileira, sendo que foi plotada o tipo de UC (APA, RESEX e FLONA) de cada unidade amostral (comunidade pesqueira). O número de entrevistados em cada comunidade encontra-se na Tab. 2.1. 92

Figura 2.5. Abundância relativa de cada espécie quanto à proporção de citações (média e desvio padrão) dentro de cada grupo temporal de pescadores entrevistados (Atualmente, $n = 194$; < 33 anos atrás, $n = 95$; ≥ 33 anos atrás, $n = 99$) na região do Baixo Rio Tapajós, Amazônia brasileira. As espécies foram definidas com base na análise de percentual de similaridade (SIMPER). A seta indica a variação no comprimento máximo que as espécies podem atingir, estimado a partir da literatura (Santos et al. 2004, 2006). A soma pode ser maior do que 100% para o total de

citações dentro de cada grupo temporal, pois os pescadores puderam citar mais de uma espécie de peixe. Os nomes científicos e os tamanhos máximos que cada espécie pode atingir estão na Tabela 2.4.....	94
Figura 2.6. Proporção de uso de cada arte de pesca citada como mais utilizada dentro de cada grupo temporal de pescadores entrevistados (≥ 33 anos atrás, < 33 anos atrás e Atualmente) na região do Baixo Rio Tapajós. A soma pode ser maior que 100% em cada grupo temporal, pois os pescadores puderam citar mais de uma arte de pesca. O asterisco (*) indica as artes de pesca mais citadas em cada grupo temporal ($p < 0,05$).	95
Figura 2.7. Proporção de uso dos tipos de embarcação citadas como mais utilizadas dentro de cada grupo temporal de pescadores entrevistados (≥ 33 anos atrás, < 33 anos atrás e Atualmente) na região do Baixo Rio Tapajós. O asterisco (*) indica o tipo de embarcação mais citado em cada grupo temporal ($p < 0,05$).	96
Figura 2.8. Abundância relativa de cada espécie, em proporção de citações (média e desvio padrão) dentro de cada grupo temporal de pescadores entrevistados (Atualmente, < 33 anos atrás e ≥ 33 anos atrás) na região do Baixo Rio Tapajós, (a) APA, (b) RESEX e (c) FLONA. As espécies foram definidas com base na análise de percentual de similaridade (SIMPER). A seta indica a variação no comprimento máximo que as espécies podem atingir (Santos et al. 2004, 2006). A soma pode ser maior que 100% em cada grupo temporal, pois os pescadores puderam citar mais de uma espécie de peixe. Os nomes científicos e os tamanhos máximos que cada espécie pode atingir estão na Tabela 2.3.....	97
Figura 2.9. Proporção de uso de cada arte de pesca citada como mais utilizada dentro de cada grupo temporal de pescadores entrevistados (Atualmente, < 33 anos atrás e ≥ 33 anos atrás) na região do Baixo Rio Tapajós em: (a) APA, (b) RESEX e (c) FLONA. A soma pode ser maior que 100% em cada grupo temporal, pois os pescadores puderam citar mais de uma arte de pesca. O asterisco (*) indica as artes de pesca mais citadas em cada grupo temporal ($p < 0,05$).	99
Figura 2.10. Proporção de uso de canoa a remo e canoa motorizada (Rabeta/motor) citados por cada grupo temporal de pescadores entrevistados (Atualmente, < 33 anos atrás e ≥ 33 anos atrás) na região do Baixo Rio Tapajós em: (a) APA, (b) RESEX e (c) FLONA. A soma pode ser maior que 100% em cada grupo temporal, pois os pescadores puderam citar mais de um tipo de embarcação. O asterisco (*) indica o tipo de embarcação mais citado em cada grupo temporal ($p < 0,05$).....	100

- Figura 2.11. Correlação entre o tempo de experiência de pesca e o tempo em que ocorreu a maior captura da vida dos pescadores entrevistados ($n = 139$) da região do Baixo Rio Tapajós. Os símbolos indicam onde mora cada pescador entrevistado, considerando os três tipos de UCs (APA, RESEX e FLONA)..... 103
- Figura 2.12. Correlação entre a CPUE (kg/pescador/dia) capturada na maior pescaria da vida do pescador entrevistado ($n = 139$) e o tempo (anos atrás) em que ocorreu essa pescaria na região do Baixo Rio Tapajós. Os símbolos indicam onde mora cada pescador entrevistado, considerando os três tipos de UC (APA, RESEX e FLONA). 104
- Figura 2.13. Ordenação NMDS ($stress = 0,06$), com base em distâncias de Bray-Curtis e 1.000 permutações, gerada a partir da proporção da citação das espécies capturadas na maior captura da vida dos pescadores entrevistados no Baixo Rio Tapajós, sendo que foram comparadas as três UCs (APA, RESEX e FLONA) utilizando-se réplicas temporais de quando ocorreu a maior captura (0-5 anos atrás, 6-15 anos atrás e >15 anos atrás). 105
- Figura 2.14. Abundância relativa de cada espécie em proporção de citações dos pescadores entrevistados (média e desvio padrão) em cada UC (APA, RESEX e FLONA) no Baixo Rio Tapajós. As espécies foram definidas com base na análise de percentual de similaridade (SIMPER). Seta indica a variação no comprimento máximo que as espécies podem atingir (Santos et al. 2004, 2006). A soma pode ser maior que 100% em cada grupo temporal, pois os pescadores puderam citar mais de uma espécie de peixe. 106
- Figura 2.15. Proporção de uso de cada arte de pesca na maior pescaria da vida dos pescadores entrevistados em cada UC no Baixo Rio Tapajó: (a) APA, (b) RESEX e (c) FLONA. A soma pode ser maior que 100% em cada grupo temporal, pois os pescadores puderam citar mais de uma arte de pesca utilizada. O asterisco (*) indica as artes de pesca mais citadas em cada grupo temporal ($p < 0,05$)..... 107

CAPÍTULO 3. Aplicação do conhecimento dos pescadores no estabelecimento de prioridades para o manejo e conservação dos recursos pesqueiros continentais tropicais

Figura 3.1. O mapa apresenta as 11 comunidades onde foram realizadas as entrevistas e registrados os desembarques pesqueiros no Baixo Rio Tapajós, bem como a

localização dessas comunidades em relação às Unidades de Conservação: Floresta Nacional do Tapajós (FLONA) e Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns (RESEX) ambas delimitadas em cinza escuro. A Área de Proteção Ambiental (APA) Alter do Chão é composta pelas demais comunidades marcadas com um círculo, mas não está delimitada no mapa. Os números indicam as seguintes comunidades: 1- Ponta de Pedra, 2- Alter do Chão, 3- Pindobal, 4- Maguari, 5- Acaratinga, 6- Piquiatuba, 7- Pini, 8- Boim, 9- Jauarituba, 10- Surucuá e 11- Vila do Amorim..... 135

Figura 3.2. Foto mostrando a metodologia com o uso de fita métrica para o registro do tamanho em que o peixe está reprodutivo. Pesquisador mede o tamanho indicado com as mãos pelo pescador entrevistado. 137

Figura 3.3. Quadro apresentando a proposta de abordagem de manejo da pesca a partir do conhecimento ecológico local dos pescadores, registro de desembarques pesqueiros e literatura científica, com o intuito de estabelecer prioridades para o manejo e conservação dos recursos pesqueiros no Baixo Rio Tapajós, Amazônia brasileira..... 139

Figura 3.4. Correlação entre o número de citações sobre o tamanho e época reprodutiva dos peixes citados nas entrevistas com os pescadores e peixes que foram registrados nos desembarques nas 11 comunidades ribeirinhas do Baixo Rio Tapajós, considerando: a) frequência de ocorrência dos peixes nos desembarques pesqueiros; e b) abundância (kg) das espécies capturadas nos desembarques. 142

Figura 3.5. Variação no tamanho de captura dos peixes (baseado nos menores e maiores exemplares) registrados nos desembarques pesqueiros (n = 2013) no Baixo Rio Tapajós. As setas do lado esquerdo do boxplot indicam o tamanho da primeira maturação sexual (L_{50}) de cada espécie segundo literatura científica (Tab. 3.3). Os peixes estão ordenados de acordo com a abundância desembarcada (kg), indicada pela seta. Mediana (linha dentro da caixa), valor mínimo e máximo (linhas verticais) e a caixa representa os quartis (25% e 75%). Os círculos são valores considerados observações extremas (*outliers*)..... 147

Figura 3.6. Proporção de ocorrência de peixes ovados em cada época do ciclo hidrológico nos desembarques pesqueiros (n = 2013) e segundo a frequência de citação nas entrevistas (n = 203, Tab. 3.3) no Baixo Rio Tapajós. Os ciclos hidrológicos correspondem aos seguintes meses: enchente (janeiro a março), cheia (abril a junho), vazante (julho a setembro) e seca (outubro a dezembro), de acordo com a média anual do nível do Rio tapajós registrado pela Agência Nacional de

Águas em Santarém-PA (ANA 2012). Foram plotados apenas os peixes que foram capturados e registrados ovados nos desembarques pesqueiros. 148

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1. Padrões de seletividade na pesca continental da Amazônia: implicações para o manejo

Tabela 1.1. Características e dados de desembarques pesqueiros das 46 localidades analisadas nas quatro regiões geográficas da Bacia Amazônica, com suas respectivas fontes originais. Códigos para as pescarias analisadas (local e ano) são os mesmos apresentados na Fig. 1.3.	39
Tabela 1.2. Dissimilaridade (%) das espécies mais capturadas entre as quatro regiões da Bacia Amazônica (análise do SIMPER).	50
Tabela 1.3. Contribuição das espécies mais capturadas para a dissimilaridade observada (análise do SIMPER) entre as quatro regiões da Bacia Amazônica: Amazônia Central (AC), Sudoeste da Amazônia (SA), Baixo Amazonas (BA) e Leste da Amazônia (LA). São apresentados apenas os peixes que contribuíram com mais de 5% do total da dissimilaridade.	51

CAPITULO 2. Conhecimento local de pescadores sobre mudanças temporais na abundância e composição das capturas e a influência de Unidades de Conservação na conservação dos recursos pesqueiros na Amazônia brasileira

Tabela 2.1. Número de pescadores entrevistados, com idade e tempo de experiência (média \pm desvio padrão), número de pescadores que registraram sua pesca e que participaram das reuniões, bem como o número de desembarques pesqueiros registrados em cada comunidade no Baixo Rio Tapajós, Amazônia brasileira.	81
Tabela 2.2. Proporção de desembarques destinados à venda e média do rendimento da pesca (R\$/pescador/dia) recebido pelo pescador nos desembarques em que houve comercialização do pescado nas UCs do Baixo Rio Tapajós.	90
Tabela 2.3. Correlações entre a proporção dos peixes mais capturados e artes de pesca citados nas entrevistas e a proporção da biomassa e frequência dos peixes desembarcados e artes de pesca utilizadas em todas as 11 comunidades amostradas no Baixo Rio Tapajós.	91
Tabela 2.4. Nomes populares e científicos das espécies de peixes mais citadas pelos pescadores entrevistados e o total de kg capturado nos desembarques pesqueiros no	

Baixo Rio Tapajós. Nomes científicos, tamanho máximo e hábito alimentar foram baseados em Santos et al. (2004, 2006).	91
Tabela 2.5. Análise de similaridade (ANOSIM) baseada na porcentagem de citação dos pescadores entrevistados ($n = 194$) quanto às espécies de peixe mais capturadas entre os grupos temporais de pescadores, no Baixo Rio Tapajós, Amazônia brasileira.....	92
Tabela 2.6. Resumo das discussões qualitativas ocorridas nas reuniões em todas as comunidades estudadas em cada UC, quanto à redução na abundância das principais espécies capturadas e os possíveis motivos para essas mudanças. O número de pescadores que participaram das reuniões encontra-se na Tabela 2.1.....	102

CAPÍTULO 3. Aplicação do conhecimento dos pescadores no estabelecimento de prioridades para o manejo e conservação dos recursos pesqueiros continentais tropicais

Tabela 3.1. Número de pescadores entrevistados, média e desvio padrão do tempo de experiência, número de pescadores que registraram sua pesca e o número de desembarques pesqueiros registrados em cada comunidade no Baixo Rio Tapajós, Amazônia brasileira.	136
Tabela 3.2. Correlações entre a proporção dos peixes mais capturados citados nas entrevistas e a proporção da biomassa e frequência dos peixes desembarcados em todas as 11 comunidades amostradas no Baixo Rio Tapajós.....	142
Tabela 3.3. Tamanho e época reprodutiva indicada pelos pescadores entrevistados e informações obtidas da literatura científica para as principais espécies capturadas na pesca do Baixo Rio Tapajós e a concordância entre as duas bases de dados.	145
Tabela 3.4. Sugestões de prioridade de manejo baseado nos resultados obtidos e discutidos nesse estudo sobre a pesca e conhecimento ecológico local de pescadores do Baixo Rio Tapajós, Amazônia Brasileira.	155

INTRODUÇÃO GERAL

A Pesca e o Manejo no Contexto Global

A pesca, entre outras atividades humanas, é uma das principais causas de impactos, mudanças ambientais e perda de biodiversidade nos ecossistemas aquáticos (Jackson et al. 2001; Myers & Worm 2003; Worm et al. 2006; Anticamara et al. 2011). No entanto, a pesca quase sempre é tratada como um banco cujo investidor, o pescador, nem sempre vive apenas de seus juros. Isto resulta globalmente em muitos exemplos de aumento da pressão pesqueira, a chamada “corrida pelo peixe”, aumento do esforço e risco de sobre-exploração dos estoques pesqueiros, com efeitos nas populações das espécies alvo da pesca, mas também com consequências em toda a cadeia trófica (Myers & Worm 2003; Allan et al. 2005; Scheffer et al. 2005; Anticamara et al. 2011). Portanto, dada a importância econômica e social da atividade pesqueira no mundo, associado ao eminente risco de sobre-exploração dos estoques, estudos têm priorizado a análise e discussão de formas de manejo e gestão dos recursos pesqueiros (Pauly et al. 2002; Schiermeier 2002; Allan et al. 2005; Hilborn et al. 2007; Béné et al. 2009; Worm et al. 2006, 2009; Smith et al. 2010; Teh & Sumaila 2013).

Inicialmente o manejo da pesca focava na análise de modelos populacionais e a máxima produção sustentável, visando garantir a reprodução das espécies e assim a manutenção dos estoques pesqueiros (Schaefer 1954; Mace 2001; Hilborn 2007). Em um segundo momento, pesquisas voltadas para o manejo pesqueiro têm direcionado seus esforços para a conservação do ecossistema como um todo, visando à preservação não apenas de espécies alvo, mas de toda a comunidade aquática e habitats importantes para as espécies, através da criação de Áreas Marinhas Protegidas (AMPs) (Roberts 1997; Pauly et al. 2002; Schiermeier 2002). No entanto, a criação de AMPs em algumas situações pode apenas deslocar a pressão pesqueira para outro local, sem resolver a raiz do problema (aumento de pressão pesqueira) gerado pela “corrida pelo peixe” (Hilborn 2007).

Apesar dos esforços no manejo e conservação dos recursos pesqueiros, a maioria dos estoques pesqueiros encontra-se no estado de completa ou sobre-exploração (Pauly et al. 2002; Schiermeier 2002). Nesse sentido e buscando alternativas para evitar o

colapso dos recursos pesqueiros, cientistas passam a ter uma percepção mais ampla da atividade pesqueira como uma atividade humana e, portanto, torna-se evidente a necessidade de incluir os pescadores, além de variáveis econômicas e sociais, em estudos científicos sobre a pesca e principalmente em programas de manejo e conservação dos recursos (Roberts 1997; Johannes et al., 2000; Salas & Gaertner 2004; Fulton et al., 2011; Gutiérrez et al., 2011; Hallwass et al., 2013a; Fischer et al., 2014).

Conhecimento Ecológico Local aplicado ao Manejo da Pesca e Conservação

Longas séries de dados de pesca são raras em todo o mundo e mesmo assim abrangem períodos curtos, a maioria menor do que 30 anos (Pinnegar & Engelhard 2007). Essa falta de dados temporais é um desafio adicional para cientistas pesqueiros e conservacionistas em ambientes tropicais, onde mesmo curtas séries de dados são geralmente inexistentes (Johannes 1998; Johannes et al. 2000). Portanto, o conhecimento local de populações humanas que dependem diretamente dos recursos naturais pode ser uma peça chave como ponto de partida para o manejo e conservação dos recursos (Pauly 1995; Huntington 2000, 2011; Johannes et al. 2000; McClenachan et al. 2012; Fischer et al., 2014). Contudo, a ciência pesqueira clássica e a maioria das medidas de manejo têm abordado principalmente a biologia populacional das espécies mais exploradas, sem levar em consideração o fator humano da atividade, sendo este geralmente resumido a conceitos simplistas de “esforço” de pesca (Salas & Gaertner 2004; Fulton et al. 2011).

Estudos sobre o conhecimento ecológico local (CEL) de populações humanas acerca de seus recursos têm recebido bastante atenção na literatura científica nas áreas de ecologia, manejo e conservação, nos últimos anos (Brook & McLachlan 2008; Huntington 2011). Atualmente muitos cientistas têm realizado estudos com populações humanas e incorporado o conhecimento ecológico local dessas populações como complemento em suas pesquisas científicas (Poizat & Baran 1997; Calheiros et al. 2000; Valbo-Jorgensen & Poulsen 2000; Silvano et al. 2006, 2008; Salomon et al. 2007), bem como na formulação de medidas de conservação e manejo participativo dos recursos naturais (Berkes 1999; Johannes et al. 2000; Berkes & Turner 2006; Irvine et al. 2009). Dessa forma, as áreas de Ecologia Humana e Etnoecologia têm auxiliado na mudança de paradigmas na ciência pesqueira, com a inclusão de pessoas (pescadores) na pesquisa

e elaboração de medidas de manejo (co-manejo) adequadas à realidade das populações de pescadores (Begossi 2008).

Estudos sobre o CEL de populações locais e tradicionais (Etnoecologia) fornecem importantes informações sobre as interações ecológicas de diversos recursos utilizados por populações humanas (Huntington 2000; Begossi et al. 2004; Silvano et al. 2006, 2008; Jones et al. 2008). O CEL de pescadores pode revelar importantes informações sobre o tamanho e abundância dos peixes capturados, seu comportamento, bem como indicar a situação dos recursos explorados na pesca atual e passada (Poizat & Baran 1997; Huntington 2000; Johannes et al. 2000; Silvano & Valbo-Jorgensen 2008; Hallwass et al. 2013b; Bender et al. 2014). Através do CEL é possível registrar rotas de migração, período e áreas de desova, bem como a dieta de peixes importantes para a pesca (Valbo-Jorgensen & Poulsen 2000; Silvano et al. 2006, 2008; Silvano & Begossi 2010; Le Fur et al. 2011; Herbst & Hanazaki 2014). Estudos Etnoecológicos também permitem a pesquisadores verificar mudanças ambientais em longo prazo, dificilmente registradas cientificamente (Calheiros et al. 2000; Fernandez-Gimenez 2000; Salomon et al. 2007; Hallwass et al. 2013b), além de proporcionar indícios para novas hipóteses ecológicas (Huntington 2000; Silvano & Valbo-Jorgensen 2008; Silvano et al. 2008).

Além disso, estudos sobre o CEL de usuários de recursos têm sido aplicados no preenchimento de lacunas do conhecimento científico (Huntington 2000; Johannes et al. 2000; Silvano et al. 2006, 2008; Hallwass et al. 2013b). Recentes pesquisas têm aplicado o CEL de pescadores para reconstituir a abundância passada dos recursos e verificar a redução ou mesmo extinção local de espécies (Saénz-Arroyo et al. 2005; Salomon et al. 2007; Ainsworth et al. 2008; Lozano-Montes et al. 2008; Turvey et al. 2010; Hallwass et al. 2013b; Bender et al. 2014). Tal abordagem visa a lidar com o problema de que, na falta de dados pesqueiros de longo prazo, cada geração de cientistas pesqueiros ou mesmo de usuários dos recursos, como os pescadores, tende a aceitar os tamanhos e a composição dos estoques do início de sua carreira como a base de comparação para a avaliação de possíveis mudanças e assim sucessivamente, gerando uma gradual mudança de base de comparação a cada geração de pesquisadores e pescadores, processo esse denominado de “*shifting baselines syndrome*” (Pauly 1995; Ainsworth et al. 2008).

Pesca Continental

A pesca de águas interiores ou continental, a qual ocorre principalmente em países em desenvolvimento na Ásia, África e América do Sul, tem sido historicamente pouco estudada e subavaliada (Welcomme et al. 2010; De Graaf et al. 2015). Essas pescarias caracterizam-se por serem predominantemente de pequena escala, com desembarques dispersos em diversos, pequenos e muitas vezes remotos portos, o que dificulta o seu monitoramento. Além disso, a pesca de pequena escala continental tende a ser altamente complexa em relação à sazonalidade, apetrechos empregados, variedade de habitats explorados e diversidade de espécies capturadas (Petrere 1978a,b; Welcomme 1985, 1999, 2011; Bayley & Petrere 1989; Hallwass et al. 2011). Esta pesca é ainda responsável pela geração de muitos empregos, renda e garante a segurança alimentar de milhões de pessoas em todo o mundo (Welcomme et al. 2010; De Graaf et al. 2015).

Ambientes aquáticos continentais podem ser considerados “bancos naturais”, cujo capital (peixe) é capaz de prover alimento e renda para populações ribeirinhas e, conseqüentemente, tem um papel importante no alívio da pobreza e na segurança alimentar de muitos países (Béné et al. 2009). Assim, a pesca se beneficia diretamente da extração de um amplo capital natural fornecido por ecossistemas aquáticos (Costanza et al. 1997). Portanto, um melhor entendimento da dinâmica da pesca continental é fundamental para o desenvolvimento de políticas públicas que visam à conservação dos ecossistemas aquáticos e dos meios de vidas das populações ribeirinhas que dependem desses recursos (Bayley & Petrere 1989; Welcomme et al. 2010; De Graaf et al. 2015).

Ambientes tropicais apresentam uma grande heterogeneidade ambiental e alta diversidade de espécies de peixes, que influenciam na característica multiespecífica dessas pescarias (Petrere 1978a,b; Welcomme 1985, 1999; Bayley & Petrere 1989; Isaac et al. 1996; Lunn & Dearden 2006; Hallwass et al. 2011). Embora pescarias tropicais têm sido normalmente reconhecidas como multiespecíficas (Pauly et al. 2002; van Oostenbrugge et al. 2002), elas podem apresentar algum nível de seletividade. Desta maneira, as principais espécies alvo podem receber a maior parte da pressão de pesca em ecossistemas aquáticos tropicais. Portanto, é importante distinguir o nível de seletividade entre aquelas pescarias multiespecíficas que distribuem o esforço de pesca entre várias espécies daquelas que concentram a maior parte do esforço em uma única ou poucas espécies alvo (van Oostenbrugge et al. 2002).

Amazônia: Pesca e Impactos Ambientais

A Bacia Amazônica é o maior ecossistema de água doce do mundo, drenando uma área de 7.351.000 Km² e se destacando pela sua pesca continental (Welcomme 1985; Junk et al. 2007). A pesca tem um importante papel na economia e subsistência das populações amazônicas, as quais apresentam uma das maiores médias mundiais de consumo de peixe por habitante (Bayley & Petrere 1989; Batista et al. 1998; Cerdeira et al. 2000; Coomes et al. 2010; Isaac & Almeida 2011). A produção pesqueira calculada para a Bacia Amazônica no ano de 1980 foi de 199.000 t, com um potencial de produção de 900.000 t por ano (Bayley & Petrere 1989). Já a média da produção pesqueira calculada nos principais mercados de peixe da calha dos rios Solimões e Amazonas, entre os anos de 2001 e 2004, foi de 71.000 t (Batista et al. 2012). Além disso, existia cerca de 330.00 pescadores registrados nos sete estados da região norte do Brasil no ano de 2010 (MPA 2012). Contudo, essas estimativas possivelmente são subestimativas do verdadeiro número de pessoas envolvidas na atividade e produção pesqueira (Batista et al. 2004). Por exemplo, um estudo recente no Rio Tocantins mostrou que a pesca artesanal realizada em comunidades ribeirinhas na Amazônia, não registrada oficialmente em amostragens de desembarques pesqueiros, possui cerca de cinco vezes mais pescadores e tem uma produção anual cerca de 2,5 vezes maior do que a produção estimada por estatísticas pesqueiras oficiais realizadas diariamente no mercado urbano da mesma região (Tabela 2 em Hallwass et al. 2011).

A dinâmica da pesca na região amazônica é influenciada pela sazonalidade na hidrologia de seus rios, pulsos de inundação (Junk et al. 1989), e caracteriza-se por explorar uma grande riqueza de espécies em habitats diversos e com múltiplos apetrechos (Petrere 1978a,b; Bayley & Petrere 1989; Batista et al. 1998; Cerdeira et al. 2000; Cetra & Petrere 2001; MacCord et al. 2007; Hallwass et al. 2011). Além disso, é uma pesca praticada quase sempre por pescadores que também exercem outras atividades para complementar sua renda, como por exemplo, a agricultura e pecuária (McGrath et al. 2008; Almeida et al. 2009). Dada a grande importância da pesca artesanal amazônica, existem ainda relativamente poucos estudos detalhados e geralmente pontuais sobre essa pescaria (Petrere 1978a,b; Bayley & Petrere 1989; McGrath et al. 1997; Batista et al. 1998; Cerdeira et al. 2000; Almeida et al. 2001; Cetra & Petrere 2001; MacCord et al. 2007; Isaac et al. 1996, 2008).

Embora o maior mercado de peixe da Amazônia Brasileira (em Manaus-AM) comercialize mais de 100 espécies de peixes (Batista & Petrere 2003; Santos et al. 2006), alguns estudos indicam que poucas espécies podem ser responsáveis pela maioria da biomassa desembarcada nas pescarias Amazônicas (Honda et al. 1975; Merona & Bittencourt 1988; Cerdeira et al. 2000; Cetra & Petrere 2001; Hallwass et al. 2011). Portanto, mesmo considerando que as pescarias na Amazônia podem explorar centenas de espécies de peixes, medidas de manejo devem ser concentradas naquelas espécies que são alvo da pesca. Atualmente, existem indícios de sobre-exploração e substituição das maiores espécies, como o pirarucu (*Arapaima gigas*), tambaqui (*Colossoma macropomum*), dourada (*Brachyplatystoma rousseauxii*) e filhote (*Brachyplatystoma filamentosum*) na Amazônia (Petrere et al. 2004; Isaac et al. 2008, Garcia et al. 2009). O monitoramento da pesca é quase ausente na Amazônia Brasileira e regras de pesca muito restritivas focando toda a assembleia de peixes tendem a causar conflitos com pescadores locais (Hallwass et al. 2013a). Portanto, o nível de seletividade das pescarias tropicais multiespecíficas deve ser avaliado para direcionar planos e políticas de manejo pesqueiro, especialmente na pesca Amazônica.

Atualmente, a principal forma de conservação dos recursos naturais e da biodiversidade na Amazônia é a criação de Unidades de Conservação (UCs) que têm seu principal foco na conservação da floresta e da fauna terrestre (Peres & Zimmerman 2001; Peres 2005; Pinho et al. 2014). Apesar da relevância econômica, social e ecológica da pesca amazônica, a literatura sobre a influência de UCs na exploração de recursos pesqueiros na Amazônia é ainda limitada (Begossi et al. 1999; MacCord et al. 2007; Castello et al. 2009; Begossi 2010; Lopes et al. 2011). Por outro lado, ecossistemas de água doce sofrem ainda intensos impactos e pressões antrópicas que também resultam em fortes efeitos sobre a pesca, como alterações ambientais nas bacias hidrográficas. Entre estas alterações destacam-se: drenagens e alterações de habitats pela agricultura; poluição e degradação da qualidade da água proveniente de centros urbanos, indústrias, agricultura e mineração; e barramentos, modificações de habitats e regulação artificial do fluxo de rios resultantes da construção de hidroelétricas para produção de energia (Welcomme et al. 2010).

Esse infelizmente é o caso da Amazônia, que historicamente sofre com grilagens de terras que tem como cúmplices autoridades municipais, estaduais e federais, trabalho escravo e assassinato de indígenas e lideranças ambientais, opositores do “progresso” (Torres 2005). Além disso, o aumento do desmatamento ilegal na Amazônia obedece ao

interesse do agronegócio para a produção de gado e soja (Nepstad et al. 2002; Torres et al. 2005; Fearnside 2006). Ainda, diversos projetos de hidrelétricas propostos e já em construção simplesmente ignoram pareceres técnicos e são validados através de “canetaços” políticos com o objetivo de defender interesses privados de grandes empreiteiras (Fearnside 2001, 2014, 2015). Se não bastasse isso, recentemente projetos tramitando no Congresso Nacional visam mudanças em UCs e terras indígenas já instituídas na Amazônia (redução de área, mudança de categoria e reclassificação) para facilitar a construção de hidrelétricas e concessões para exploração de minérios (Bernard et al. 2014; Ferreira et al. 2014). Portanto, se considerarmos o atual nível científico e acadêmico dos cursos de nível superior ligados ao meio ambiente e biodiversidade no Brasil, vivemos atualmente um forte retrocesso ambiental, sem precedentes, relacionado à conservação da Floresta Amazônica, incluindo seus recursos pesqueiros.

Objetivos da Tese

O objetivo dessa tese de doutorado é propor sugestões de novos métodos, abordagens ou mesmo formas práticas e aplicáveis para melhorar o manejo e conservação dos recursos pesqueiros na Amazônia. Além disso, pretende-se ampliar e aprofundar o conhecimento científico sobre a pesca artesanal de pequena escala da Amazônia, bem como sobre o CEL de pescadores ribeirinhos acerca da abundância e ecologia dos peixes mais explorados. A tese conta com três capítulos, com objetivos distintos. No capítulo 1 são discutidos os padrões de seletividade da pesca continental da Amazônia, considerada como multiespecífica. Por meio de 15 estudos já publicados (dados secundários), foram analisados amplos padrões temporais e espaciais da composição das capturas em 46 locais ao longo da Bacia Amazônica. Foi identificado o nível de seletividade geral da pesca da Amazônia, as principais espécies capturadas e discutidas possíveis sugestões de manejo. No capítulo 2 é investigada a possível mudança ao longo do tempo na abundância e composição das espécies capturadas na pesca do Baixo Rio Tapajós, por meio do conhecimento local dos pescadores. Nesse capítulo são identificadas as espécies de peixes que diminuíram e aumentaram de abundância ao longo do tempo e discutido a influência das diferentes categorias e tempos de criação das UCs do Baixo Rio Tapajós na conservação dos recursos pesqueiros. No capítulo 3 é proposta uma abordagem de manejo pesqueiro baseado no

CEL de pescadores sobre o tamanho e época reprodutiva das espécies mais capturadas, relacionando esse conhecimento aos dados da literatura científica e de desembarques pesqueiros. Baseado nos resultados são propostas regras prioritárias de manejo pesqueiro para a região do Baixo Rio Tapajós.

CAPÍTULO 1: PADRÕES DE SELETIVIDADE NA PESCA CONTINENTAL DA AMAZÔNIA: IMPLICAÇÕES PARA O MANEJO

Gustavo Hallwass^{1,2*} e Renato A. M. Silvano^{1,2}

¹Dep. Ecologia e PPG Ecologia, UFRGS, CP 15007, 91501-970, Porto Alegre, RS,
Brasil

²Fisheries and Food Institute (FIFO), UNISANTA, Rua Oswaldo Cruz 277, Santos SP,
Brasil

* Autor correspondente. Tel.: +55 51 3308 7673; fax: +55 51 3308 7623.

E-mail: gustavo.hallwass@gmail.com (G. Hallwass).

Observação: este manuscrito foi formatado segundo as normas da revista científica *Environmental Monitoring and Assessment*, a qual pretende-se submeter este artigo. As normas da revista podem ser encontradas em <http://www.springer.com/environment/monitoring+environmental+analysis/journal/10661#>. No entanto, o limite de palavras não foi considerado e as tabelas e figuras foram inseridas ao longo do texto para facilitar a leitura.

Resumo

Pescarias tropicais são consideradas multiespecíficas, mas podem apresentar diferentes níveis de seletividade. Investigamos um amplo padrão temporal e espacial da captura de peixes na pesca de águas interiores tropicais, através de uma meta-análise da composição das capturas em 46 locais ao longo da Bacia Amazônica. Analisamos o nível de seletividade dessas pescarias por meio da proporção (%) da biomassa das principais espécies capturadas; quais variáveis devem influenciar na seletividade (região, ano, produção total, tamanho da população local, número de espécies capturadas, captura por unidade de esforço - CPUE e escala de pesca); e se as cinco espécies mais capturadas diferem entre as regiões Amazônicas. A maioria das pescarias Amazônicas analisadas foram consideradas moderadamente seletivas: em 54% dos locais analisados mais do que um quarto do esforço de pesca foi direcionado para uma espécie e, em 87% das localidades mais da metade do esforço de pesca foi direcionado para as cinco espécies mais capturadas. A pesca comercial apresentou maior seletividade do que a pesca de subsistência. A região do Baixo Amazonas apresentou menor seletividade do que as demais regiões. Onze espécies de peixes (nove delas migratórias) têm recebido maior pressão de pesca nas regiões Amazônicas analisadas e a composição das principais espécies alvo diferiram entre as regiões. Nós abordamos sugestões de manejo considerando as diferenças encontradas na seletividade relacionada à escala de pesca, características ecológicas e culturais regionais. O manejo da pesca deve focar nas espécies mais exploradas e seus comportamentos migratórios, com o objetivo de reduzir a concentração do esforço de pesca através da diversificação das atividades econômicas que garantam a manutenção da renda ao pescador.

Palavras-chave: conservação de peixes; manejo pesqueiro; peixes de água doce; sobrepesca; peixes migratórios; manejo de ecossistemas; monitoramento pesqueiro.

Introdução

Ecossistemas tropicais suportam uma grande heterogeneidade ambiental e alta diversidade de espécies com complexas interações (Pauly 1979; Welcomme 1985). Pescarias tropicais são consideradas multiespecíficas, devido à variedade de artes de pesca empregadas, habitats utilizados e grande diversidade de peixes e invertebrados explorados simultaneamente, sazonalmente ou sequencialmente (Bayley & Petrere 1989; Isaac et al. 1996; Batista et al. 1998; Moses et al. 2002; van Oostenbrugge et al. 2002; Vass et al. 2010). A variação temporal na produção pesqueira e na captura por unidade de esforço (CPUE) em pescarias multiespecíficas diferem daquelas observadas em pescarias monoespecíficas, já que a produção pode ser mantida na pesca multiespecífica através da substituição das espécies de peixes sobre-explotados por espécies menos visadas e de menor porte, o que tende a reduzir a CPUE (Welcomme 1999; van Oostenbrugge et al. 2002; Garcia et al. 2009).

Embora pescarias tropicais têm sido normalmente reconhecidas como multiespecíficas (Bayley & Petrere 1989; Pauly et al. 2002; van Oostenbrugge et al. 2002), elas podem apresentar algum nível de seletividade. Portanto, as principais espécies alvo podem receber a maior parte da pressão de pesca em ecossistemas tropicais aquáticos. Por exemplo, a truta de coral (*Plectropomus* spp.) e o peixe papagaio gigante (*Bolpometodon muricatum*) em recifes de corais na Austrália (Evans & Russ 2004) e nas Ilhas do Pacífico (Aswani & Hamilton 2004); a hilsa (*Tenualosa ilisha*) no Rio Ganges (Vass et al. 2010); e o tambaqui (*Colossoma macropomum*) e o pirarucu (*Arapaima gigas*) na Amazônia (Smith 1985; Bayley & Petrere 1989; Batista & Petrere 2003; Isaac et al. 2008; Garcia et al. 2009). Além disso, a sobre-pesca de grandes espécies alvo pode afetar importantes processos ecológicos, tais como bioerosão e dominância de algas em recifes de corais (Bellwood et al. 2003), abundância das espécies-presa (Graham et al. 2003), e mesmo relações mutualísticas entre peixes (Silvano et al. 2012). Portanto, é importante distinguir o nível de seletividade entre aquelas pescarias multiespecíficas que distribuem o esforço de pesca entre várias espécies daquelas que concentram a maior parte do esforço em uma única ou poucas espécies alvo (van Oostenbrugge et al. 2002).

De acordo com a teoria da biogeografia de ilhas, existe uma relação positiva entre o tamanho (área) das ilhas e a quantidade e diversidade de espécies (McArthur & Wilson 1967). Em ecossistemas de águas interiores, o número de espécies também é

positivamente relacionado à área da bacia hidrográfica (Welcomme 1985, 1999). A Bacia Amazônica é o maior ecossistema de águas interiores do mundo (Welcomme 1985), drena uma área de cerca de 7.351.000 km² e possui uma das maiores riquezas de peixes de água doce do mundo com 2.500 espécies descritas e estimativas de cerca de 1.000 espécies ainda para serem descritas (Junk et al. 2007). A atividade pesqueira tem um importante papel na economia e subsistência das populações Amazônicas: o peixe é uma das principais fontes de proteína animal consumida na Bacia Amazônica (Petrere 1978a,b; Bayley & Petrere 1989; Batista et al. 1998; Cerdeira et al. 2000; Isaac & Almeida 2011). A produção pesqueira calculada para a Bacia Amazônica no ano de 1980 foi de 199.000 t, com um potencial de produção de 900.000 t por ano (Bayley & Petrere 1989). No entanto, embora o maior mercado de peixe da Amazônia Brasileira (em Manaus-AM) comercialize mais de 100 espécies de peixes (Batista & Petrere 2003; Santos et al. 2006), alguns estudos indicam que poucas espécies podem ser responsáveis pela maioria da biomassa desembarcada nas pescarias Amazônicas (Bayley & Petrere 1989; Cerdeira et al. 2000; Cetra & Petrere 2001; Batista & Petrere 2003; Hallwass et al. 2011). Um problema adicional é que o pescado desembarcado na Amazônia Brasileira tem sido registrado por nomes populares, que podem corresponder a mais de uma espécie biológica de peixe, com diferentes histórias de vida (Santos et al. 2006). Portanto, mesmo considerando que as pescarias na Amazônia podem explorar centenas de espécies de peixes, medidas de manejo devem ser concentradas naquelas espécies que são alvo da pesca atualmente. O monitoramento é quase ausente na Amazônia Brasileira e regras de pesca muito restritivas focando toda a assembleia de peixes tendem a causar conflitos com pescadores locais (Hallwass et al. 2013a). Portanto, o nível de seletividade das pescarias tropicais multiespecíficas deve ser avaliado para direcionar planos e políticas de manejo pesqueiro, especialmente na pesca Amazônica.

Analizamos estudos amplamente distribuídos pela Bacia Amazônica para avaliar a seletividade da pesca e sugerir formas para melhorar o manejo pesqueiro. Fizemos uma meta-análise dos padrões espaciais e temporais da captura de peixes e analisamos as cinco espécies mais exploradas nesses locais para testar as seguintes hipóteses e questões científicas.

1) Qual é o nível de seletividade da pesca multiespecífica da Amazônia? Baseado em dados de estudos prévios (Bayley & Petrere 1989; Cerdeira et al. 2000; Cetra & Petrere 2001; Batista & Petrere 2003; MacCord et al. 2007; Hallwass et al. 2011), nós

esperamos que a maioria dessas pescarias devem concentrar o esforço de pesca em uma ou poucas espécies.

2) Quais as variáveis que influenciam a seletividade na pesca da Amazônia? Nós esperamos que a seletividade pesqueira seja positivamente relacionada à CPUE e a produção anual total, e inversamente relacionada ao número de espécies e ao ano em que o estudo foi conduzido. De acordo com Welcomme (1985, 1999), na pesca multiespecífica, as maiores e preferidas espécies tendem a ser sobre-pescadas e então substituídas por espécies menores e menos valiosas ao longo do tempo, com um aumento no número de espécies e no esforço de pesca para manter a produção total, que leva a redução da CPUE nas pescarias mais recentes. Estudos que relacionam as teorias ecológicas de nicho e dieta ótima à dinâmica da pesca (Begossi & Richerson 1992, 1993) também indicam uma relação positiva entre seletividade e a CPUE e produção anual total: pescadores de ambientes menos produtivos tendem a expandir sua amplitude alimentar, capturando peixes menos preferidos, enquanto que pescadores de locais mais produtivos devem concentrar o esforço de pesca nas espécies mais valiosas e/ou preferidas. Nós também supomos que a seletividade da pesca deve diferir entre as quatro regiões geográficas Amazônicas analisadas, pois a ocorrência e captura das espécies alvo podem ser influenciadas pela alta heterogeneidade ambiental e restrições ecológicas (propriedades físico-químicas da água e quantidade de nutrientes, por exemplo) (Welcomme 1985). A relação com o tamanho da população é menos previsível: a demanda pelas espécies preferidas pode aumentar a seletividade, mas por outro lado, uma demanda muito alta poderia reduzir a seletividade para suprir a necessidade de peixe da população. Nós também esperamos que pescarias comerciais com o foco em grandes mercados sejam mais seletivas, visto que o pescado pode ser desembarcado por atravessadores que compram o peixe de pescadores ribeirinhos e revendem nos mercados, selecionando assim as espécies preferidas (Petrere 1978a,b; Bayley & Petrere 1989; Hallwass et al. 2011).

3) Existe diferença entre as cinco espécies de peixe mais capturadas nas quatro regiões geográficas Amazônicas analisadas? Nós esperamos que a composição das cinco espécies mais capturadas deva diferir entre as regiões, visto que podem haver diferenças com relação às características ecológicas devido a alta heterogeneidade dos ambientes tropicais (Welcomme 1985) ou preferências de mercado. A identificação das diferenças regionais quanto às espécies mais capturadas auxiliará na elaboração de planos de manejo pesqueiro específicos e de acordo com a realidade de cada região Amazônica.

Material e Métodos

Área de estudo

Nós compilamos dados de desembarques pesqueiros de estudos conduzidos em toda a Bacia Amazônica (Fig. 1.1 e Tab. 1.1). Nós organizamos os 46 locais analisados (normalmente cidades ou pequenas comunidades ribeirinhas) em quatro amplas regiões geográficas: Amazônia Central, Sudoeste da Amazônia, Baixo Amazonas e Leste da Amazônia (Fig. 1.1). Algumas das localidades analisadas podem incluir uma ampla área, por exemplo, Manaus está localizada na Amazônia Central (Fig. 1.1 e Tab. 1.1) e é o maior mercado analisado, recebendo peixes de vários Rios Amazônicos (Purus, Médio e Baixo Solimões, Madeira, Alto Amazonas e Juruá) (Batista & Petreire 2003; Fernandes et al. 2009). Além disso, a região sudoeste compreende rios de águas brancas próximos aos Andes no Peru e Alto Rio Madeira. Apesar da grande distância entre os locais analisados (não foram encontrados estudos nos rios Juruá e Purus) e possível alta heterogeneidade ambiental, a região foi agrupada visando as análises estatísticas.

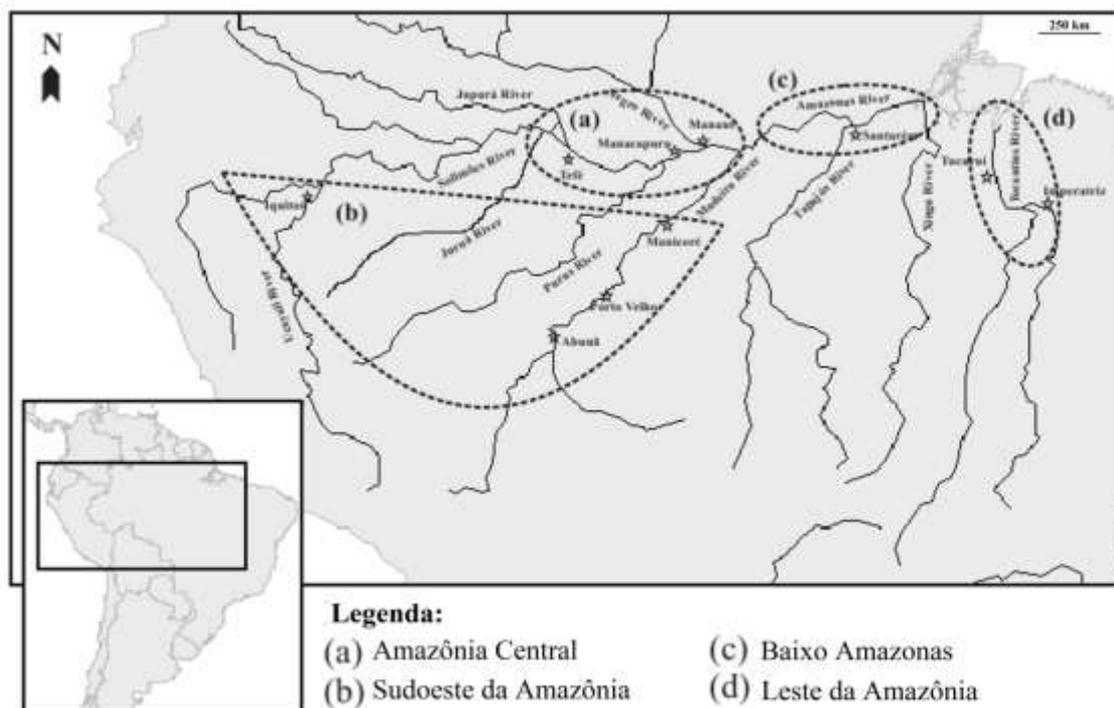


Figura 1.1. Bacia Amazônica com os principais Rios: as regiões analisadas são identificadas pelos contornos tracejadas e por letras, a) Amazônia Central; b) Sudoeste da Amazônia; c) Baixo Amazonas; e d) Leste da Amazônia.

Coleta de dados

Nós pesquisamos publicações sobre a pesca Amazônica nas plataformas científicas Thomson Reuters Web of Knowledge (ISI) e Scientific Electronic Library Online (SciELO), bem como na literatura cinza (relatórios e teses). Nós utilizamos os termos “pesca” e “Amazônia” (em inglês e português) na pesquisa nas plataformas ISI e SciELO, que resultou em 169 e 29 estudos, respectivamente. Esses resultados foram similares aos encontrados por Alves e Minte-Vera (2013), que registraram 103 estudos na Bacia Amazônica mais nove na Bacia Araguaia-Tocantins que aqui nós incluímos como parte da Bacia Amazônica (Leste da Amazônia).

Nós selecionamos apenas os estudos que informaram a biomassa de no mínimo as cinco espécies de peixes mais capturadas, pois cinco espécies normalmente são responsáveis pela maior parte das capturas (Bayley & Petrere 1989; Batista et al. 1998; Batista & Petrere 2003; Castello et al. 2011; Hallwass et al. 2011). Além disso, muitos estudos não apresentam a lista completa das espécies capturadas. Nós também

incluímos em nossa pesquisa revistas científicas brasileiras e livros que não fazem parte das bases de dados científicas internacionais. Assim, nós selecionamos e analisamos 15 estudos publicados que informaram os dados necessários sobre os desembarques pesqueiros de 46 locais na Bacia Amazônica (Tab. 1.1). Nós selecionamos para nossa meta-análise aqueles estudos que descreveram uma metodologia clara para o registro dos desembarques pesqueiros em locais e portos bem definidos, que incluíram um razoável tempo de amostragem (meses ou anos) em ao menos duas épocas do ciclo hidrológico (seca e cheia), e que apresentaram os dados do número de espécies capturadas, produção anual total e, quando possível, CPUE.

Nós consideramos os locais de desembarque pesqueiro como unidades amostrais para as análises. Esses locais incluem desde pequenas comunidades de pesca até grandes cidades Amazônicas com milhares de pessoas, tal como Manaus, que tem mais de um milhão de habitantes. Nós separamos as pescarias analisadas em duas escalas (comercial e subsistência) de acordo com Bayley & Petrere (1989) e Isaac & Barthem (1995). Pescarias comerciais foram consideradas aquelas que desembarcaram o peixe em mercados urbanos, usando principalmente barcos a motor ou canoas motorizadas com capacidade para estocagem de peixe e gelo. Pescarias de subsistência foram consideradas aquelas que desembarcaram o peixe em pequenas comunidades usando principalmente canoas a remo ou pequenos motores de popa e que utilizavam as vezes pequenas caixas de isopor (baixa capacidade de estocagem). Pescadores de subsistência eventualmente vendem ou doam o excedente de suas capturas. Nós adotamos esse critério, pois o tipo de embarcação influencia na área de pesca explorada pelos pescadores, bem como o tamanho do barco, combustível gasto e capacidade de estocagem (quantidade de gelo) apresentam relação positiva com a quantidade de peixe capturado nas pescarias comerciais da Amazônia (Almeida et al. 2003; Gonçalves & Batista 2008; Isaac et al. 2008). Nós não conseguimos diferenciar a pesca comercial em categorias mais refinadas, devido à falta de informações detalhadas sobre essas pescarias, tal como o tamanho e capacidade das embarcações, potência do motor e quantidade de gelo.

O tamanho da população foi categorizado em pequeno (0 a 10.000 habitantes), médio (10.001 a 50.000) e grande (acima de 50.001). Se não informado nos estudos analisados, nós pesquisamos os dados populacionais no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE). Nós consideramos o ano quando o estudo foi realizado ou a média dos anos amostrados quando o estudo incluiu dados de mais de um ano.

Estudos de desembarques pesqueiros na Amazônia geralmente registram os peixes pelo nome popular, mas nós incluímos em nossa meta-análise aqueles estudos que informaram ambos, nomes populares e científicos dos peixes capturados. Nós também checamos a correspondência entre os nomes popular e científicos das principais espécies capturadas nos desembarques através do banco de dados do FishBase (Froese & Pauly 2012) para verificar quantas espécies científicas correspondem a cada nome popular. Nós também consultamos inventários de peixes da Amazônia que mencionam ambos os nomes populares e científicos (Santos et al. 2004, 2006). Portanto, quando um nome popular incluiu mais de uma espécie biológica, nós dividimos a quantidade da biomassa registrada para esse peixe entre as espécies científicas registradas na região. Por exemplo, nós dividimos a biomassa registrada para o *jaraqui* entre duas espécies (*Semaprochilodus insignis* e *S. taeniurus*), pois esse nome popular corresponde a essas duas espécies na maioria das regiões Amazônicas, com exceção do Leste da Amazônia, onde ocorre somente uma espécie (*S. brama*).

Nós não incluímos as artes de pesca utilizadas em nossas análises por que na maioria das localidades analisadas os pescadores utilizam principalmente redes malhadeiras (usadas em mais de 50% dos desembarques). Somente em três dos 39 locais analisados, onde encontramos informações os pescadores utilizam redes malhadeiras em menos de 50% dos desembarques (Tab. 1.1).

Tabela 1.1. Características e dados de desembarques pesqueiros das 46 localidades analisadas nas quatro regiões geográficas da Bacia Amazônica, com suas respectivas fontes originais. Códigos para as pescarias analisadas (local e ano) são os mesmos apresentados na Fig. 1.3.

Região	Local	Código	Ano	Número de espécies capturadas^a	Produção Anual (t)	CPUE (kg/pescador /dia)	Tamanho da população^b	Escala de pesca	Frequência de uso de malhadeira	Fonte
Amazônia Central	Manaus	Ma_70	1970	36	10859	-	Grande	Comercial	> 75%	Honda et al. (1975)
		Ma_71	1971	36	11130	-	Grande	Comercial	> 75%	
		Ma_72	1972	36	11144	-	Grande	Comercial	> 75%	
		Ma_73	1973	36	9538	-	Grande	Comercial	> 75%	
		Ma_74	1974	36	14746	-	Grande	Comercial	> 75%	
		Ma_94	1994	39	25084	-	Grande	Comercial	NI ^c	Batista & Petrere (2003)
		Ma_95	1995	39	22322	-	Grande	Comercial	NI ^c	
		Ma_96	1996	39	23589	-	Grande	Comercial	NI ^c	
		Ma_99	1999 ^d	-	-	-	Grande	Comercial	100%	Fernandes et al. (2009) ^d
	Manacapuru	Mu_03	2003 ^e	-	592 ^f	-	Grande	Comercial	100%	
		Mu_01	2001	34	2104,2	100	Grande	Comercial	NI ^c	Gonçalves & Batista (2008)
		Mu_02	2002	32	2065,6	100	Grande	Comercial	NI ^c	
	Jarauá	Ja_03	2003	26	199,3 ^g	46,3	Pequeno	Comercial	24%	MacCord et al. (2007)
	Ebenezer	Eb_03	2003	45	61,6 ^g	50,4	Pequeno	Comercial	70%	
Sudoeste da	Manicoré	Me_02	2002	32	225,4	-	Médio	Comercial	NI ^c	Cardoso &

Amazônia										Freitas (2008)
	Porto Velho	PV_04	2004	56	310,1 ^h	35,2	Grande	Comercial	> 50%	Doria et al.
	Guajará-Mirim	GM_04	2004	53	107,4 ^h	65	Médio	Comercial	> 50%	(2012)
	Teotônio	Te_04	2004	47	4,6	26,6	Pequeno	Comercial	> 50%	
	Jacy Paraná	JP_04	2004	52	14,3	11,1	Pequeno	Comercial	> 50%	
	Nova Mamoré	NM_04	2004	54	18	22,2	Médio	Comercial	> 50%	
	Abunã	Ab_04	2004	52	5,4	11,1	Pequeno	Comercial	> 50%	
	Loreto region	Lo_95	1995 ^e	65	12368 ^f	-	Grande	Comercial	NI ^c	Garcia et al. (2009)
Baixo Amazonas	Santarém	Sa_92	1992	-	3713	-	Grande	Comercial	> 50%	Ruffino & Isaac (1994)
		Sa_93	1993	63	4280	14	Grande	Comercial	> 70%	Isaac et al. (1996)
	Monte Alegre	MA_94	1994	70	8320	22	Grande	Comercial	> 50%	Cerdeira et al. (2000)
	Aracampina	Ar_05	2005 ^e	40	111	8 ⁱ	Pequeno	Subsistência	65%	Castello et al.
	Pixuna	Px_05	2005 ^e	40	89	10,6 ⁱ	Pequeno	Subsistência	55%	(2013)
	Santa Maria	SM_05	2005 ^e	40	128	9,4 ⁱ	Pequeno	Subsistência	65%	
	Santana	Sn_04	2004 ^e	40	395	11 ⁱ	Pequeno	Subsistência	58%	

	São Benedito	SB_96	1996 ^e	40	38	8 ⁱ	Pequeno	Subsistência	24%	
	São José	SJ_96	1996 ^e	40	93	4,8 ⁱ	Pequeno	Subsistência	66%	
	São Miguel	Si_04	2004 ^e	40	48	13,8 ⁱ	Pequeno	Subsistência	0%	
	São Raimundo	SR_96	1996 ^e	40	63	5,4 ⁱ	Pequeno	Subsistência	57%	
Leste da	Cametá	Ca_81	1981	46	596,1	-	Médio	Comercial	> 50%	Mérona et al.
Amazônia ^j	Mocajuba	Mo_81	1981	50	251,7	-	Pequeno	Comercial	> 50%	(2010)
	Itaquara	It_81	1981	50	34,5	-	Pequeno	Subsistência	75%	
	Tucuruí	Tu_81	1981	60	414,6	-	Grande	Comercial	> 50%	
	Marabá	Mr_81	1981	50	315,4	-	Médio	Comercial	> 50%	
	Imperatriz	Im_88	1988	64	857,5	5,3	Grande	Comercial	> 50%	Cetra & Petreere
	Imperatriz	Im_98	1998	69	7452,4	-	Grande	Comercial	> 50%	(2001)
	Baião	Ba_07	2007	18	58,2	30,2	Médio	Comercial	> 90%	Hallwass et al.
	Açaizal	Ac_07	2007	39	36,8	7,1	Pequeno	Subsistência	94%	(2011)
	Calados	Cl_07	2007	39	16,2	4,4	Pequeno	Subsistência	> 50%	
	Itaquara	It_07	2007	57	41,6	5,7	Pequeno	Subsistência	55%	
	Joana Peres	JP_07	2007	42	30,2	8	Pequeno	Subsistência	70%	
	Umarizal	Um_07	2007	40	16,4	5,1	Pequeno	Subsistência	54%	

^a Número de espécies se refere aos nomes populares registrados nas capturas, que podem corresponder a grupos de espécies biológicas.

^b Tamanho da população foi categorizado com base no número de habitantes em cada local analisado: pequeno (1 a 10.000 habitantes), médio (10.001 a 50.000) e grande (≥ 50.001).

^c NI: Não Informado, não foi mencionado no estudo a frequência de utilização das artes de pesca nos desembarques pesqueiros amostrados.

^d Este estudo incluiu somente desembarques pesqueiros que utilizaram redes malhadeiras.

^e Este valor corresponde ao ano central (mediana) dos anos amostrados no estudo.

^f Este valor corresponde a média da produção anual total dos anos amostrados no estudo.

^g Nós estimamos a produção anual dessas localidades considerando seis dias de pesca na semana durante 52 semanas no ano, ou 312 dias de pesca no ano (156 dias em cada ciclo hidrológico), que foram multiplicados pela média da captura diária (kg) em cada ciclo hidrológico (seca e cheia).

^h Essa produção foi obtida em apenas um local de desembarque e não representa a produção total da cidade.

ⁱ A CPUE foi originalmente calculada em kg/pescador/hora, mas nós multiplicamos esse valor por 8 horas, que é a média de tempo gasto por viagem de pesca, encontrado por Cerdeira et al. (2000) no Baixo Amazonas.

^j Estudos conduzidos no Rio Tocantins, Amazônia Brasileira.

Análise dos dados

Nós não encontramos na literatura um claro indicador do nível de seletividade para pescarias multiespecíficas. Assim, nós arbitrariamente organizamos os dados em quatro categorias de seletividade de acordo com a proporção da biomassa da principal espécie capturada: a) $> 50\%$ do total da biomassa capturada, alta seletividade; b) 25-50% do total da biomassa, moderada seletividade; c) 10-24% do total da biomassa, baixa seletividade; d) $< 10\%$ do total da biomassa, multiespecífico, como o esforço é distribuído entre várias espécies. Nós também aplicamos essas categorias para as três e cinco espécies mais capturadas.

Os cálculos de seletividade foram baseados na proporção da primeira, das três e cinco espécies mais capturadas em cada localidade. Então, nós fizemos análises exploratórias para verificar a possível influência das seguintes variáveis na seletividade observada em cada localidade: região da Bacia Amazônica, ano em que o estudo foi realizado (ano da coleta de dados), número total de espécies capturadas, captura por unidade de esforço (CPUE), tamanho da população da localidade, produção anual total e escala de pesca (comercial ou subsistência). Nós analisamos os dados por meio de regressão para verificar a influência de quatro variáveis independentes contínuas (ano, número de espécies, produção total e CPUE) em relação às variáveis dependentes de seletividade (proporção da primeira, das três e cinco espécies mais capturadas em cada local), considerando as 46 localidades analisadas (Tab. 1.1). A análise da CPUE (kg/pescador/dia) foi baseada em apenas 27 locais, devido à falta desses dados para as outras 19 localidades. Na análise de regressão, nós testamos diferentes ajustes de curvas (linear, exponencial, logarítmica e geométrica) para verificar possíveis relações não lineares. Nós fizemos o teste não paramétrico de Mann-Whitney (U) para verificar as diferenças na seletividade entre as pescarias comerciais e de subsistência. Analisamos também, por meio do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis com teste de Dunn a posteriori, a influência de duas variáveis categóricas independentes (região e tamanho da população) na seletividade da pesca. Nós realizamos testes não paramétricos, pois as variâncias não foram homogêneas. Todos os testes estatísticos foram feitos utilizando o software R (R 2009).

Nós fizemos uma ordenação multidimensional não métrica (NMDS) baseada em distâncias de Bray-Curtis e aleatorizações (10.000 permutações) para verificar

diferenças na composição das capturas entre os 46 locais analisados nas quatro regiões estudadas (Fig. 1.1). A matriz de dados incluiu a proporção da biomassa das cinco espécies que foram mais capturadas em cada localidade (36 espécies no total). Então, nós rodamos uma análise de similaridade (ANOSIM) para comparar a composição das espécies mais capturadas entre as quatro regiões analisadas, seguida da análise de percentual de similaridade (SIMPER) para indicar quais as espécies que mais explicaram a dissimilaridade entre as regiões. As análises de NMDS, ANOSIM e SIMPER foram feitas no programa PRIMER 6 (Clarke & Gorley 2006).

Resultados

Seletividade da pesca multiespecífica da Amazônia

Quando apenas a espécie mais capturada é considerada, 54% dos locais analisados apresentaram tendência a serem moderadamente seletivos, 44% apresentaram baixa seletividade e poucos locais foram altamente ou não seletivos (4% e 2%, respectivamente) (Fig. 1.2).

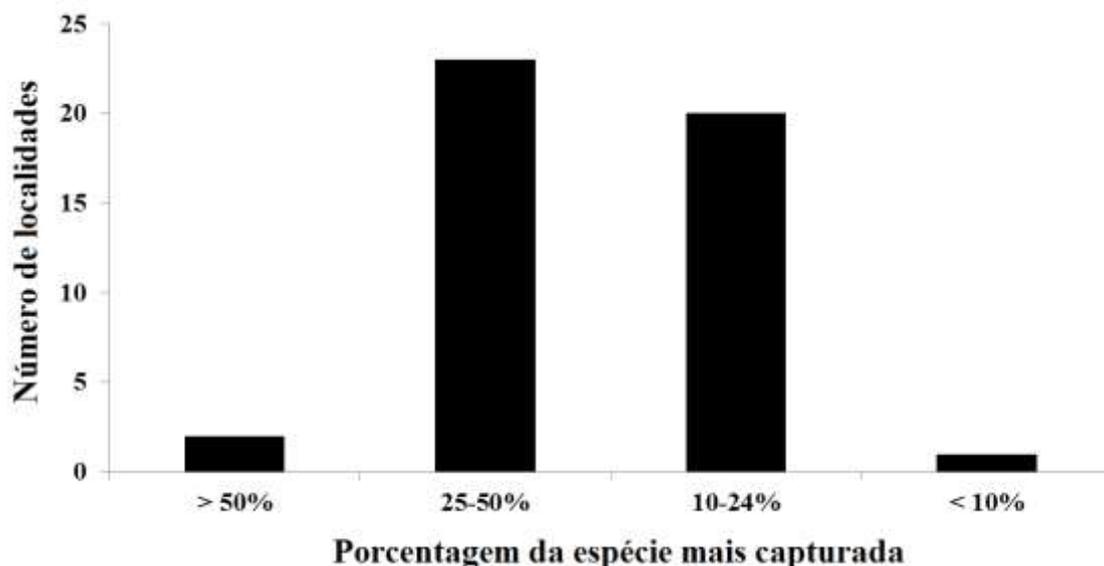


Figura 1.2. Número de locais ($n = 46$) e a proporção da biomassa da espécie mais capturada nas quatro regiões da Bacia Amazônica.

As três espécies mais capturadas representaram mais da metade da biomassa total desembarcada em 52% dos locais analisados e mais de 25% do total da biomassa em todos os locais, enquanto que as cinco espécies mais capturadas foram responsáveis por mais da metade do total da biomassa em 87% das localidades (Fig. 1.3). Portanto, relativamente poucas pescarias na Amazônia apresentam alta seletividade (capturando principalmente uma espécie), mas a maioria das pescarias estudadas concentra o esforço de pesca em poucas espécies (até cinco) (Fig. 1.3).

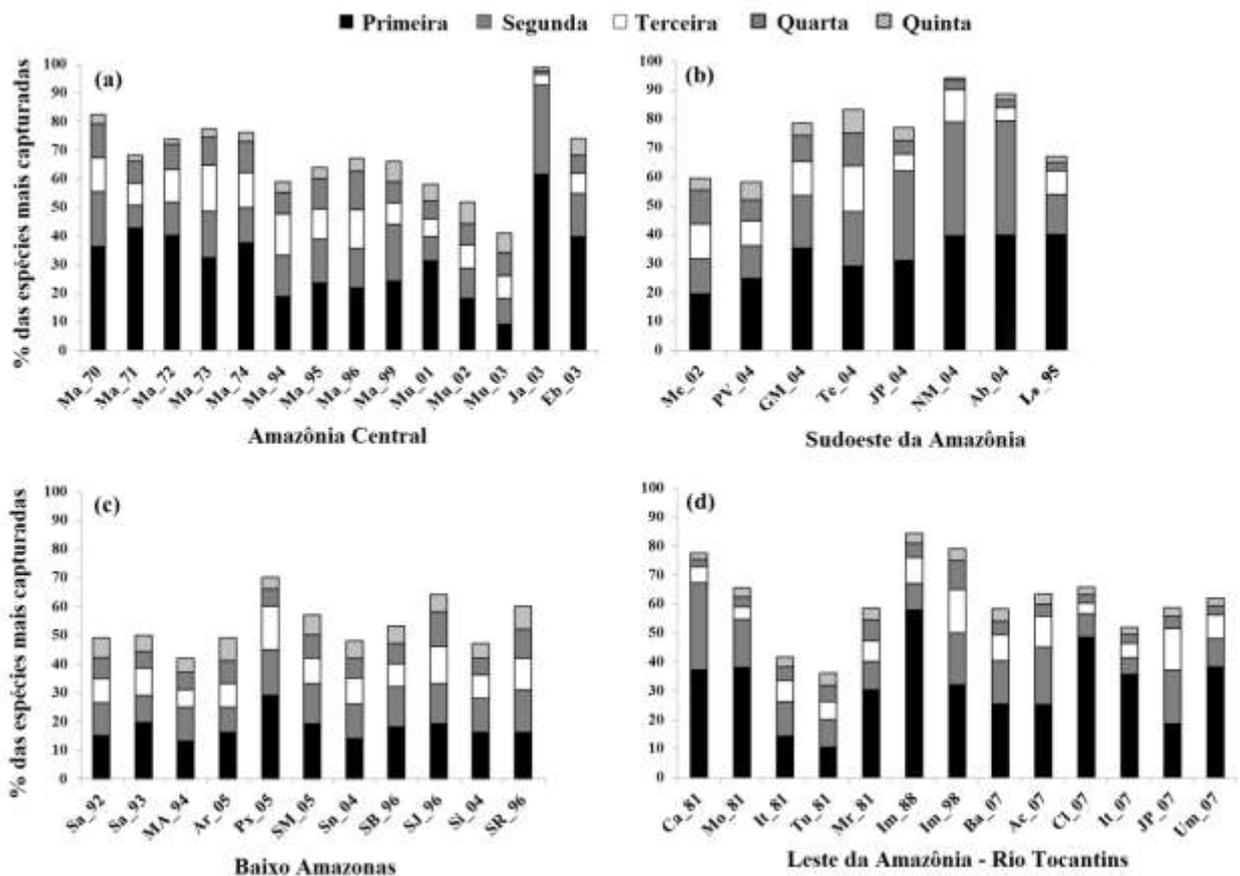


Figura 1.3. Porcentagem do total da biomassa que corresponde às cinco espécies mais capturadas nos 46 locais analisados nesse estudo, separados nas quatro regiões Amazônicas. Detalhes e códigos das localidades são apresentados na Tabela 1.1.

Variáveis influenciando a seletividade da pesca na Amazônia

De todas as variáveis analisadas, somente a escala de pesca e região influenciaram a seletividade. As pescarias comerciais foram mais seletivas considerando

a proporção da biomassa da primeira ($U = 141,5$; $p = 0,02$; Fig. 1.4a), das três primeiras ($U = 146,5$; $p = 0,03$; Fig. 1.4b) e das cinco ($U = 154$; $p = 0,05$; Fig. 1.4c) espécies mais capturadas.

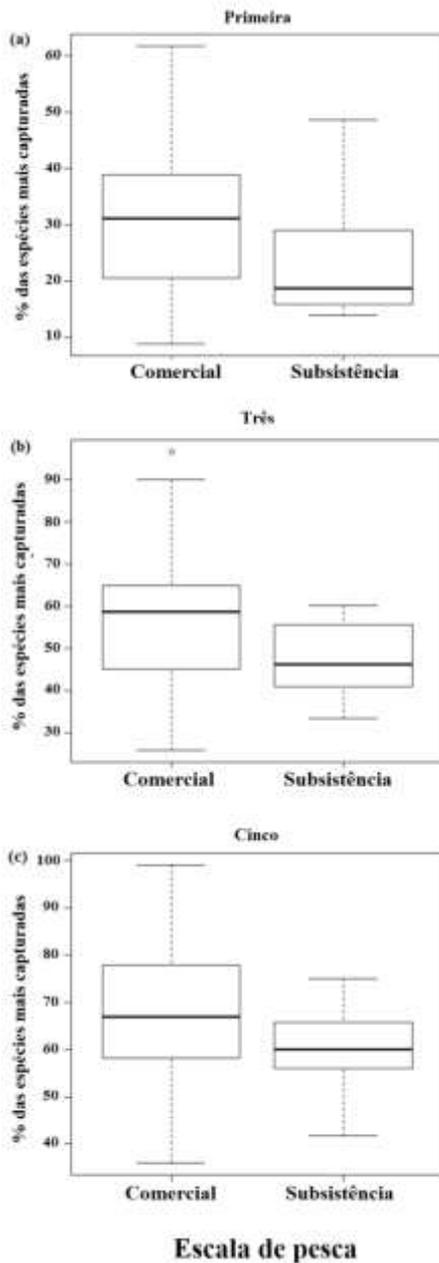


Figura 1.4. Comparação entre a seletividade da pesca comercial e de subsistência na Bacia Amazônica ($n = 46$) baseada na proporção da a) primeira; b) três; e c) cinco espécies mais capturadas em cada localidade. A linha preta dentro do boxplot é a mediana, as linhas verticais são os valores máximos e mínimos e as linhas limites do boxplot são os quartis (25% e 75%). Círculos são *outliers*.

A região do Baixo Amazonas apresentou menor seletividade do que as demais regiões, considerando a proporção da biomassa da espécie mais capturada ($H = 14,8$; $p = 0,002$; Fig. 1.5a). Quando consideramos a proporção da biomassa das três espécies mais capturadas, o Baixo Amazonas apresentou seletividade menor do que as regiões Central e Sudoeste da Amazônia ($H = 12,7$; $p = 0,005$; Fig. 1.5b), e quando consideramos as cinco espécies mais capturadas a região do Baixo Amazonas apresentou menor seletividade do que a região do Sudoeste da Amazônia ($H = 9,4$; $p = 0,02$; Fig. 1.5c). Nenhuma das outras variáveis independentes analisadas (ano, número de espécies capturadas, produção anual total, CPUE e tamanho da população) foram relacionadas à seletividade pesqueira ($p > 0,15$ em todos os ajustes de curvas).

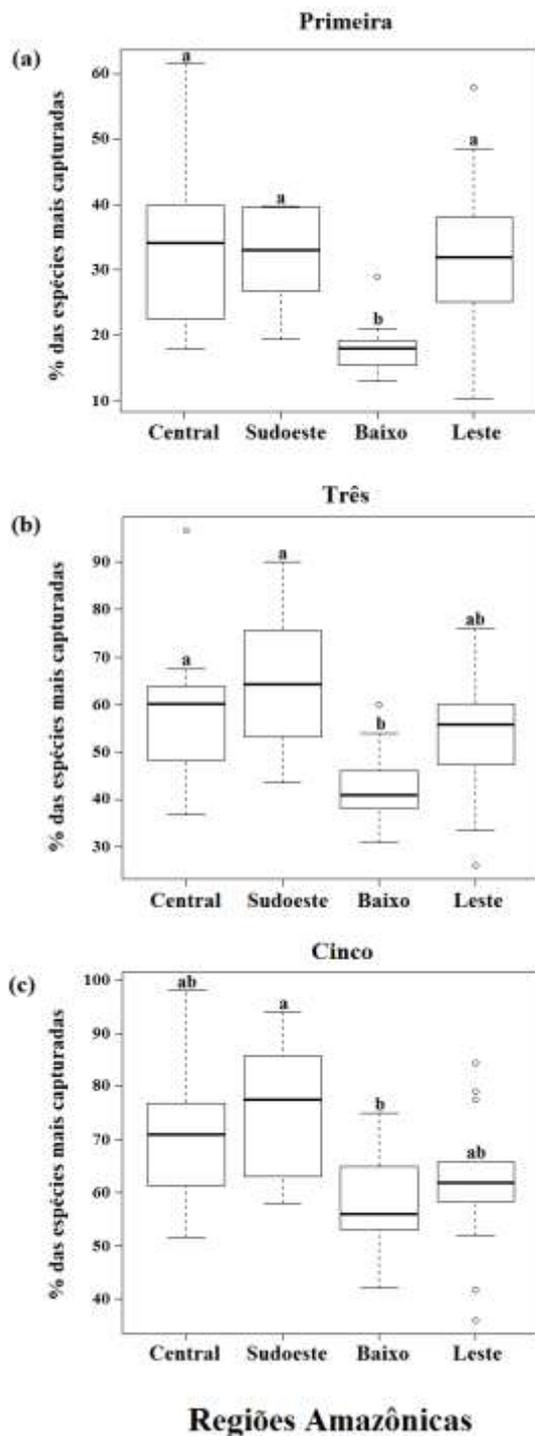


Figura 1.5. Comparação entre as quatro regiões da Bacia Amazônica ($n = 46$) em relação à seletividade pesqueira, baseada na proporção da a) primeira; b) três; e c) cinco espécies mais capturadas em cada localidade. A linha preta dentro do boxplot é a mediana, as linhas verticais são os valores máximos e mínimos e as linhas limites do boxplot são os quartis (25% e 75%), teste de Dunn a posteriori: $a > b$, $p < 0,05$. Círculos são *outliers*.

Comparação das espécies mais capturadas entre as regiões Amazônicas

A análise do ANOSIM ($Global R = 0,59$; $p = 0,001$) indicou diferenças na composição das cinco espécies mais capturadas entre as quatro regiões geográficas analisadas (Fig. 1.6). De acordo com a análise do SIMPER, a média de similaridade foi baixa entre as localidades dentro das regiões (Amazônia Central = 49,6%; Baixo Amazonas = 58,7%; Sudoeste da Amazônia = 26,5%; Leste da Amazônia = 42,3%), enquanto que a média de dissimilaridade foi alta entre as regiões (todas $> 66\%$, Tab. 1.2).

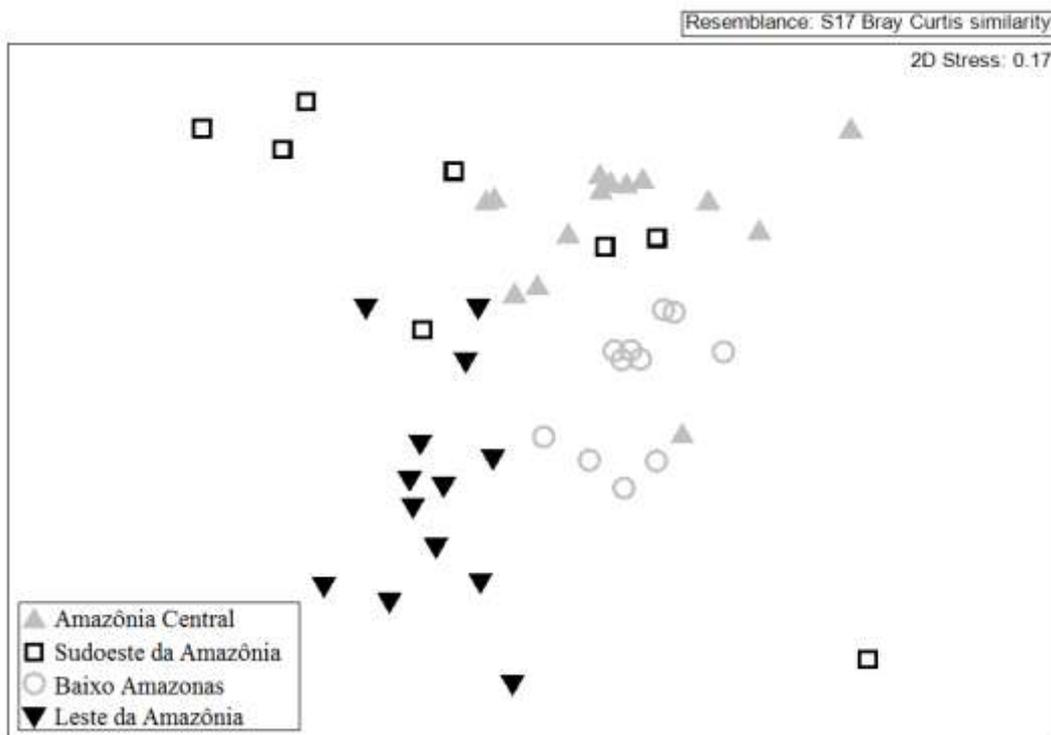


Figura 1.6. Ordenação NMDS ($stress = 0,17$) baseada na composição (% da biomassa) das cinco espécies mais capturadas nas 46 localidades das quatro regiões da Bacia Amazônica.

Tabela 1.2. Dissimilaridade (%) das espécies mais capturadas entre as quatro regiões da Bacia Amazônica (análise do SIMPER).

Comparação entre as regiões (% de dissimilaridade)	Sudoeste da Amazônia	Baixo Amazonas	Leste da Amazônia
Amazônia Central	74,3	66,4	78,6
Sudoeste da Amazônia	-	77,8	82,9
Baixo Amazonas		-	72,1

As espécies de peixes que mais influenciaram as diferenças observadas entre as regiões foram o tambaqui (*Colossoma macropomum*) e duas espécies de jaraqui (*Semaprochilodus spp.*), que foram mais abundantes na Amazônia Central e diferenciaram essa região das outras. Os peixes mais abundantes na região do Baixo Amazonas foram o surubim (*Pseudoplatystoma fasciatum*) e o acari (*Pterygoplichthys pardalis*) que diferenciaram essa região das demais, enquanto que a dourada (*Brachyplatystoma rousseauxii*) diferiu o Baixo Amazonas das regiões Central e Leste da Amazônia e o tambaqui diferiu a região do Baixo Amazonas das regiões Sudoeste e Leste. Duas espécies de matrinhã (*Brycon cephalus* e *B. amazonicus*) foram as mais abundantes no Sudoeste da Amazônia, distinguindo essa região das demais. No Leste da Amazônia as espécies mais abundantes foram a pescada (*Plagioscion squamosissimus*) e o mapará (*Hypophthalmus marginatus*) (Tab. 1.3). O curimatá (*Prochilodus nigricans*) esteve entre os peixes mais capturados em todas as regiões analisadas (Tab. 1.3).

Tabela 1.3. Contribuição das espécies mais capturadas para a dissimilaridade observada (análise do SIMPER) entre as quatro regiões da Bacia Amazônica: Amazônia Central (AC), Sudoeste da Amazônia (SA), Baixo Amazonas (BA) e Leste da Amazônia (LA). São apresentados apenas os peixes que contribuíram com mais de 5% do total da dissimilaridade.

Nome popular	Nome científico ^a	Comportamento migratório ^b	Abundância por região ^c				Comparações (% dissimilaridade)	Média dissimilaridade (± desvio padrão) ^d	Contribuição (%) ^e
			AC	SA	BA	LA			
Tambaqui	<i>Colossoma macropomum</i>	Migratório	24,2	6,1	11,8	0,02	AC X SA	11,7 ± 1,6	15,7
							AC X BA	9,5 ± 1,6	14,3
							SA X BA	5,9 ± 1,9	7,6
							AC X LA	14,0 ± 1,7	17,8
							BA X LA	6,9 ± 2,4	9,5
Matrinchã1	<i>Brycon cephalus</i>	Migratório	2,5	14,7	0	0,5	AC X SA	8,1 ± 0,9	10,9
							SA X BA	8,2 ± 0,8	10,6
							SA X LA	8,3 ± 0,8	10,0
Matrinchã2	<i>Brycon amazonicus</i>	Migratório	0,7	14,6	0	0,4	AC X SA	8,0 ± 0,8	10,8
							SA X BA	8,2 ± 0,8	10,6
							SA X LA	8,3 ± 0,8	10,0
Surubim	<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	Migratório	0,8	1,8	11,2	0,6	AC X BA	6,0 ± 2,8	9,0
							BA X LA	6,2 ± 3,1	8,6

							SA X BA	5,3 ± 2,6	6,9
Dourada	<i>Brachyplatystoma</i>	Migratório	0,8	6,2	6,1	2,0	AC X BA	3,5 ± 0,9	5,3
	<i>rousseauxii</i>						SA X BA	4,5 ± 0,9	5,7
Acari	<i>Pterygoplichthys</i>	Sedentário	0,1	0,2	10,5	0,8	AC X BA	5,9 ± 1,4	9,0
	<i>pardalis</i>						SA X BA	5,8 ± 1,4	7,5
							SA X LA	5,7 ± 1,3	7,9
Jaraqui1	<i>Semaprochilodus</i>	Migratório	8,1	2,4	1,7	2,5	AC X BA	4,2 ± 1,5	6,3
	<i>spp.</i>						AC X SA	4,2 ± 1,4	5,6
							AC X LA	4,2 ± 1,4	5,4
Jaraqui2	<i>Semaprochilodus</i>	Migratório	8,1	2,4	0,4	-	AC X BA	4,5 ± 1,5	6,8
	<i>spp.</i>						AC X SA	4,2 ± 1,4	5,6
							AC X LA	4,7 ± 1,5	6,0
Pescada	<i>Plagioscion</i>	Sedentário	0,6	0,2	5,3	17,3	AC X LA	10 ± 1,1	12,8
	<i>squamosissimus</i>						SA X LA	10,1 ± 1,1	12,2
							BA X LA	8,4 ± 1	11,6
Mapará1	<i>Hypophthalmus</i>	Migratório	0,8	0,2	3,3	13	AC X LA	7,3 ± 1,2	9,3
	<i>marginatus</i>						BA X LA	6,5 ± 1,1	9,0
							SA X LA	7,4 ± 1,2	8,9
Curimatá	<i>Prochilodus</i>	Migratório	13,1	13,9	7,5	14,1	AC X SA	7,3 ± 1,3	9,8
	<i>nigricans</i>								

AC X BA	4,6 ± 1,2	6,9
SA X BA	6,3 ± 1,0	8,2
AC X LA	7,2 ± 1,1	9,2
SA X LA	8,8 ± 1,1	10,6
BA X LA	6,3 ± 0,9	8,7

^a Nomes científicos correspondentes aos nomes populares dos peixes capturados podem variar entre e mesmo dentro das regiões, mas nós consideramos nessa análise as espécies biológicas mais comumente aceitas como correspondendo aos nomes populares ou a única espécie biológica que corresponde ao nome popular em uma região: por exemplo, no Leste da Amazônia é encontrada apenas uma espécie de pescada (*Plagioscion squamosissimus*) e uma espécie de mapará (*Hypophthalmus marginatus*) (Santos et al. 2004).

^b Fernandes 1997; Petrere et al. 2004; Santos et al. 2006.

^c Média simples da abundância da porcentagem de biomassa desembarcada em cada região. A ausência de valores para alguns peixes em algumas regiões não significa necessariamente que aquela espécie não foi capturada naquela região, mas que aquele peixe representou menos de 5% do total da dissimilaridade.

^d Média de dissimilaridade e desvio padrão entre os pares de comparações entre regiões.

^e Contribuição de cada espécie para a dissimilaridade entre os pares de regiões comparadas.

Discussão

Seletividade da Pesca Amazônica

A meta-análise dos estudos de pesca de 46 localidades em quatro grandes regiões da Bacia Amazônica indicou que a maioria das pescarias foram moderadamente seletivas (espécie mais capturada correspondendo de 25 a 50% do total da biomassa capturada). Somente dois locais concentraram mais da metade do esforço de pesca em apenas uma espécie. No entanto, mais da metade dos locais analisados direcionaram mais do que um quarto do esforço de pesca para a principal espécie e, a maioria das localidades concentrou a maior parte do esforço de pesca nas cinco espécies mais capturadas. Quando nós reavaliamos os dados considerando somente nomes populares (alguns dos quais correspondem a mais de uma espécie biológica) as cinco principais espécies mais capturadas representam mais de 50% do total da biomassa desembarcada em 93,5% dos locais analisados. Assim, nós fomos mais conservadores em nossas análises do que normalmente são os estudos de pesca na Bacia Amazônica, pois geralmente consideram apenas os nomes populares de peixes. Embora algumas das pescarias analisadas apresentaram alta seletividade, direcionando a maior parte do esforço de pesca para uma espécie, como observado em estudos prévios (Bayley & Petrere 1989; Cetra & Petrere 2001; Batista & Petrere 2003; MacCord et al. 2007; Hallwass et al. 2011), outras pescarias foram menos seletivas. Portanto, nossos resultados indicam que a seletividade pode variar entre as pescarias Amazônicas e é importante registrar a composição das capturas nas pescarias tropicais, pois algumas espécies podem receber um grande e compartilhado esforço de pesca e assim estar em risco de uma sequencial sobre-exploração através da substituição de espécies (Welcomme 1999; Pauly et al. 2002; van Oostenbrugge et al. 2002).

Contrariamente as nossas hipóteses, a seletividade pesqueira não foi influenciada pela produção total de peixe e nem pela CPUE (outra medida de produtividade pesqueira), como seria esperado de acordo com a teoria de nicho e dieta ótima aplicada a populações de pescadores (Begossi & Richerson 1992, 1993; Begossi et al. 2012). Isto pode ser devido à influência de outros fatores que nós não conseguimos incluir em nossas análises, tais como outras atividades econômicas realizadas pelos pescadores amostrados e influências de mercado (Oliveira & Begossi 2011). Contudo, nas pescarias

comerciais que apresentaram alta seletividade e desembarcam nas principais cidades Amazônicas (Batista & Petrere 2003; Fernandes et al. 2009; Doria et al. 2012), a demanda de mercado pode manter o esforço de pesca concentrado em uma ou poucas espécies mais valiosas, mesmo se a produtividade pesqueira (biomassa total desembarcada e CPUE) declina. Alguns pescadores comerciais podem atuar também como atravessadores, comprando as espécies de peixe mais valiosas de pescadores de comunidades ribeirinhas e revendendo esse peixe nas cidades, o que tende a aumentar a seletividade das pescarias comerciais (Bayley & Petrere 1989; Hallwass et al. 2011). Por outro lado, pescadores de subsistência possuem um limitado esforço por viagem de pesca, visto que eles usam canoas a remo ou pequenos motores de popa, pouca quantidade de apetrechos, enquanto que as viagens de pesca normalmente duram menos de um dia com a tripulação composta por um ou dois pescadores que geralmente não carregam gelo para estocar o peixe capturado (Bayley & Petrere 1989; Batista et al. 1998; Cerdeira et al. 2000; Hallwass et al. 2011; Castello et al. 2013). Portanto, pescadores de subsistência exploram uma área limitada se comparada aos pescadores comerciais, sendo que para garantir sua subsistência esses pescadores podem expandir seu nicho alimentar diversificando as espécies de peixe capturadas e, conseqüentemente diminuindo a seletividade. Assim, pescadores de subsistência podem distribuir o esforço de pesca entre mais espécies para reduzir o risco de capturas zero, por exemplo, em épocas com menor disponibilidade de peixe (Silvano & Begossi 2001).

A falta de um padrão temporal na seletividade pesqueira não confirmou nossa hipótese de substituição de espécies “*fishing down process*” (Welcomme 1999): nós não observamos a tendência de menor seletividade nas pescarias mais recentes. Isto pode ser devido aos estoques pesqueiros na Bacia Amazônica ainda suportarem pressão seletiva de pesca que atende às demandas de mercado e preferências locais, visto que espécies alvo como o tambaqui e alguns grandes bagres ainda são capturados (Petrere et al. 2004; MacCord et al. 2007; Castello et al. 2011; Doria et al. 2012). Contudo, existe crescente evidência de que algumas dessas espécies alvo, incluindo tambaqui e grandes bagres, que possuem grande tamanho e realizam extensas migrações têm apresentado declínio devido a forte exploração, apresentando risco de sobre-pesca (Batista & Petrere 2003; Petrere et al. 2004; Castello et al. 2011). Dados históricos já registraram a sobre-exploração de alguns recursos pesqueiros na Amazônia, tal como o peixe-boi (*Podocnemis expansa*) (Smith 1985) e mais recentemente o pirarucu (Isaac et al. 2008; Garcia et al. 2009; Castello et al. 2011). Outro fator que poderia influenciar nos padrões

temporais de seletividade da pesca é o pulso de inundação dos rios Amazônicos (Junk et al. 1989). A intensidade, volume e duração do pulso de inundação durante o período de cheia dos rios influenciam na abundância de peixe nos anos subsequentes, devido ao aumento no recrutamento, sobrevivência e crescimento da prole (Welcomme 1985, 1999; de Mérona & Gascuel 1993). Portanto, essas mudanças naturais na abundância de peixes entre os anos podem influenciar na seletividade pesqueira.

A falta de influência das variáveis escolhidas sobre a seletividade pesqueira também pode ser devido a algumas limitações de nosso levantamento, tal como a reduzida variabilidade nos dados e poucas réplicas das localidades entre os anos (dados temporais) e produção pesqueira total (Tab. 1.1). Se mais estudos de caso pudessem ser adicionados para este tipo de análise, nós poderíamos verificar melhor as tendências temporais, mas infelizmente a maioria dos estudos de pesca na Bacia Amazônica são pontuais e dispersos, visto que séries de dados temporais são disponíveis para algumas espécies e locais apenas (Batista & Petrere 2003; Garcia et al. 2009, Castello et al. 2013).

A região do Baixo Amazonas apresentou a menor seletividade e a maioria dos locais analisados nessa região foram classificados como pesca de subsistência (8 de 11 ou 73% das localidades analisadas). Contudo, a predominância da pesca de subsistência pode não ser a razão para a baixa seletividade observada dessa região em particular, visto que as pescarias de subsistência foram igualmente ou mesmo mais seletivas do que as pescarias comerciais (ver SA_92, SA_93 e MA_94 na Fig. 1.3c). O Baixo Amazonas possui uma extensa área de várzea, que é muito fértil e produtiva, e possui alta heterogeneidade ambiental (um mosaico de tributários, lagos, canais de rios e floresta inundada sazonalmente), que suporta uma alta diversidade e abundância de grandes peixes comerciais, tais como surubim, dourada e tambaqui (Isaac et al. 1996; Junk 2001; Castello et al. 2011, 2013). Adicionalmente, a pesca desembarcada em Santarém (principal porto do Baixo Amazonas) é direcionada a dois diferentes mercados (Isaac et al. 1996), o que pode explicar a baixa seletividade: a) exploração de bagres focando a exportação para outras regiões brasileiras; e b) peixes de escama direcionados ao mercado local, sendo que bagres são considerados tabus alimentares pela população ribeirinha Amazônica (Begossi et al. 2004). Outro fator que pode ter contribuído para a distribuição do esforço de pesca entre várias espécies (baixa seletividade) no Baixo Amazonas são as diversas iniciativas de co-manejo nessa região, tal como os acordos de pesca que regulam a pesca em lagos de várzea, limitam o esforço de pesca e excluem

pescadores de fora das comunidades (Castro & McGrath 2003; Almeida et al. 2009; Castello et al. 2011).

O tipo de arte de pesca utilizada pelos pescadores poderia ser relacionado às diferenças regionais na seletividade, entretanto, a arte de pesca mais utilizada foi homogênea entre os locais analisados, na maioria deles (36 dos 39 locais com dados disponíveis sobre as artes de pesca) os pescadores usaram principalmente malhadeiras (Tab. 1.1). Redes malhadeiras são apetrechos que normalmente selecionam os peixes pelo tamanho. No entanto, a decisão de como, quando e onde pescar com redes malhadeiras são escolhas que os pescadores fazem de acordo com seu conhecimento local sobre o ambiente e ecologia dos peixes (Johannes et al. 2000; Salas & Gaertner 2004; Silvano et al. 2008). Portanto, o conhecimento dos pescadores, bem como seu comportamento e habilidades podem ser mais determinantes para a seletividade da pesca na Amazônia do que o tipo de apetrecho empregado. Ainda, recentes estudos têm considerado cada vez mais o comportamento e decisões dos pescadores na elaboração, implementação e efetividade de programas de manejo pesqueiro (Salas & Gaertner 2004; Fulton et al. 2011; Hallwass et al. 2013a).

Principais espécies capturadas

Nossos resultados indicaram que algumas preferidas espécies têm recebido maior pressão de pesca e, portanto, devem receber prioridade no manejo pesqueiro. Como esperado, as principais espécies capturadas (Fig. 1.6) diferiram entre as quatro regiões analisadas. A composição das espécies mais capturadas apresentou baixa similaridade entre as localidades dentro das regiões analisadas. Portanto, tanto heterogeneidades regionais como locais são importantes fatores a serem considerados nos planos de manejo.

Nós consideramos a quantidade total de peixe capturado durante todas as estações do ciclo hidrológico em nossas análises, mas pescarias amazônicas apresentam variação sazonal na composição das capturas, visto que pescadores alternam as espécies mais capturadas de acordo com o ciclo hidrológico (Isaac et al. 1996; Batista et al. 1998; Batista & Petrere 2003; MacCord et al. 2007). Portanto, mesmo algumas espécies que não estão entre as mais capturadas podem ter importância estratégica para os pescadores em alguns períodos do ano (Hallwass et al. 2011). A Bacia Amazônica

apresenta uma bem definida sazonalidade, com o nível da água variando cerca de 10 metros em média entre os períodos de seca e cheia (de Mérona & Gascuel 1993; Junk 2001). Essa forte variação entre os ciclos hidrológicos influencia a história de vida e comportamento dos peixes, bem como o comportamento dos pescadores com relação às espécies de peixes capturadas (Welcomme 1985; Santos et al. 2006; Hallwass et al. 2011, 2013a). De forma geral, os peixes amazônicos apresentam dois principais padrões de migração relacionados ao ciclo hidrológico: 1) curtas migrações laterais entre o rio e áreas de várzea; e 2) extensas migrações longitudinais ao longo da calha dos grandes rios, tanto rio acima como rio abaixo (Welcomme 1985; Fernandes 1997). Pescadores normalmente têm conhecimento desses padrões de migrações (Valbo-Jorgensen & Poulsen 2000; Silvano et al. 2006; Batista & Lima 2010) e utilizam seu conhecimento para direcionar o esforço de pesca sobre cardumes migratórios de peixes. Essa pode ser uma das possíveis explicações para a moderada seletividade observada nas pescarias da Amazônia, sendo que nove das onze espécies de peixes mais capturadas apresentam algum tipo de comportamento migratório (Tab. 1.3).

Pesquisas sobre a pesca na Amazônia são limitadas e pontuais. No banco de dados analisado existiam cinco anos de estudos da década de 1970 e quatro anos da década de 1990 oriundos do maior mercado da Amazônia (Manaus, Amazônia Central, Tab. 1.1). O tambaqui, que possui hábitos migratórios, foi a principal espécie desembarcada na Amazônia Central, mas não estava entre as cinco espécies mais capturadas em dois anos de estudos realizados na década de 1990, pois os desembarques dessa espécie têm declinado ao longo do tempo no mercado de Manaus (Batista & Petrere 2003). Portanto, além da variação espacial, alguns estudos incluem também a variação temporal na composição das principais espécies capturadas (ex. Batista & Petrere 2003; Garcia et al. 2009), o que aumenta a variabilidade (dissimilaridade) entre as localidades dentro das regiões. Na região de Loreto (Peru), no Sudoeste da Amazônia, Garcia et al. (2009) observaram mudanças nas maiores espécies capturadas em uma escala temporal de 20 anos. Por outro lado, alguns recentes estudos que registraram desembarques pesqueiros em escalas temporais de 10 a 15 anos em comunidades ribeirinhas do Baixo Amazonas não observaram mudanças na composição das principais espécies capturadas (Castello et al. 2011, 2013). Isso pode indicar que cerca de 20 anos de dados de registros de desembarques pesqueiros podem ser necessários para evidenciar mudanças na composição das capturas na pesca da Amazônia.

A região do Baixo Amazonas apresentou alta densidade relativa de três importantes espécies de peixes migratórios comerciais (tambaqui, surubim e dourada), bem como o acari, que é um peixe sedentário com baixo valor comercial normalmente capturado em lagos de várzea próximo as comunidades ribeirinhas (Castello et al. 2013; Silvano et al. 2014). Na região Sudoeste da Amazônia foram registradas as menores similaridades na composição das capturas entre as localidades analisadas, devido à ampla área inclusa nessa região. Somente nessa região o matrinchã, um peixe migratório, estava entre as principais espécies capturadas (Tab. 1.3). Esse peixe representa de 60 a 80% do total da biomassa desembarcada em três locais amostrados no Alto Rio Madeira (Doria et al. 2012). A pescada (sedentário) e o mapará (migratório) foram as principais espécies capturadas no Leste da Amazônia, especialmente nas localidades amostradas no Baixo Rio Tocantins, que é um rio de águas claras e possui uma grande hidrelétrica rio acima (Hallwass et al. 2011, 2013b). Enquanto outras espécies migratórias diferiram em importância entre as regiões analisadas, o curimatá estava entre as cinco espécies mais capturadas na maioria (76%) dos 46 locais analisados nesse estudo, variando entre 7,5 a 14% do total da biomassa desembarcada (Tab. 1.3). O curimatá é atualmente uma das espécies mais importantes e amplamente explorada na pesca Amazônica (Barthem & Fabré 2004), sendo que esse peixe parece ser resistente a pressão pesqueira e resiliente a mudanças ambientais, como a construção de hidrelétricas (Hallwass et al. 2011, 2013b). Um estudo comparando o registro de desembarques pesqueiros anteriores e posteriores ao barramento do Rio Tocantins associado a dados de entrevistas com pescadores locais indicou que a abundância do curimatá aumentou após a construção da Hidrelétrica de Tucuruí (Hallwass et al. 2013b). Existem também evidências de que o estoque dessa espécie não tem sido sobre-explotado no Baixo Amazonas, visto que indivíduos são capturados acima do tamanho da primeira maturação (Castello et al. 2011).

Sugestões para o manejo pesqueiro e implicações ecológicas

A moderada seletividade observada na maioria das localidades sugere que a pesca na Amazônia pode ser manejada seguindo a convencional abordagem populacional direcionada a determinadas espécies. Portanto, medidas de conservação para manter a biodiversidade de peixes podem não necessariamente melhorar a pesca se

as espécies alvo e seus importantes habitats (ex. lagos de várzea) não forem contempladas (Silvano et al. 2009, 2014). Os peixes preferidos e mais capturados são normalmente espécies migratórias com ampla distribuição geográfica. Nós propomos cinco recomendações de manejo baseado nos resultados obtidos nesse estudo.

Primeiro, seria desejável que pescadores amazônicos diversificassem suas capturas, distribuindo o esforço de pesca entre mais espécies de peixes (Bayley & Petrere 1989; Castello et al. 2011). Contudo, o padrão observado de concentração de esforço pode ser influenciado por preferências culturais e de mercado: populações ribeirinhas Amazônicas costumam ter tabus alimentares em relação ao consumo de bagres (Pimelodidae), que são piscívoros e estão em altos níveis tróficos da cadeia alimentar (Begossi et al. 2004). Ainda, somente duas espécies de bagres (surubim e dourada) apareceram entre as espécies mais capturadas nas quatro regiões analisadas (Tab. 1.3). A pesca desses e outros bagres, como a piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*), está relacionada à demanda de mercado: grandes bagres são exportados para outras regiões brasileiras (Isaac et al. 1996; Barthem & Goulding 1997; Barthem & Fabré 2005). Dessa maneira, o estabelecimento de quotas de captura associado à agregação de valor através do processamento do peixe (ex. limpeza e filetagem) por cooperativas locais geridas por pescadores pode ser uma promissora forma de manejo. O objetivo seria reduzir o esforço de pesca e diversificar o trabalho do pescador (já que pescadores e seus familiares deveriam gastar parte do tempo processando o peixe), mantendo ou mesmo melhorando a renda familiar das famílias de pescadores (Hallwass et al. 2014).

Segundo, as diferenças relacionadas à seletividade entre as pescarias comerciais e de subsistência devem direcionar diferentes planos de manejo. Por exemplo, as pescarias comerciais que são mais seletivas tendem a explorar uma ampla área, mas desembarcam suas capturas nos principais portos das cidades Amazônicas, tais como Manaus, Belém, Santarém, Porto Velho, entre outras. Portanto, o manejo dessas pescarias deve focar nas espécies mais capturadas com um intensivo monitoramento realizado pelas agências ambientais (manejo de cima para baixo ou “*top-down*”). Já a pesca de subsistência é menos seletiva, explora uma área limitada por viagem de pesca e desembarca suas capturas em diversos e esparsos portos. Para essas pescarias, o co-manejo é o mais apropriado, visto que envolve a participação dos pescadores na elaboração e fiscalização das regras de manejo (manejo de baixo para cima ou “*bottom-up*”) (Lopes et al. 2011). Programas de co-manejo têm apresentado resultados positivos

quanto ao aumento da abundância de peixes e produtividade pesqueira na pesca de pequena escala na Amazônia Brasileira, através da proteção de importantes habitats para os peixes, tais como lagos de várzea (Almeida et al. 2009; Silvano et al. 2009, 2014). Programas de co-manejo podem contribuir também para evitar a sobre-exploração das espécies alvo da pesca (Silvano et al. 2009; Castello et al. 2011; Lopes et al. 2011). Contudo, programas de co-manejo com o objetivo de conservar os estoques de peixes migradores, tais como os grandes bagres, devem incluir uma ampla escala geográfica, sendo assim mais desafiadores (Barthem & Goulding 1997; Castello et al. 2011).

Terceiro, algumas das espécies de peixes mais capturadas possuem importantes funções ecológicas e fornecem relevantes serviços ecossistêmicos, que deveriam ser considerados em programas ecossistêmicos de manejo pesqueiro. Contudo, poucos estudos têm adicionado os potenciais efeitos ecológicos da pesca em ecossistemas tropicais de águas interiores. Por exemplo, o tambaqui e o matrinhã são grandes peixes migradores de hábitos frugívoros, possuindo um importante papel como predadores e dispersores de sementes nas áreas de floresta alagada da Amazônia (Goulding 1980; Maia & Chalco 2002). O curimatá é um grande detritívoro migrador que influencia na reciclagem de nutrientes nos rios tropicais (Flecker 1996; McIntyre et al. 2008). Portanto, é importante investigar os potenciais efeitos da pressão pesqueira sobre os serviços ecológicos fornecidos por esses peixes, tais como a dispersão de sementes (Anderson et al. 2009, 2011). Inversamente, o desflorestamento das áreas de várzea das florestas tropicais pode afetar a produção pesqueira, como observado em rios da Venezuela (Wright & Flecker 2004) e sugerido para o Rio Negro, Amazônia Brasileira (Silvano et al. 2008).

Quarto, a maioria das espécies mais capturadas na pesca Amazônica são migratórias, incluindo grandes bagres e characídeos (Tab. 1.3). Embora os tipos de movimentos migratórios variem entre as espécies, planos de manejo devem incorporar as principais rotas e épocas migratórias em uma abordagem integrada de manejo ecossistêmico. Por exemplo, peixes que fazem migrações laterais necessitam da proteção de lagos de várzea para garantir sua reprodução (Silvano et al. 2009, 2014), enquanto que peixes que fazem migrações longitudinais necessitam a identificação e proteção dos “gargalos de garrafa” ou zonas de maior vulnerabilidade em suas rotas migratórias (Barthem & Goulding 1997). O conhecimento ecológico dos pescadores pode ser útil na indicação de algumas dessas rotas migratórias de peixes comerciais (Valbo-Jorgensen & Poulsen 2000; Silvano et al. 2006).

Quinto, grandes mudanças ambientais estão em curso na Bacia Amazônica e podem afetar negativamente algumas das principais espécies de peixes comerciais, afetando assim a atividade pesqueira que fornece renda e segurança alimentar para as populações ribeirinhas seja de pequenas comunidades como grandes cidades da Amazônia. Por exemplo, entrevistas com pescadores e dados de desembarques pesqueiros indicam que o jaraqui, peixe migratório, desapareceu no Baixo Rio Tocantins (Leste da Amazônia), 20 anos após a construção da Hidrelétrica de Tucuruí cerca de 100 km abaixo da barragem (Hallwass et al. 2013b). Escadas de peixes construídas para garantir a migração de peixes em rios com barramentos podem não funcionar na Amazônia (Agostinho et al. 2007). Existem atualmente três grandes hidrelétricas sendo construídas na Bacia Amazônica Brasileira, uma no Rio Xingu (Hidrelétrica de Belo Monte) e duas no Rio Madeira (Hidrelétricas de Santo Antônio e Jirau). A construção dessas hidrelétricas tem sido alvo de muitas polêmicas e controvérsias, visto que os dois barramentos do Rio Madeira, próximos um do outro, possivelmente irão afetar as pescarias locais que dependem pesadamente de peixes migratórios, como o matrinhã e a dourada (Doria et al. 2012; Fearnside 2014). As consequências de grandes hidrelétricas sobre a pesca local devem ser consideradas em planos de manejo e desenvolvimento regional. Uma sugestão politico-pública para as questões relacionadas a hidrelétricas e a pesca na Amazônia seria destinar parte dos valores pagos como compensação ambiental por essas grandes hidrelétricas para financiar projetos de monitoramento de longo prazo da pesca na Amazônia, não apenas na área de influência do empreendimento, com o objetivo de produzir um robusto banco de dados da pesca na Amazônia, ainda carente de informações básicas.

Conclusões

A pesca Amazônica analisada apresenta escassez de dados e, portanto, se encaixa na proposta de abordagem de manejo com poucos dados “*data-less management*” (Johannes 1998). Nós fizemos uma meta-análise da pesca de diversos locais da Bacia Amazônica, incluindo uma ampla escala espacial e temporal, com o intuito de sobrepor o cenário geral de falta de dados de pesca na Amazônia e fornecer sugestões úteis e realistas para o manejo pesqueiro. A maioria das pescarias Amazônicas estudadas capturam poucas espécies alvo, mas a seletividade pode diferir

de acordo com o propósito da pesca (comercial e subsistência) e entre as regiões Amazônicas. Assim, nós argumentamos que as políticas e manejo pesqueiro na Bacia Amazônica devem considerar tanto o nível de ecossistema (impactos ambientais) e características ecológicas das principais espécies exploradas.

Agradecimentos

Nós agradecemos a M. Petrere, M. Cetra, V.J. Isaac pela liberação de dados de pesca, H. Hasenack e L.L. Silva pelo auxílio com o mapa; a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado de G. Hallwass, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade de R. A. M. Silvano (304377/2010-4), a FAPESP (SP) pela bolsa de pesquisa de R. A. M. Silvano (2012/16722-2).

Referências bibliográficas

- Agostinho, A. A., Marques, E. E., Agostinho, C. S., Almeida, D. A., Oliveira, R. J., & Melo, J. R. B. (2007). Fish ladder of Lajeado Dam: migrations on one-way routes? *Neotropical Ichthyology*, 5, 121-130.
- Almeida, O. T., Lorenzen, K., & Mcgrath, D. G. (2003). Commercial fishing in the Brazilian Amazon: regional differentiation in fleet characteristics and efficiency. *Fisheries Management and Ecology*, 10, 109-115.
- Almeida, O. T., Lorenzen, K., & McGrath, D. G. (2009). Fishing agreements in the lower Amazon: for gain and restraint. *Fisheries Management and Ecology*, 16, 61-67.
- Alves, D. C., & Minte-Vera, C. V. (2013). Scientometric analysis of freshwater fisheries in Brazil: repeating past errors? *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 23, 113-126.
- Anderson, J. T., Rojas, J. S., & Flecker, A. S. (2009). High-quality seed dispersal by fruit-eating fishes in Amazonian floodplain habitats. *Oecologia*, 161, 279-290.
- Anderson, J. T., Nuttle, T., Rojas, J. S., Pendergast, T. H., & Flecker, A. S. (2011). Extremely long-distance seed dispersal by an overfished Amazonian frugivore. *Proceedings of the Royal Society B*, 278, 3329-3335.
- Aswani ,S., & Hamilton, R. (2004). Integrating indigenous ecological knowledge and customary sea tenure with marine and social science for conservation of bumphead parrotfish (*Bolpometodon muricatum*) in the Roviana Lagoon, Solomon Islands. *Environmental Conservation*, 31, 1-15.

- Barthem, R. B., & Goulding, M. (1997). The catfish connection: ecology, migration and conservation of Amazon predators. New York, NY: Columbia University Press, p. 144.
- Barthem, R. B., & Fabr e, N. N. (2004). Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros da Amazônia. Em Ruffino ML (Ed.), A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira (pp. 17-62). Manaus: Ibama/ProVárzea.
- Barthem, R. B., & Fabr e, N. N. (2005). O manejo da pesca dos grandes bagres migradores: piramutaba e dourada no eixo Solimões-Amazonas. Manaus, Ibama, ProVárzea, p. 114.
- Batista, V. S., Inhamuns, A. J., Freitas, C. E. C., & Freire-Brasil, D. (1998). Characterization of the fishery in riverine communities in the Low-Solimões/High-Amazon region. *Fisheries Management and Ecology*, 5, 101-117.
- Batista, V. S., & Petrere, M. Jr. (2003). Characterization of the commercial fish production landed at Manaus, Amazonas state, Brazil. *Acta Amazonica*, 33, 53-66.
- Batista, V. S., & Lima, L. G. (2010). In search of traditional bio-ecological knowledge useful for fisheries co-management: the case of jaraquis *Semaprochilodus spp.* (Characiformes, Prochilodontidae) in Central Amazon, Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 6, 15.
- Bayley, P. B., & Petrere, M. (1989). Amazon fisheries: assessment methods, current status and management points. In Dodge DP (Ed.), Proceedings of the international large river symposium (pp. 385-398). *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, 106.
- Begossi, A., & Richerson, P. J. (1992). The animal diet of families from Buzios Island: an optimal foraging approach. *Journal of Human Ecology*, 3, 433-458.
- Begossi, A., & Richerson, P. J. (1993). Biodiversity, family income and ecological niche: a study on the consumption of food animals at Buzios Island. *Ecology of Food and Nutrition*, 30, 51-61.
- Begossi, A., Hanazaki, N., & Ramos, M. R. (2004). Food chain and the reasons for fish food taboos among amazonian and atlantic Forest fishers (Brazil). *Ecological Applications*, 14, 1334-1343.
- Begossi, A., Salivonchyk, S. V., Hanazaki, N., Martins, I. M., & Bueloni, F. (2012). Fishers (Paraty, RJ) and fish manipulation time: a variable associated to the choice for consumption and sale. *Brazilian Journal of Biology*, 72, 973-975.
- Bellwood, D. R., Hoey, A. S., & Choat, J. H. (2003). Limited functional redundancy in high diversity systems: resilience and ecosystem function on coral reefs. *Ecology Letters*, 6, 281-285.
- Cardoso, R. S., & Freitas, C. E. C. (2008). A pesca de pequena escala no rio Madeira pelos desembarques ocorridos em Manicor  (Estado do Amazonas), Brasil. *Acta Amazonica*, 38, 781-788.
- Castello, L., McGrath, D. G., & Beck, P. S. A. (2011). Resource sustainability in small-scale fisheries in the Lower Amazon floodplains. *Fisheries Research*, 110, 356-364.
- Castello, L., McGrath, D. G., Arantes, C. C., & Almeida, O. T. (2013). Accounting for heterogeneity in small-scale fisheries management: The Amazon case. *Marine Policy*, 38, 557-565.

- Castro, F., & McGrath, D. G. (2003). Moving toward sustainability in the local management of floodplain lake fisheries in the Brazilian Amazon. *Human Organization*, 62, 123-133.
- Cerdeira, R. G. P., Ruffino, M. L., & Isaac, V. J. (2000). Fish catches among riverside communities around Lago Grande de Monte Alegre, Lower Amazon, Brazil. *Fisheries Management and Ecology*, 7, 355-374.
- Cetra, M., & Petreire, M. Jr. (2001). Small-scale fisheries in the middle River Tocantins, Imperatriz (MA), Brazil. *Fisheries Management and Ecology*, 8, 153-162.
- Clarke, K. R., & Gorley, R. N. (2006). PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth.
- de Mérona, B., & Gascuel, D. (1993). The effects of flood regime and fishing effort on the overall abundance of an exploited fish community in the Amazon floodplain. *Aquatic Living Resources*, 6, 97-108.
- Doria, C. R. C., Ruffino, M. L., Hijazi, N. C., & Cruz, R. L. (2012). A pesca comercial na bacia do rio Madeira no estado de Rondônia, Amazônia brasileira. *Acta Amazonica*, 42, 29-40.
- Evans, R. D., & Russ, G. R. (2004). Larger biomass of targeted reef fish in no-take marine reserves on the Great Barrier Reef, Australia. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 14, 505-519.
- Fearnside, P. M. (2014). Impacts of Brazil's Madeira River dams: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. *Environmental Science & Policy*, 38, 164-172.
- Fernandes, C. C. (1997). Lateral migration of fishes in Amazon floodplains. *Ecology of Freshwater Fish*, 6, 36-44.
- Fernandes, V. L. A., Vicentini, R. N., & Batista, V. S. (2009). Caracterização do uso de malhadeiras pela frota pesqueira que desembarca em Manaus e Manacapuru, Amazonas. *Acta Amazonica*, 39, 405-414.
- Flecker, A. S. (1996). Ecosystem engineering by a dominant detritivore in a diverse tropical stream. *Ecology*, 77, 1845-1854.
- Froese, R., & Pauly, D. (2012). FishBase: World Wide Web electronic publication, from <http://www.fishbase.org>.
- Fulton, E. A., Smith, A. D. M., Smith, D. C., & van Putten, I. E. (2011). Human behaviour: the key source of uncertainty in fisheries management. *Fish and Fisheries*, 12, 2-17.
- Garcia, A., Tello, S., Vargas, G., & Duponchelle, F. (2009). Patterns of commercial fish landings in the Loreto region (Peruvian Amazon) between 1984 and 2006. *Fish Physiology and Biochemistry*, 35, 53-67.
- Gonçalves, C., & Batista, V. S. (2008). Avaliação do desembarque pesqueiro efetuado em Manacapuru, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, 38, 135-144.
- Goulding, M. (1980). *The Fishes And The Forest. Explorations in Amazonian Natural History*. Berkeley: Univeristy of California Press, p. 280.
- Graham, N. A. J., Evans, R. D., & Russ, G. R. (2003). The effects of marine reserve protection on the trophic relationships of reef fishes on the Great Barrier Reef. *Environmental Conservation*, 30, 200-208.

- Hallwass, G., Lopes, P. F., Juras, A. A., & Silvano, R. A. M. (2011). Fishing Effort and Catch Composition of Urban Market and Rural Villages in Brazilian Amazon. *Environmental Management*, 47, 188-200.
- Hallwass, G., Lopes, P. F., Juras, A. A., & Silvano, R. A. M. (2013a). Behavioral and environmental influences on fishing rewards and the outcomes of alternative management scenarios for large tropical rivers. *Journal of Environmental Management*, 128, 274-282.
- Hallwass, G., Lopes, P. F., Juras, A. A., & Silvano, R. A. M. (2013b). Fishers' knowledge identifies environmental changes and fish abundance trends in impounded tropical rivers. *Ecological Applications*, 23, 392-407.
- Hallwass, G., Lopes, P. F., & Silvano, R. A.M. (2014). Could payment for environmental services reconcile fish conservation with small-scale fisheries in the Brazilian Amazon? In Mohammed EY (Ed.), *Economic Incentives for Marine and Coastal Conservation Prospects, challenges and policy implications* (pp. 157-169). London, UK: Routledge.
- Honda, E. M. S., Correa, C. M., Castelo, F. P., & Zapelini, E. A. (1975). Aspectos gerais do pescado no amazonas. *Acta Amazonica*, 5, 87-94.
- Isaac, V. J., & Barthem, R. B. (1995). Os Recursos Pesqueiros na Amazônia Brasileira. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, 11(2), 295-339.
- Isaac, V. J., Milstein, A., & Ruffino, M. L. (1996). A pesca artesanal no Baixo Amazonas: análise multivariada da captura por espécie. *Acta Amazonica*, 26, 185-208.
- Isaac, V. J., Silva, C. O., & Ruffino, M. L. (2008). The artisanal fishery fleet of the lower Amazon. *Fisheries Management and Ecology*, 15, 179-187.
- Isaac, V. J., & Almeida, M. C. (2011). El consumo de pescado en la Amazonía Brasileña. Rome: FAO.
- Johannes, R. E. (1998). The case for data-less marine resource management: examples from tropical nearshore finfisheries. *Trends in Ecology and Evolution*, 13, 243-246.
- Johannes, R. E., Freeman, M. M. R., & Hamilton, R. J. (2000). Ignore fishers' knowledge and miss the boat. *Fish and Fisheries*, 1, 257-271.
- Junk, W. J. (2001). Sustainable use of the Amazon River floodplain: problems and possibilities. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 4, 225-233.
- Junk, W. J., Bayley, P. B., & Sparks, R. E. (1989). The flood pulse concept in river-floodplain systems. In Dodge DP (Ed.), *Proceedings of the international large river symposium* (pp. 110-127). *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, 106.
- 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, 153-173.
- Lopes, P. F. M., Silvano, R. A. M., & Begossi, A. (2011). Extractive and Sustainable Development Reserves in Brazil: resilient alternatives to fisheries? *Journal of Environmental Planning and Management*, 54, 421-443.

- MacCord, P. F. L., Silvano, R. A. M., Ramires, M. S., Clauzet, M., & Begossi, A. (2007). Dynamics of artisanal fisheries in two Brazilian Amazonian reserves: implications to co-management. *Hydrobiologia*, 583, 365-376.
- Maia, L. A., Chalco, F. P. (2002). Produção de frutos de espécies da floresta de várzea da Amazônia Central importantes na alimentação de peixes. *Acta Amazonica*, 32, 45-54.
- McArthur, R. H., & Wilson, E. O. (1967). The theory of island biogeography. New Jersey, US: Princeton University Press, Princeton, p. 203.
- McIntyre, P. B., Flecker, A. S., Vanni, M. J., Hood, J. M., Taylor, B. W., & Thomas, S. A. (2008). Fish distributions and nutrient cycling in streams: can fish create biogeochemical hotspots? *Ecology*, 89, 2335-2346.
- Moses, B. S., Udoidiong, O. M., & Okon, A. O. (2002). A statistical survey of the artisanal fisheries of south-eastern Nigeria and the influence of hydroclimatic factors on catch and resource productivity. *Fisheries Research*, 57, 267-278.
- Oliveira, L. E. C., & Begossi, A. (2011). Last Trip Return Rate Influence Patch Choice Decisions of Small-Scale Shrimp Trawlers: Optimal Foraging in São Francisco, Coastal Brazil. *Human Ecology*, 39, 323-332.
- Pauly, D. (1979). Theory and management of tropical multispecies stocks: A review, with emphasis on the Southeast Asian demersal fisheries. Manila : ICLARM Studies and Reviews, International Center for Living Aquatic Resources Management.
- Pauly, D., Christensen, V., Guénette, S., Pitcher, T. J., Sumaila, U. R., Walters, C. J., Watson, R., & Zeller, D. (2002). Towards sustainability in world fisheries. *Nature*, 418, 689-695.
- Petrere, Jr. M. (1978a) 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. (1978b) Pesca e esforço de pesca no estado do Amazonas. II- Locais e aparelhos de captura e estatística de desembarque. *Acta Amazonica* 8(3/2), 1- 54.
- Petrere, M. Jr., Barthem, R. B., Córdoba, E. A., & Gómez, B. C. (2004). Review of the large catfish fisheries in the upper Amazon and the stock depletion of piraíba (*Brachyplatystoma filamentosum*, Lichtenstein). *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 14, 403-414.
- R Development Core Team (2009). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, from <http://www.R-project.org>.
- Ruffino, M. L., & Isaac, V. J. (1994). The fisheries of the Lower Amazon: questions of management and development. *Acta Biologica Venezuelica*, 15, 37-46.
- Salas, S., & Gaertner, D. (2004). The behavioral dynamics of fishers: management implications. *Fish and Fisheries*, 5, 53-167.
- Santos, G. M., de Mérona, B., Juras, A. A., & Jégu, M. (2004). Peixes do Baixo Rio Tocantins: 20 anos depois da Usina Hidrelétrica de Tucuruí. Brasília, Brazil: Eletronorte, p. 216.
- Santos, G. M., Ferreira, E. J. G., & Zuanon, J. A. S. (2006). Peixes comerciais de Manaus. Manaus, Brazil: Ibama, ProVárzea, p. 144.
- Silvano, R. A. M., & Begossi, A. (2001). Seasonal dynamics of fishery at the Piracicaba River (Brazil). *Fisheries Research*, 51, 69-86.

- Silvano, R. A. M., MacCord, P. F. L., Lima, R. V., & Begossi, A. (2006). When does this fish spawn? Fishermen's local knowledge of migration and reproduction of Brazilian coastal fishes. *Environmental Biology Fishes*, 76, 371-386.
- Silvano, R. A. M., Silva, A. L., Cerone, M., & Begossi, A. (2008). Contributions of Ethnobiology to the conservation of tropical rivers and streams. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems*, 18, 241-260.
- Silvano, R. A. M., Ramires, M., & Zuanon, J. (2009). Effects of fisheries management on fish communities in the floodplain lakes of a Brazilian Amazonian Reserve. *Ecology of Freshwater Fish*, 18, 156-166.
- Silvano, R. A. M., Tibbetts, I. R., & Grutter, A. S. (2012). Potential effects of fishing on cleaning interactions in a tropical reef. *Coral Reefs*, 31, 1193-1198.
- Silvano, R. A. M., Hallwass, G., Lopes, P. F., Ribeiro, A. R., Lima, R. P., Hasenack, H., Juras, A. A., & Begossi, A. (2014). Co-management and Spatial Features Contribute to Secure Fish Abundance and Fishing Yields in Tropical Floodplain Lakes. *Ecosystems*, 17, 271-285.
- Smith, N. J. H. (1985). The Impact of Cultural and Ecological Change on Amazonian Fisheries. *Biological Conservation*, 32, 355-373.
- Valbo-Jorgensen, J., & Poulsen, A. F. (2000). Using local knowledge as a research tool in the study of river fish biology: experiences from Mekong. *Environment, Development and Sustainability*, 2, 253-276.
- van Oostenbrugge, J. A. E., Bakker, E. J., van Densen, W. L. T., Machiels, M. A. M., & van Zwieten, P. A. M. (2002). Characterizing catch variability in a multispecies fishery: implications for fishery management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59, 1032-1043.
- Vass, K. K., Mondal, S. K., Samanta, S., Suresh, V. R., & Katiha, P. K. (2010). The environment and fishery status of the River Ganges. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 13, 385-394.
- Welcomme, R. (1985). *River Fisheries*. Rome: FAO.
- Welcomme, R. L. (1999). A review of a model for qualitative evaluation of exploitation levels in multi-species fisheries. *Fisheries Management and Ecology*, 6, 1-19.
- Wright, J. P., & Flecker, A. S. (2004). Deforesting the riverscape: the effects of wood on fish diversity in a Venezuelan piedmont stream. *Biological Conservation*, 120, 439-447.

**CAPÍTULO 2: CONHECIMENTO LOCAL DE PESCADORES SOBRE
MUDANÇAS TEMPORAIS NA ABUNDÂNCIA E COMPOSIÇÃO DAS
CAPTURAS E A INFLUÊNCIA DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NA
CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS PESQUEIROS NA AMAZÔNIA
BRASILEIRA**

Gustavo Hallwass^{1,2*} e Renato A. M. Silvano^{1,2}

¹Dep. Ecologia e PPG Ecologia, UFRGS, CP 15007, 91501-970, Porto Alegre, RS,
Brasil

²Fisheries and Food Institute (FIFO), UNISANTA, Rua Oswaldo Cruz 277, Santos SP,
Brasil

* E-mail: gustavo.hallwass@gmail.com (G. Hallwass).

Observação: este manuscrito foi formatado segundo as normas da revista científica Conservation Biology, a qual pretende-se submeter este artigo. As normas da revista podem ser encontradas em <http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/%28ISSN%291523-1739/homepage/ForAuthors.html>. No entanto, o limite de palavras não foi considerado e as tabelas e figuras foram inseridas ao longo do texto para facilitar a leitura.

Resumo

A pesca tem historicamente causado a perda de biodiversidade nos ecossistemas aquáticos. Entretanto, os impactos da pesca têm sido subavaliados devido à falta de longas séries temporais de dados, principalmente em ecossistemas tropicais. Nesse sentido, o conhecimento ecológico local (CEL) de pescadores tem sido aplicado na recuperação de informações sobre a abundância passada dos recursos naturais buscando uma melhor avaliação sobre o nível de exploração das espécies e do status de conservação dos ecossistemas. Contudo, em ambientes tropicais a exploração dos recursos está geralmente associada à substituição das espécies de maior tamanho por espécies de menor porte ao longo do tempo. A forma mais comum de proteção ambiental e conservação da biodiversidade na Amazônia é através de Unidades de Conservação (UCs) que tem seu foco principal nos recursos florestais e fauna terrestre. Nós analisamos o CEL de pescadores ($n=203$) para avaliar possíveis mudanças na composição das espécies de peixes mais capturadas e na abundância e composição de espécies da maior pescaria da vida do pescador, bem como nos tipos de apetrechos e embarcações utilizadas na pesca ao longo do tempo no Baixo Rio Tapajós, Amazônia brasileira. Adicionalmente, nós comparamos essas mudanças entre três diferentes categorias de UCs, com diferentes tempos de criação. A composição das espécies mais capturadas variou ao longo do tempo (Global $R=0,253$; $P<0,001$), apresentando tendência de diminuição das maiores espécies como o pirarucu (*Arapaima gigas*), tambaqui (*Colossoma macropomum*) e tucunaré (*Cichla* spp.). A abundância da maior pescaria foi positivamente relacionada ao tempo atrás em que ocorreu a captura na análise geral ($r_s=0,22$; $n=139$; $p=0,008$) indicando maiores capturas no passado, mas os resultados variaram entre as UCs. Constatamos três distintos cenários de conservação dos recursos pesqueiros nas diferentes categorias de UC no Baixo Rio Tapajós: a) FLONA, 40 anos de criação, apresentou estabilidade na composição das principais espécies capturadas (Global $R=0,118$; $P=0,17$) e na abundância da maior pescaria ($r_s=0,24$; $n=49$; $p=0,1$); b) RESEX, 15 anos de criação, está em curso o processo de substituição de espécies alvo da pesca (Global $R=0,259$; $P=0,04$) e redução na abundância da maior pescaria ($r_s=0,36$; $n=54$; $p=0,007$); c) APA, criada há 10 anos, apresenta processo de substituição de espécies estabelecido, com capturas atuais baseadas em espécies de médio porte (Global $R=0,457$; $P=0,01$) e estabilidade na abundância da maior captura ($r_s=0,05$; $n=36$; $p=0,7$). O tempo de criação das UCs na

Amazônia apresentou influência positiva na conservação das espécies, enquanto que a proximidade e o acesso ao mercado consumidor teve influência negativa na conservação dos recursos pesqueiros. O CEL dos pescadores mostrou-se eficiente na avaliação do nível de exploração das espécies, indicando que o processo de substituição das maiores espécies por espécies de menor porte (*fishing down process*) está em andamento na região de estudo, bem como a tendência de redução na abundância das capturas. Portanto, existe a necessidade de medidas de manejo de todo o ecossistema dentro das UCs, bem como a gestão pesqueira local (co-manejo) em lagos e igarapés da região visando frear esse processo.

Palavras-chave: “*shifting baseline*”, “*fishing down process*”, manejo pesqueiro, etnoecologia, pesca de pequena escala, entrevistas, Rio Tapajós.

Introdução

A atividade pesqueira é uma das principais causas de impactos, mudanças ambientais e perda de biodiversidade nos ecossistemas aquáticos (Jackson et al. 2001; Myers & Worm 2003; Worm et al. 2006; Anticamara et al. 2011). A pesca artesanal tropical tende a ser pouco estudada, subestimada ou mesmo ignorada em pesquisas científicas e estatísticas pesqueiras, apesar de seu importante papel na economia e segurança alimentar de populações pobres em todo o mundo (Andrew et al. 2007; Béné et al. 2009; Navy & Bhattarai 2009; Coomes et al. 2010, Welcomme et al. 2010; Hallwass et al. 2011,2013b). Contudo, a pesca artesanal também tem potencial para reduzir a biodiversidade e esgotar os recursos pesqueiros (Pinnegar & Engelhard 2007). Pesquisas históricas e arqueológicas têm demonstrado a extinção de grandes espécies de vida longa e lento crescimento ocorridas há centenas e milhares de anos atrás e, que estoques pesqueiros prístinos eram maiores do que se conhece atualmente (Jackson et al. 2001; Pinnegar & Engelhard 2007).

Ambientes tropicais apresentam uma grande heterogeneidade ambiental e alta diversidade de espécies de peixes, que influenciam na característica multiespecífica dessas pescarias (Welcomme 1985, 1999; Bayley & Petrere 1989; Isaac et al. 1996; Lunn & Dearden 2006; Navy & Bhattarai 2009; Hallwass et al. 2011). Em pescarias tropicais multiespecíficas a substituição das espécies sobre-explotadas (geralmente os peixes maiores de vida longa e lento crescimento por espécies menores e menos valiosas) tende a manter a produção pesqueira estável com o aumento no esforço de pesca e consequente redução na captura por unidade de esforço (CPUE), processo conhecido como “*fishing down process*” (Welcomme 1985, 1999; van Oostenbrugge et al. 2002; Lorenzen et al. 2006). Portanto, para avaliar mais precisamente o nível de exploração e consequente estado de conservação de pescarias tropicais, os estudos devem também abordar a mudança da composição de espécies exploradas ao longo do tempo, além de mudanças na abundância passada das espécies alvo da pesca atual, ou a variação temporal na CPUE (Saénz-Arroyo et al. 2005; Ainsworth et al. 2008; Lozano-Montes et al. 2008).

Longas séries temporais de dados de pesca são raras em todo o mundo e mesmo assim abrangem períodos curtos, a maioria menor do que 30 anos (Pinnegar & Engelhard 2007). Esse é um desafio adicional para cientistas pesqueiros e conservacionistas em ambientes tropicais, onde mesmo curtas séries de dados são

geralmente inexistentes (Johannes 1998; Johannes et al. 2000). Portanto, o conhecimento local de populações humanas que dependem dos recursos naturais pode ser uma peça chave também como ponto de partida para o manejo e conservação dos recursos (Pauly 1995; Huntington 2000, 2011; Johannes et al. 2000; McClenachan et al. 2012).

Estudos sobre o conhecimento ecológico local (CEL) de populações humanas acerca de seus recursos têm recebido recentemente bastante atenção na literatura científica na área de ecologia, manejo e conservação (Brook & McLachlan 2008; Huntington 2011). Além disso, estudos sobre o CEL de usuários de recursos têm sido aplicados no preenchimento de lacunas do conhecimento científico (Huntington 2000; Johannes et al. 2000; Silvano et al. 2006, 2008; Hallwass et al. 2013a). Recentes pesquisas têm aplicado o CEL de pescadores na tentativa de reconstruir a abundância passada dos recursos (Saénz-Arroyo et al. 2005; Ainsworth et al. 2008; Lozano-Montes et al. 2008) e também na verificação da redução e mesmo extinção local de espécies (Salomon et al. 2007; Lozano-Montes et al. 2008; Turvey et al. 2010; Hallwass et al. 2013a). Tal abordagem visa lidar com o problema de que, na falta de dados pesqueiros de longo prazo, cada geração de cientistas pesqueiros ou mesmo de usuários dos recursos, como os pescadores, tende a aceitar os tamanhos e a composição dos estoques do início de sua carreira como a base de comparação para a avaliação de possíveis mudanças e assim sucessivamente, gerando uma gradual mudança de base de comparação a cada geração de pesquisadores e pescadores, processo esse denominado de “*shifting baselines syndrome*” (Pauly 1995; Ainsworth et al. 2008).

Atualmente, o principal instrumento de conservação dos recursos naturais e da biodiversidade na Amazônia é a criação de Unidades de Conservação (UCs) que têm seu principal foco na conservação da floresta e da fauna terrestres (Peres & Zimmerman 2001; Peres 2005; Pinho et al. 2014). No entanto, o peixe é a principal fonte de proteína animal para as populações ribeirinhas da Amazônia (Bayley & Petrere 1989; Batista et al. 1998; Coomes et al. 2010, Isaac & Almeida 2011). A escala de pesca na Amazônia varia, sendo na sua maioria artesanal de pequena escala, empregando grande número de pessoas que utilizam variadas artes de pesca e exploram grande diversidade de espécies (Bayley & Petrere 1989; Isaac et al. 1996, 2008; Batista et al. 1998; Almeida et al. 2001; Barthem & Goulding 2007; MacCord et al. 2007; Hallwass et al. 2011, 2013b). Apesar disso, estudos enfocando os recursos pesqueiros na Amazônia têm apresentado indícios de sobre-exploração e substituição das maiores espécies, como o pirarucu

(*Arapaima gigas*), tambaqui (*Colossoma macropomum*), dourada (*Brachyplatystoma rousseauxii*) e filhote (*Brachyplatystoma filamentosum*) (Petreire et al. 2004; Isaac et al. 2008, Garcia et al. 2009). Apesar da sua relevância econômica, social e ecológica, a literatura sobre a possível influência da criação de UCs na exploração de recursos pesqueiros na Amazônia é ainda limitada (Begossi et al. 1999; MacCord et al. 2007; Castello et al. 2009; Begossi 2010; Silvano et al. 2009; Lopes et al. 2011).

O objetivo principal desse estudo é avaliar possíveis mudanças na composição das espécies de peixes capturadas ao longo do tempo, bem como a variação na abundância e composição das espécies capturadas na maior pescaria da vida dos pescadores, por meio de entrevistas, no Baixo Rio Tapajós, Amazônia brasileira. Esses parâmetros são importantes indicadores para avaliação do estado de conservação dos recursos pesqueiros em ambientes tropicais (Welcomme 1999; Hallwass et al. 2013a). Como objetivos secundários, pretende-se analisar a conservação dos recursos pesqueiros em três diferentes categorias de UCs no Baixo Rio Tapajós e para isso é fundamental caracterizar a pesca em cada UC através de informações básicas, como pressão pesqueira, CPUE e comercialização do pescado. A forma de conservação dos recursos pesqueiros na Floresta Nacional (FLONA) e na Reserva Extrativista (RESEX) foi considerada semelhante, pois as zonas de amortecimento se sobrepõem, além dos planos de manejo de ambas UCs serem recentes e darem pouca ênfase à ictiofauna e à pesca. Contudo, o tempo de criação de cada UC as diferencia quanto ao possível nível de conservação dos recursos, uma vez que a FLONA foi criada há 40 anos e RESEX há 15 anos. Já a Área de Proteção Ambiental (APA) foi criada há 10 anos, não possui plano de manejo e nem zona de amortecimento, sendo, portanto, considerada menos protegida. Nossas hipóteses são: 1) deve ocorrer mudança na composição das espécies de peixes mais capturadas ao longo do tempo, devido à substituição das maiores espécies por peixes de tamanho menor, em conformidade com o “*fishing down process*” (Welcomme 1999); 2) haverá redução na abundância relativa da maior captura da vida do pescador ao longo do tempo, devido à redução da abundância das espécies alvo e substituição das maiores espécies capturadas por outras de menor tamanho e biomassa (Welcomme 1985, 1999; van Oostenbrugge et al. 2002; Saénz-Arroyo et al. 2005; Lorenzen et al. 2006; Lozano-Montes et al. 2008); 3) deverá haver um gradiente das mudanças relacionadas nas hipóteses 1 e 2 de acordo com o tempo de criação e categorias das UCs, já que as mesmas têm foco principal na conservação terrestre e pouca ênfase na ictiofauna e recursos pesqueiros. Portanto, esperamos maior conservação (menor

mudança na composição das espécies e da abundância da maior captura) na FLONA, seguido da RESEX e menor conservação na APA.

Material e Métodos

Área de estudo

O Rio Tapajós possui 1.992 km de extensão, drenando uma área de 489.628 km², apresenta águas claras com suas nascentes em áreas de transição entre os biomas de Cerrado e Floresta Amazônica (Goulding et al. 2003). No trecho final do Rio Tapajós, últimos 150 km, ocorre um alargamento das margens da calha principal do rio, que pode chegar a mais de 15 km de largura em certos locais (Fig. 2.1), com pouca área de inundação nas margens, formação denominada como rio-lago (Barthem & Goulding 2007). A região do Baixo Rio Tapajós, onde foi realizado este estudo, possui diferentes tipos de UCs de Uso Sustentável (Fig. 2.1) de acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC, Lei nº 9.985, de 18 de Julho de 2000), com tempos de criação e históricos distintos.

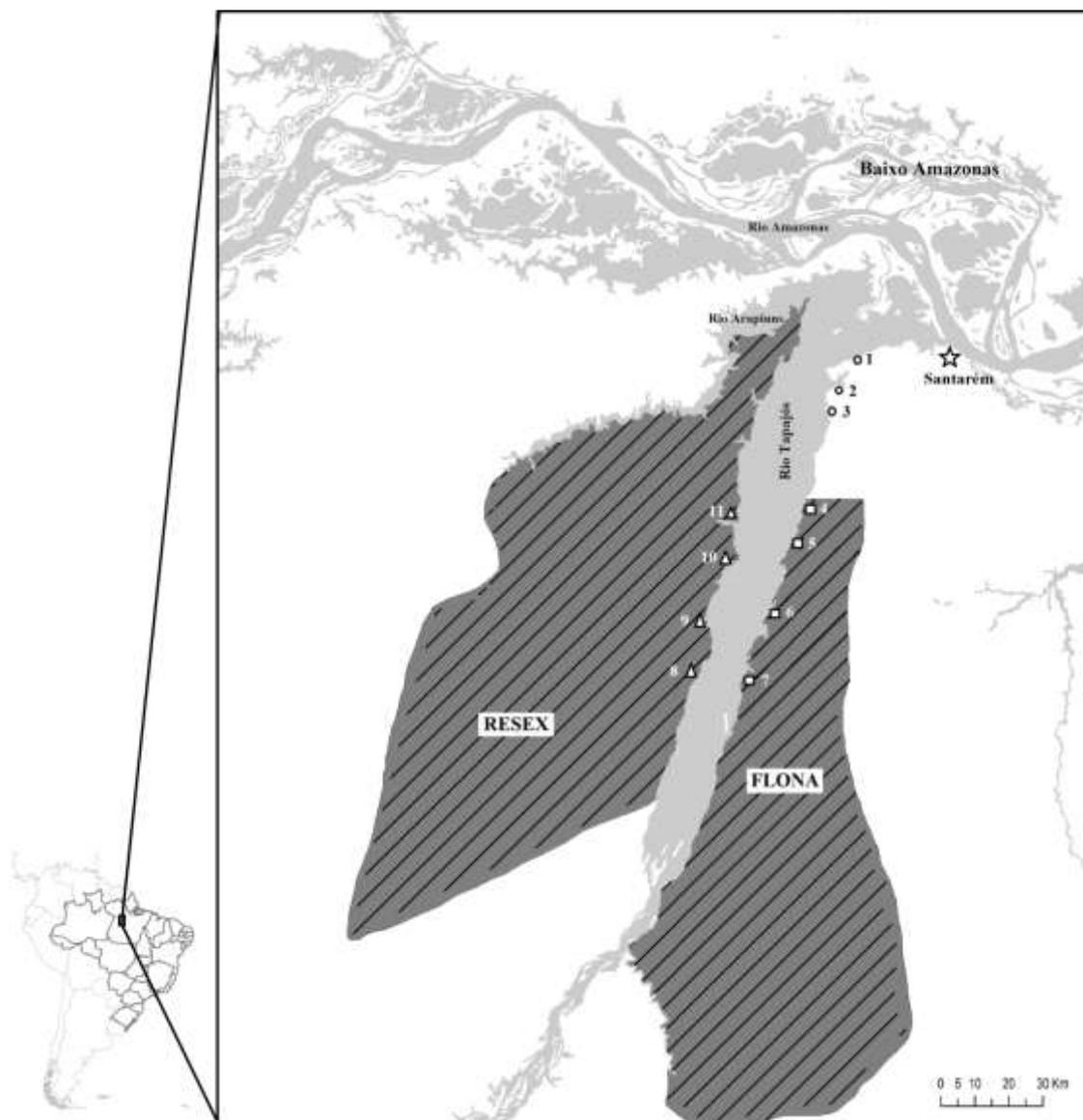


Figura 2.1. Região do Baixo Rio Tapajós (Amazônia brasileira), onde foi realizado o estudo. Comunidades amostradas estão numeradas, as áreas da Floresta Nacional do Tapajós (FLONA) e Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns (RESEX) estão delimitadas em cinza escuro, enquanto que a Área de Proteção Ambiental Alter do Chão (APA) é composta pelas demais comunidades marcadas com um círculo, mas não está delimitada no mapa. Os números indicam as seguintes comunidades: 1- Ponta de Pedra, 2- Alter do Chão, 3- Pindobal, 4- Maguari, 5- Acaratinga, 6- Piquiatuba, 7- Pini, 8- Boim, 9- Jauarituba, 10- Surucuá e 11- Vila do Amorim.

Contexto das Unidades de Conservação

A FLONA do Tapajós, na margem direita do Rio Tapajós (Fig. 2.1), foi criada pelo Governo Federal (sistema *top-down*) há 40 anos (Decreto nº 73.684, de 19 de

Fevereiro de 1974). A regularização das populações tradicionais que já viviam no território anteriormente à criação da FLONA só foi oficializada 20 anos depois da criação da UC, quando passou a ser permitida a permanência de populações tradicionais dentro do limite das FLONAs, desde que presentes no momento da sua criação (Decreto nº 1.298, de 27 de Outubro de 1994). Em 1996, foi estabelecida uma faixa de 10 km como zona de amortecimento a partir dos limites dessa UC, sendo que na área do Rio Tapajós, os limites foram expandidos para coincidirem com a margem esquerda do rio e assim facilitar a identificação física da zona de amortecimento. O Plano de Manejo da FLONA foi concluído apenas em 2004, sendo que o foco principal são os recursos florestais (madeiráveis ou não) e a fauna terrestre. No Plano de Manejo, a ictiofauna é abordada através de uma lista de espécies oriunda de dados secundários de outras regiões, onde se estima a possível ocorrência de algumas espécies na região, enquanto que as informações sobre a pesca se restringem a reclamações de moradores sobre a pesca predatória realizada pelas geleiras (pescarias comerciais de larga escala, que utilizam barcos com grande capacidade de armazenagem e que atuam capturando grandes cardumes de peixes por meio de arrastos). Por fim, o Plano de Manejo estabelece que apenas moradores da FLONA estão autorizados a pescar na área da UC e que não é permitida a pesca profissional com foco comercial na área do Rio Tapajós que passa pela FLONA (zona de amortecimento), bem como o comércio de produtos (incluindo peixes) oriundos da UC para fora da reserva.

A criação da RESEX Tapajós-Arapiuns ocorreu de forma diferente da FLONA. A UC foi criada através de um sistema “*bottom-up*”, onde as comunidades ribeirinhas da margem esquerda do Rio Tapajós (Fig. 2.1) começaram a se articular a partir de 1981 para frear o avanço de empresas madeireiras atuando na região, bem como evitar a instalação de novas empresas. Movimentos semelhantes também ocorreram no Rio Arapiuns em virtude da degradação também causada por empresas madeireiras. Com os mesmos objetivos, as comunidades de ambos os rios (Tapajós e Arapiuns) se uniram em 1996 a fim de melhorar sua organização através da criação de associações intercomunitárias e, através de abaixo assinado em 1997, foi solicitado formalmente ao órgão ambiental do governo, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA) a criação da Reserva Extrativista, a qual foi oficializada no ano seguinte (Decreto s/n de 06 de Novembro de 1998). O Plano de Manejo da RESEX foi redigido pela primeira vez em 2008 com pouca atenção sobre a ictiofauna e a pesca. Uma nova versão do Plano de Manejo foi finalizado em 2014, sendo que foram

coletadas e registradas 99 espécies de peixes em diferentes habitats (rios, lagos e igarapés), e identificados aproximadamente 5.200 pescadores artesanais de pequena escala em toda a área da RESEX. Foram identificadas iniciativas no estabelecimento de regras próprias de pesca nas comunidades da RESEX. As regras de pesca mais comuns são a proibição do uso de alguns métodos de pesca, como o arrasto de malhadeira, principalmente durante o período seco, e outros já proibidos por legislação Federal, como o uso de explosivos e produtos tóxicos. A zona de amortecimento da RESEX abrange uma faixa de 10 km dos limites da UC, englobando praticamente toda a calha do Rio Tapajós paralela à UC, que se sobrepõe em grande parte à zona de amortecimento da FLONA.

A APA Alter do Chão (Fig. 2.1) foi criada em 2003 (Lei Municipal nº 17.771 de 02 de Julho de 2003). Até o momento a APA Alter do Chão não conta com um Plano de Manejo, sendo que em 2012 foi redigido o Plano de Uso da área da APA. Nesse plano constam diretrizes para a pesca, como a proibição do uso de redes malhadeiras com comprimento maior que 150 m nos lagos e igarapés e tamanho de malha mínimo de 35 mm, exceto durante a cheia, quando esse tamanho mínimo é reduzido para 25 mm (malha charuteira), sendo que as demais regras condizem com a legislação Federal. A APA não possui zona de amortecimento (Art. 25, Lei Nº 9.985, de 18 de Julho de 2000), portanto, as regras de pesca da APA não são válidas para a calha do Rio Tapajós.

Coleta de dados

1. Entrevistas com pescadores

Nós entrevistamos 203 pescadores (199 homens e 4 mulheres) em 11 comunidades com distâncias mínimas de 10 km entre elas, ao longo do Baixo Rio Tapajós (Fig. 2.1), durante o mês de julho de 2013. O número de pescadores entrevistados em cada comunidade variou de 12 a 24 (Tab. 2.1). Os pescadores foram entrevistados individualmente, na maioria dos casos em suas casas. Primeiramente eram procurados os líderes comunitários, explicados os objetivos da pesquisa e então solicitada oralmente a concordância e permissão para realizar a pesquisa. O líder comunitário geralmente indicava os primeiros pescadores a serem entrevistados, para os quais sempre se seguiam o padrão de explicar os objetivos da pesquisa e então solicitar oralmente a concordância e permissão para realizar a entrevista com cada pescador.

Após a entrevista, foi solicitado ao entrevistado indicar outros pescadores na comunidade, seguindo o método bola de neve, já empregado em outras pesquisas envolvendo entrevistas com pescadores (Silvano et al. 2006; Hallwass et al. 2013a). A amostragem terminava no momento em que não eram mais encontrados pescadores dispostos a participar da pesquisa, ou quando os nomes sugeridos pelos entrevistados se repetiam, indicando que todos que aceitaram participar da pesquisa foram entrevistados.

O questionário padronizado semi-estruturado utilizado nas entrevistas (Apêndice 1) foi dividido em três partes: a) perfil socioeconômico, abordando perguntas sobre idade, escolaridade, tempo de experiência na pesca, tempo em que mora na comunidade e atividades econômicas; b) composição das capturas, abordando questões temporais sobre as espécies mais capturadas, artes de pesca e tipo de embarcação em dois períodos da vida de cada pescador entrevistado: no início da carreira e atualmente; e c) maior pescaria, com o foco na época (anos atrás), artes de pesca, quantidade e espécies de peixes capturados na maior pescaria da vida do pescador em um dia, bem como quantos pescadores participaram da referida pescaria, a fim de calcular a CPUE. Nesse estudo estamos abordando questões sobre o início da carreira e a maior captura da vida, pois são eventos que tendem a ser marcantes na atividade dos pescadores e, portanto, tem potencial para serem lembrados em maior detalhe (Saénz-Arroyo et al. 2005; O'Donnell et al. 2010).

2. Registro de desembarques pesqueiros

Ao final de cada entrevista, aos pescadores que estudaram no mínimo cinco anos e que possuíam frequência mínima de pesca de três vezes por semana, foi perguntado se os mesmos se interessariam em participar de outra parte da pesquisa, através do registro de seus desembarques pesqueiros durante um ano. Aos pescadores que aceitaram registrar seus desembarques, foram entregues materiais necessários para o registro da pesca (Kit desembarque), contendo as fichas de registro da pesca (Apêndice 2), balança, lápis, borracha, fita métrica, relógio de pulso e uma pasta para o armazenamento dos formulários. Cada pescador foi treinado individualmente e solicitado o registro das cinco primeiras pescarias de cada mês, iniciando em agosto de 2013 e encerrando em julho de 2014. Foram treinados 78 pescadores nas 11 comunidades amostradas (Tab. 2.1), sendo que os pescadores que possuíam telefone eram contatados pelo autor (Gustavo Hallwass) a cada 15 dias para discutir e resolver possíveis dúvidas e

problemas na amostragem. Além disso, os formulários de desembarque foram recolhidos a cada três meses. As informações registradas pelos pescadores foram: local de pesca, apetrechos utilizados, data e duração da viagem de pesca, tipo de embarcação, tipo (espécies) de pescado capturado, incluindo número de peixes e peso, além da quantidade de peixe vendido e valor recebido, quando fosse o caso. Do total de pescadores treinados, 51 registraram suas pescarias até o final da pesquisa, totalizando o registro de 2353 desembarques, que após detalhada conferência e exclusão de dados incompletos ou com erros, foram analisados 2013 desembarques nesse estudo.

3. Reuniões com pescadores e avaliação qualitativa dos resultados das entrevistas

Na última viagem para a coleta dos formulários de desembarques (agosto de 2014), foram realizadas reuniões (workshops) para apresentar e discutir os resultados das entrevistas com os pescadores de cada comunidade (Tab. 2.1). As reuniões (workshops) tiveram uma abordagem qualitativa com o objetivo de um melhor entendimento, suporte e obtenção de possíveis explicações dos resultados obtidos quanto às mudanças no pescado, principalmente no sentido de redução da abundância das principais espécies, por parte dos pescadores que atuam diariamente na pesca. Além disso, a reunião é uma forma de devolução sumarizada do conhecimento adquirido, com o intuito que vai além de discutir os resultados, mas tentar incentivar a mobilização e coesão social nas comunidades.

Tabela 2.1. Número de pescadores entrevistados, com idade e tempo de experiência (média \pm desvio padrão), número de pescadores que registraram sua pesca e que participaram das reuniões, bem como o número de desembarques pesqueiros registrados em cada comunidade no Baixo Rio Tapajós, Amazônia brasileira.

Unidade de Conservação	Comunidade	N entrevistados	Idade (média e desvio padrão)	Tempo experiência (média e desvio padrão)	N pescadores treinados para registrar seus desembarques pesqueiros*	N desembarques registrados	N pescadores participantes das reuniões
APA	<i>Pindobal</i>	22	46,6 \pm 18,2	31,9 \pm 17,4	7 (3)	143	3
	<i>Alter do Chão</i>	12	50,7 \pm 11,9	34,2 \pm 14,1	6 (4)	189	7
	<i>Ponta de Pedra</i>	16	53,6 \pm 14	38,7 \pm 13,3	6 (5)	183	6
RESEX	<i>Boim</i>	23	53,8 \pm 8,8	40,7 \pm 9,2	9 (6)	199	8
	<i>Jauarituba</i>	20	39,5 \pm 12,5	26,4 \pm 13,4	8 (4)	173	5
	<i>Surucúá</i>	24	43,5 \pm 15,1	30,5 \pm 15,8	8 (4)	200	8
	<i>Vila do Amorim</i>	20	45,9 \pm 20,1	31 \pm 18,7	7 (5)	121	3
FLONA	<i>Maguari</i>	18	49 \pm 14,9	37,8 \pm 15	5 (3)	68	4
	<i>Acaratinga</i>	13	48,5 \pm 18	36,8 \pm 16,8	4 (4)	161	3
	<i>Piquiatuba</i>	18	48,4 \pm 18,9	31,6 \pm 17,7	9 (5)	209	5
	<i>Pini</i>	17	45,7 \pm 17,1	32,5 \pm 17,3	9 (8)	367	8
Total		203	47,4 \pm 15,9	33,6 \pm 15,7	78 (51)	2013	60

* Número de pescadores treinados em cada comunidade e entre parênteses o número de pescadores que efetivamente registraram seus desembarques.

4. Variação temporal na composição do pescado

Na análise das respostas referentes às espécies mais capturadas, artes de pesca e tipo de embarcação utilizado no início da carreira do pescador, as respostas foram separadas em dois grupos temporais (≥ 33 anos atrás e < 33 anos atrás). Estes grupos foram arbitrariamente escolhidos por dois motivos: a) tanto a média (33,6 anos) como a mediana (33 anos) indicaram essa idade como a ideal para a divisão equitativa da amostra em dois grupos temporais, mantendo número similar de pescadores entrevistados em cada categoria temporal e b) como as entrevistas foram realizadas no ano de 2013, o período de 33 anos atrás remete ao final da década de 70, quando começaram a serem usadas amplamente as redes malhadeiras de material sintético (nylon) na pesca da Amazônia (Smith 1985). A rede malhadeira é considerada uma das maiores mudanças relacionadas ao esforço e aumento da pressão sobre os recursos pesqueiros na Amazônia (Smith 1985), sendo atualmente a principal arte de pesca empregada na região (Isaac et al. 1996, 2008; Batista et al. 1998; Hallwass et al. 2011, 2013b). Redes malhadeiras têm o potencial de afetar grande variedade de espécies alvo ou não da pesca, bem como o ecossistema (Shester & Micheli 2011). Pescadores reconhecem a rede malhadeira de nylon como uma das principais causas da depleção da megafauna marinha na costa nordeste do Brasil (Giglio et al. 2014).

Como o objetivo desse estudo é analisar os padrões gerais das possíveis mudanças na composição do pescado com base em entrevistas com os pescadores, optamos pela separação temporal das respostas sobre o início da carreira do pescador que proporcionasse a distribuição mais equitativa possível em relação ao número de pescadores entrevistados em cada período temporal (≥ 33 e < 33 anos), a fim de se obter uma melhor representatividade amostral e gerar maior confiabilidade estatística na análise dos dados (Shepperson et al. 2014). Os dados foram analisados através da proporção de citação em cada grupo temporal (porcentagem de pescadores que citaram cada espécie de peixe, apetrecho e tipo de embarcação). Dessa forma, um número amostral baixo de pescadores entrevistados resultaria em altos pesos proporcionais (%) para cada citação, o que poderia conferir muita importância para particularidades locais ou individuais, sendo que nosso objetivo foi definir padrões gerais estatisticamente significativos nas respostas citadas pela maioria dos informantes. Além disso, a separação temporal das respostas sobre o início da carreira do pescador com base em 33 anos de experiência de pesca confere também maior equidade amostral entre as

comunidades ribeirinhas estudadas (Tab. 2.1) que serão utilizadas como réplicas nas análises. Já as respostas sobre as espécies mais capturadas, apetrechos e tipo de embarcação atualmente foram agrupadas para todos os pescadores de cada comunidade ribeirinha, representando os padrões de captura no momento atual, independentemente do tempo de experiência do pescador. Os dados das entrevistas foram calculados como proporção de citações (%), utilizando as comunidades amostradas como réplicas para as análises temporais gerais e para as comparações dentro das UCs.

Realizamos ordenação para verificar se houve mudança na composição dos peixes mais capturados ao longo do tempo, comparando: as espécies capturadas no início da carreira entre os pescadores entrevistados com 33 anos ou mais de experiência, daqueles pescadores com menos de 33 anos de experiência e dos peixes mais capturados atualmente por todos os entrevistados (independentemente da experiência), utilizando as comunidades amostradas como réplicas. Adicionalmente, verificamos se houve diferença na composição dos peixes capturados entre os três grupos temporais (≥ 33 anos atrás, < 33 anos atrás e atual) e quais espécies de peixes influenciaram a diferença na composição de pescado entre os grupos. Essas análises temporais foram feitas para toda a região no geral e separadamente para cada uma das UCs, utilizando a porcentagem de citação das espécies de peixes em cada comunidade. Foram testadas a proporção dos apetrechos mais utilizados citados no início da carreira dos dois grupos de pescadores (\geq e < 33 anos atrás) e atualmente, bem como o tipo de embarcação, no contexto geral e separadamente para cada uma das UCs.

5. *Maior Captura*

Nas análises da maior captura da vida do pescador, abordamos em cada entrevista a época (anos atrás) que ocorreu a maior captura de peixe da vida do pescador em apenas um dia, qual foi a quantidade de pescado capturado (kg) e quantos pescadores participaram dessa captura, a fim de estabelecer a CPUE (kg/pescador/dia) da maior captura. Realizamos correlações entre o tempo de experiência de pesca de cada pescador (anos de experiência desde que o entrevistado iniciou sua carreira como pescador) e o tempo decorrido desde a maior captura (anos atrás em que ocorreu a maior captura da vida do pescador), para saber se os pescadores com mais tempo de pesca citam maiores capturas mais antigas, a fim de verificar indícios de redução na abundância relativa dos recursos pesqueiros na região e possíveis efeitos de *shifting*

baseline syndrome (Pauly 1995; Saénz-Arroyo et al. 2005; Ainsworth et al. 2008; Bender et al. 2014). Posteriormente, correlacionamos a CPUE da maior captura da vida do pescador e o tempo (anos atrás) em que ela ocorreu. Nessas análises o número de entrevistas utilizadas foi menor ($n = 139$), pois os demais entrevistados ($n = 55$) não souberam responder sobre essas questões. Todas as correlações foram feitas para a região no geral e separadamente para cada UC.

Para comparar as diferenças na composição de espécies capturadas na maior captura segundo as citações dos pescadores, os dados foram arbitrariamente separados em três grupos temporais. Tais grupos temporais diferiram das análises de composição geral das espécies mais capturadas (acima), buscando também equalizar o tamanho amostral de cada grupo temporal de pescadores entrevistados. Visto que a maior parte das maiores capturas citadas foram recentes, os grupos temporais foram separados em: maior captura recente (0 a 5 anos atrás, $n = 68$), intermediária (6 a 15 anos atrás, $n = 32$) e antiga (> 15 anos atrás, $n = 39$). Foi feita uma ordenação e analisada a diferença entre os grupos temporais no geral e entre UCs, bem como quais espécies influenciaram na composição de pescado entre os grupos que diferiram significativamente. Não foram feitas análises entre os grupos temporais dentro de cada UC, devido ao baixo número amostral, sendo que as réplicas nessa análise foram os grupos temporais gerais não separados por comunidades. Foram analisados também os apetrechos utilizados na pescaria que resultou na maior captura da vida dos pescadores entrevistados.

Análise dos dados

Primeiramente, nós filtramos os dados dos 203 entrevistados com base nas informações de tempo de pesca e tempo que moram no local, sendo que pescadores entrevistados que não moravam na região do Baixo Tapajós quando iniciaram sua atividade pesqueira ($n = 9$) foram excluídos das análises, com o objetivo de retirar qualquer viés de captura e composição do pescado de outra região que não fosse a área de estudo. A seguir, verificamos que existe alta correlação entre a idade do pescador entrevistado e o tempo de experiência na pesca ($r = 0,92$, $n = 194$, $p < 0,0001$), portanto, o tempo de experiência na pesca foi utilizado como variável independente nas demais análises.

Baseado em dados dos desembarques registrados, caracterizamos os aspectos gerais da pesca em cada UC. Verificamos se houve diferença na CPUE

(kg/pescador/hora) e no tempo de duração da pesca (horas) entre as UCs e os períodos do ciclo hidrológico da seca (agosto a janeiro) e cheia (fevereiro a julho), bem como no rendimento da pesca (R\$/pescador/dia) entre as diferentes UCs, através do teste de Kruskal-Wallis e teste de Dunn a posteriori, pois os dados não apresentaram variâncias homogêneas. O tempo de duração da pesca compreende o tempo de viagem e o tempo de pesca efetivo, visto que não foi possível a separação desses dados e, segundo a literatura, o tempo de pesca é o principal fator que influencia a captura de peixes na pesca de pequena escala na Amazônia (Hallwass et al. 2013b). Testamos também a composição das espécies registradas nos desembarques pesqueiros entre as comunidades e UCs, em proporção relativa (% da biomassa total), tendo como réplicas as comunidades de pescadores amostradas nos ciclos hidrológicos de seca e cheia. Essa análise tem o objetivo de verificar a possibilidade do uso das UCs como unidades amostrais espaciais para as análises posteriores e as comunidades como réplicas independentes, visto que se localizam a pelo menos 10 km de distância entre elas e devem apresentar diferenças nas espécies capturadas entre si. Ainda, para verificar previamente a confiabilidade das respostas dadas pelos pescadores, conforme realizado em estudo anterior (Hallwass et al. 2013a), foram realizadas correlações entre a proporção de peixes citados (%) nas entrevistas como as espécies mais capturadas atualmente e a proporção da biomassa e frequência (%) das espécies registradas nos desembarques pesqueiros. Além disso, foram feitas correlações entre as proporções dos apetrechos citados (%) nas entrevistas e registradas nos desembarques (%).

Foram feitas análises por meio de ordenações multidimensionais não-métricas (NMDS) com base em distâncias de Bray-Curtis e aleatorização (1.000 permutações) para verificar a variação temporal na composição do pescado e na composição da maior captura da vida do pescador. A análise de similaridade (ANOSIM) foi empregada para verificar se houve diferença na composição dos peixes mais capturados, da composição da maior captura e da composição registrada nos desembarques pesqueiros. A análise de percentual de similaridade (SIMPER) foi utilizada para indicar quais espécies de peixes mais influenciaram as diferenças na composição de pescado nas análises do ANOSIM. As análises de NMDS, ANOSIM e SIMPER foram realizadas através do software PRIMER 6 (Clarke & Gorley 2006).

Nas análises de correlação, testamos a normalidade dos dados através do teste de Lilliefors e foram feitas transformações (ln) quando necessário. Para variáveis normais utilizamos a correlação de Pearson (r) e para as variáveis não normais mesmo após

transformação utilizamos a correlação de Spearman (rs) com os dados originais. As análises de correlação foram feitas no software R (R Core Team 2014).

As análises da frequência de citações dos apetrechos e tipos de embarcações foram feitas através do teste de Qui-Quadrado com o teste Z a posteriori para indicar quais foram as respostas mais citadas do que ao acaso em cada análise. As análises de Qui-Quadrado foram feitas no software WINPEPI (Abramson 2004), como realizado em outro estudo com entrevistas (Hallwass et al. 2013a).

Resultados

Perfil dos pescadores entrevistados e os aspectos gerais da pesca no Baixo Rio

Tapajós

O tempo de experiência dos pescadores entrevistados variou de 2 a 75 anos, sendo que a maioria (> 75%) dos pescadores entrevistados tem mais de 20 anos de experiência de pesca (mediana = 33 anos, 1º quartil = 22 anos e 3º quartil = 46 anos), enquanto que a mediana do tempo de moradia no local foi de 41 anos (1º quartil = 25 anos e 3º quartil = 53 anos) indicando a grande experiência de pesca dos pescadores na região de estudo. Do total de pescadores entrevistados ($n = 203$), 42% afirmaram que pescam três ou mais vezes na semana, 32,5% responderam pescar todos os dias e 25,5% pescam duas ou menos vezes por semana. Enquanto que quando iniciaram na atividade pesqueira, 54% dos pescadores disseram pescar todos os dias e outros 26% três ou mais vezes e 20% duas vezes ou menos na semana. Além da pesca, 59% dos entrevistados também praticam a agricultura. Quanto à escolaridade, 39% cursaram entre a 5ª e 8ª série do ensino fundamental, 34% estudaram até a 4ª série, apenas 5% dos entrevistados não estudaram, 9,5% terminaram o ensino fundamental e 12,5% concluíram o ensino médio.

No total, foram registrados 18.235 kg nos 2013 desembarques pesqueiros analisados nas 11 comunidades amostradas no Baixo Rio Tapajós, sendo que a pesca ocorre principalmente na calha do rio (69,7% do total de desembarques pesqueiros) através de canoas a remo (63,2 % do total de desembarques registrados), seguido de canoas com pequenos motores de popa, denominadas localmente de rabetas (36,8%). A duração média das pescarias (incluindo o tempo de viagem e de pesca) foi de 4hs e 12 min \pm 3hs e 27 min, indicando não haver sobreposição entre os pontos de pesca das

comunidades analisadas entre as UCs, visto que a travessia de uma margem a outra do Baixo Rio Tapajós leva em média 1h e 30 min com canoas motorizadas, rabeta, além de depender das condições climáticas como vento, ondas e chuva que, por vezes, impossibilitam a travessia (G. Hallwass, experiência pessoal). A CPUE (kg/pescador/hora) diferiu entre as UCs e entre ciclos hidrológicos ($H = 99,6$; $p < 0,0001$), sendo maior na FLONA e na RESEX durante os períodos de seca (Fig. 2.2). Apesar da menor CPUE na APA, essa região apresenta maior tempo de duração por viagem de pesca (incluindo o tempo de viagem e de pesca) em relação às outras UCs ($H = 347,2$; $p < 0,0001$, Fig. 2.3). Além disso, a região da APA apresentou maior rendimento da pesca ($H = 105$; $p < 0,0001$) e maior frequência de comercialização relacionados à demanda comercial de peixe (Tab. 2.2).

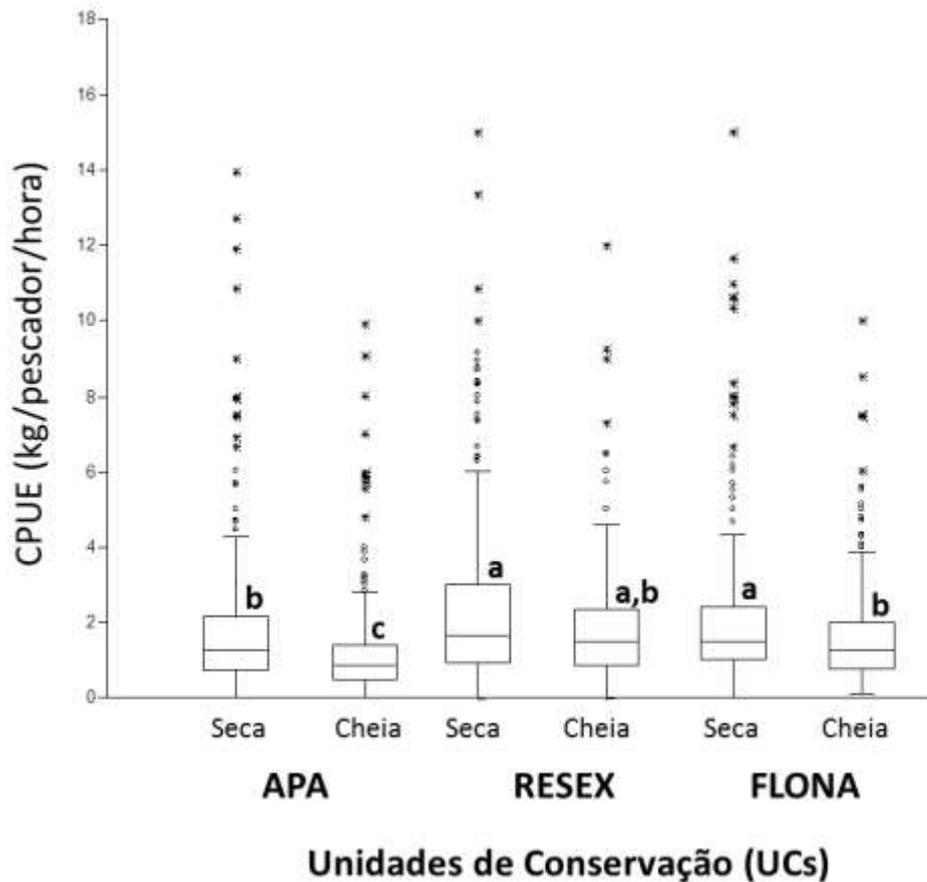


Figura 2.2. Captura por Unidade de Esforço (CPUE em kg/pescador/hora) entre as UCs (APA, RESEX e FLONA) e ciclo hidrológico (seca e cheia) no Baixo Rio Tapajós. O ciclo hidrológico da seca compreende os períodos de vazante e seca (agosto a janeiro), enquanto que a cheia inclui os períodos de enchente e cheia (fevereiro a julho). Linha no centro do box-plot representa a mediana, a caixa do box-plot indica os quartis (25% e 75%), as linhas verticais os valores máximos e mínimos e os círculos são considerados *outliers*. Teste a posteriori de Dunn: $a > b > c$, $p < 0,05$.

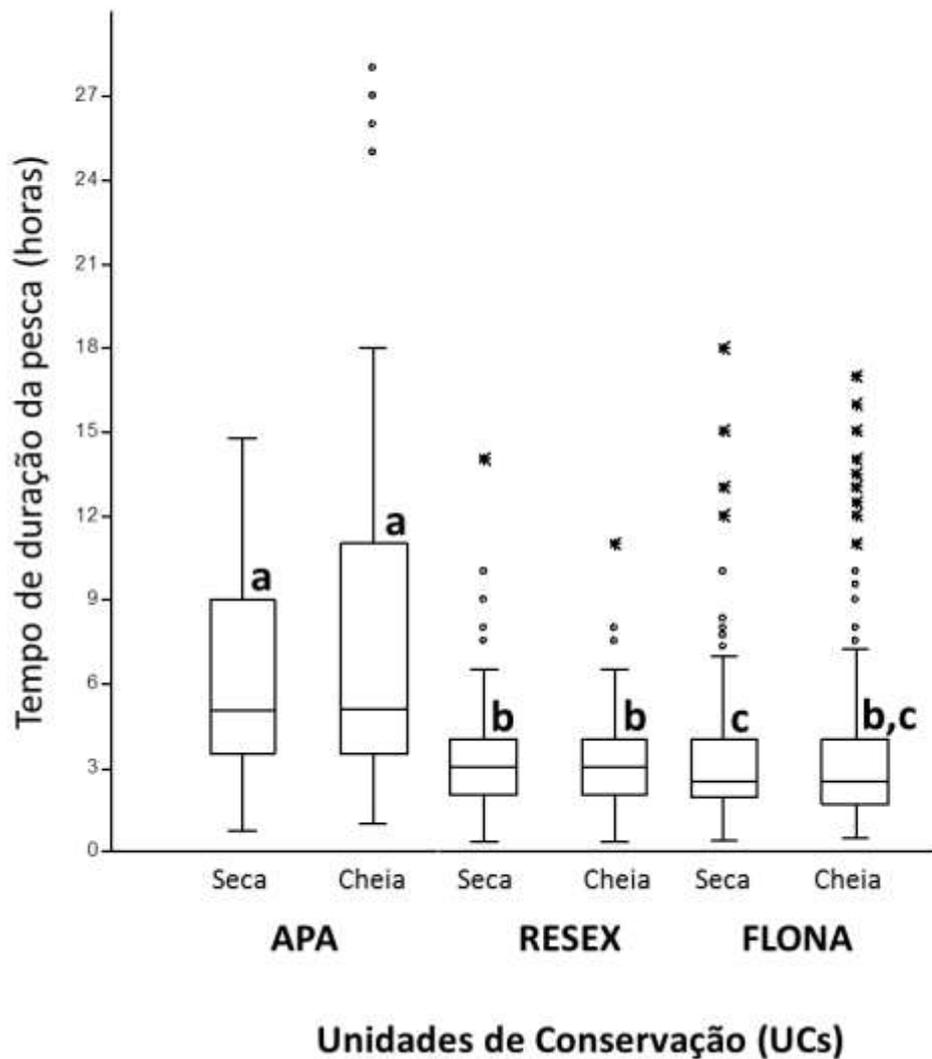


Figura 2.3. Tempo de duração da pesca (horas), compreendendo o tempo de viagem e de pesca, entre as UCs (APA, RESEX e FLONA) e ciclo hidrológico (seca e cheia) no Baixo Rio Tapajós. O ciclo hidrológico da seca compreende os períodos de vazante e seca (agosto a janeiro), enquanto que a cheia inclui os períodos de enchente e cheia (fevereiro a julho). Linha no centro do box-plot representa a mediana, a caixa do box-plot indica os quartis (25% e 75%), as linhas verticais os valores máximos e mínimos e os círculos são considerados *outliers*. Teste a posteriori de Dunn: $a > b > c$, $p < 0,0001$.

Tabela 2.2. Proporção de desembarques destinados à venda e média do rendimento da pesca (R\$/pescador/dia) recebido pelo pescador nos desembarques em que houve comercialização do pescado nas UCs do Baixo Rio Tapajós.

UC	N desembarques e (%) destinados à venda	Rendimento das capturas comercializadas por pescador por dia (média ± desvio padrão)	Rendimentos médios foram diferentes (H = 105; p < 0,0001), teste de Dunn a posteriori*
APA	205 (39,8%)	R\$ 56,9 ± 50,0	A
RESEX	265 (38,1%)	R\$ 21,6 ± 22,4	B
FLONA	154 (19,1%)	R\$ 24,4 ± 23,9	B

* Teste de Dunn: A > B, p < 0,05.

A composição das capturas registradas nos desembarques pesqueiros apresentou diferenças entre as comunidades (*Global R* = 0,582, *p* = 0,001) e entre as UCs (*Global R* = 0,386, *p* = 0,001), mas não entre os ciclos hidrológicos (*Global R* = -0,004, *p* = 0,46), indicando a confiabilidade de agrupar os dados dentro das UCs para analisar os padrões gerais da pesca e mudanças ambientais no Baixo Rio Tapajós.

Os peixes mais citados atualmente nas entrevistas com os pescadores foram positivamente correlacionados tanto com a abundância como com a frequência dos peixes mais capturados nos desembarques pesqueiros em todas as comunidades (Tab. 2.3). As artes de pesca citadas nas entrevistas e utilizadas nos desembarques também foram positivamente correlacionadas, com exceção da comunidade de Acaratinga na FLONA (Tab. 2.3). Portanto, as informações obtidas nas entrevistas sobre a pesca atual condizem com o que foi registrado nos desembarques pesqueiros. Os peixes mais citados durante as entrevistas, o nome científico, o total de kg capturado na pesca, o tamanho máximo que cada espécie pode atingir e o hábito alimentar de cada peixe estão descritos na Tabela 2.4.

Tabela 2.3. Correlações entre a proporção dos peixes mais capturados e artes de pesca citados nas entrevistas e a proporção da biomassa e frequência dos peixes desembarcados e artes de pesca utilizadas em todas as 11 comunidades amostradas no Baixo Rio Tapajós.

UC	Comunidades	Peixes mais capturados (abundância)*			Peixes mais capturados (frequência)*			Artes de pesca*		
		<i>rs</i>	<i>p</i>	<i>n</i>	<i>rs</i>	<i>p</i>	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>N</i>
APA	<i>Alter do Chão</i>	0,83	< 0,001	27	0,81	< 0,001	27	0,92	0,03	5
	<i>PIndobal</i>	0,76	< 0,001	27	0,83	< 0,001	27	0,96	0,008	5
	<i>Ponta de pedra</i>	0,76	< 0,001	27	0,75	< 0,001	27	0,87	0,05	5
RESEX	<i>Boim</i>	0,74	< 0,001	27	0,68	< 0,001	27	0,94	0,02	5
	<i>Jauarituba</i>	0,66	< 0,001	27	0,65	< 0,001	27	0,94	0,02	5
	<i>Surucuá</i>	0,68	< 0,001	27	0,66	< 0,001	27	0,91	0,03	5
	<i>Vila do Amorim</i>	0,83	< 0,001	27	0,83	< 0,001	27	0,97	0,007	5
FLONA	<i>Acaratinga</i>	0,77	< 0,001	27	0,68	< 0,001	27	0,84	0,07	5
	<i>Maguari</i>	0,68	< 0,001	27	0,64	< 0,001	27	0,89	0,04	5
	<i>Piquiatuba</i>	0,54	0,003	27	0,60	< 0,001	27	0,90	0,04	5
	<i>Pini</i>	0,83	< 0,001	27	0,74	< 0,001	27	0,98	0,002	5

* Correlações: Pearson (*r*) e Spearman (*rs*); nível de significância (*p*) e número de espécies analisadas (*n*).

Tabela 2.4. Nomes populares e científicos das espécies de peixes mais citadas pelos pescadores entrevistados e o total de kg capturado nos desembarques pesqueiros no Baixo Rio Tapajós. Nomes científicos, tamanho máximo e hábito alimentar foram baseados em Santos et al. (2004, 2006).

Nome Comum	Nome Científico	Total capturado (kg)	Tamanho Máximo (cm)*	Hábito alimentar
Acará	<i>Satanoperca sp., Mesonauta festivus, Chaetobranchus sp.,</i>	99,3	25	Carnívoro, Ictiófago, Onívoro
	<i>Hypselecara temporalis,</i>			
	<i>Caquetaia spectabilis,</i>			
Acaratinga	<i>Astronotus sp.</i>	867,4	25	Onívoro
	<i>Geophagus sp.</i>			
Aracu	<i>Laemolyta sp., Leporinus sp.,</i>	1946	29	Onívoro
	<i>Schizodon sp.</i>			
Bararuá	<i>Uaru amphiacanthoides</i>	40	25	Carnívoro
Charuto	<i>Hemiodus sp.</i>	1597,7	28	Onívoro
Dourada	<i>Brachyplatystoma rousseauxii</i>	776,1	150	Ictiófago
Filhote	<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>	934,3	230	Ictiófago
Jaraqui	<i>Semaprochilodus sp.</i>	3050,8	35	Detritívoro
Mapará	<i>Hypophthalmus marginatus</i>	633,8	45	Planctívoro
Matrinchã	<i>Brycon sp.</i>	155,4	40	Onívoro
Pacu	<i>Myleus sp., Mylossoma sp.</i>	233	30	Herbívoro
Pescada	<i>Plagioscion squamosissimus</i>	1926,2	50	Carnívoro
Pirapitinga	<i>Piaractus brachypomus</i>	9,1	70	Onívoro
Pirarucu	<i>Arapaima gigas</i>	17	300	Carnívoro
Sarda	<i>Pellona sp.</i>	689	60	Ictiófago
Tambaqui	<i>Colossoma macropomum</i>	97	100	Onívoro
Tucunaré	<i>Cichla sp.</i>	926,8	60	Ictiófago

* Quando ocorreram mais de uma espécie por nome popular, foi calculada a média do tamanho máximo.

Varição temporal na composição do pescado

A ordenação NMDS seguida da análise de similaridade (ANOSIM) indicou uma diferença na composição das espécies de peixes mais capturadas no início da carreira dos pescadores comparado à composição de espécies capturadas atualmente, sendo que não ocorreu diferença na composição de espécies capturadas no início da carreira entre os grupos de pescadores com tempo de experiência ≥ 33 anos e < 33 anos (Fig. 2.4, Tab. 2.5).

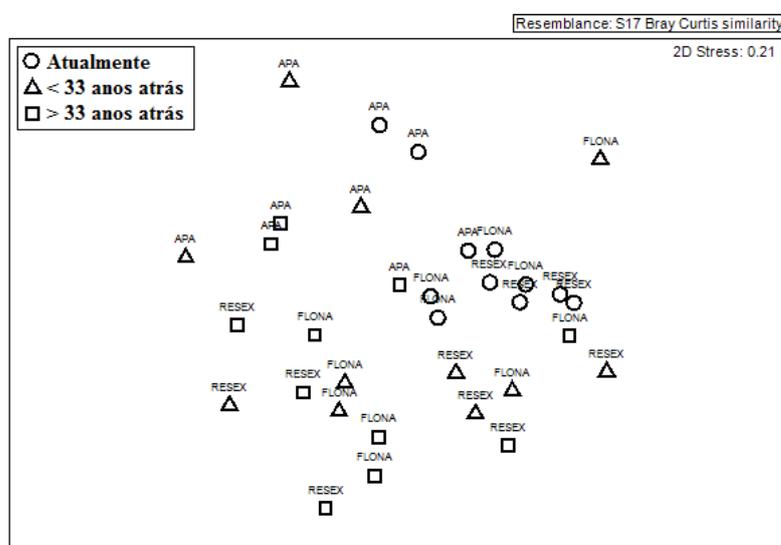


Figura 2.4. Ordenação NMDS ($stress = 0,21$), com base em distâncias de Bray-Curtis e 1.000 permutações, gerada a partir da proporção da citação das espécies mais capturadas ao longo do tempo pelos pescadores entrevistados ($n = 194$) no Baixo Rio Tapajós-Amazônia brasileira, sendo que foi plotada o tipo de UC (APA, RESEX e FLONA) de cada unidade amostral (comunidade pesqueira). O número de entrevistados em cada comunidade encontra-se na Tab. 2.1.

Tabela 2.5. Análise de similaridade (ANOSIM) baseada na porcentagem de citação dos pescadores entrevistados ($n = 194$) quanto às espécies de peixe mais capturadas entre os grupos temporais de pescadores, no Baixo Rio Tapajós, Amazônia brasileira.

Testes	R	P	Permutações	Número \geq observado
Global	0,253	$< 0,001$	999	0
<i>Entre Grupos temporais:</i>				
≥ 33 anos, < 33 anos	0,047	0,2	999	203
< 33 anos, Atualmente	0,348	$< 0,001$	999	0
≥ 33 anos, Atualmente	0,368	$< 0,001$	999	0

Através da análise de percentual de similaridade (SIMPER) observamos uma média de dissimilaridade de 48% entre os grupos temporais, sendo que a similaridade dentro de cada grupo temporal foi de 68% no grupo atualmente, seguido do grupo ≥ 33 anos (54%) e do grupo < 33 anos (50,5%). As principais espécies que influenciaram a dissimilaridade entre os grupos temporais foram indicadas pelo SIMPER. Das cinco espécies de peixe que podem atingir os maiores comprimentos totais, três delas apresentaram tendência de diminuição de citações ao longo do tempo (pirarucu, tambaqui e tucunaré), enquanto que os grandes bagres (dourada e filhote) apresentaram aumento de citações ao longo do tempo (Fig. 2.5).

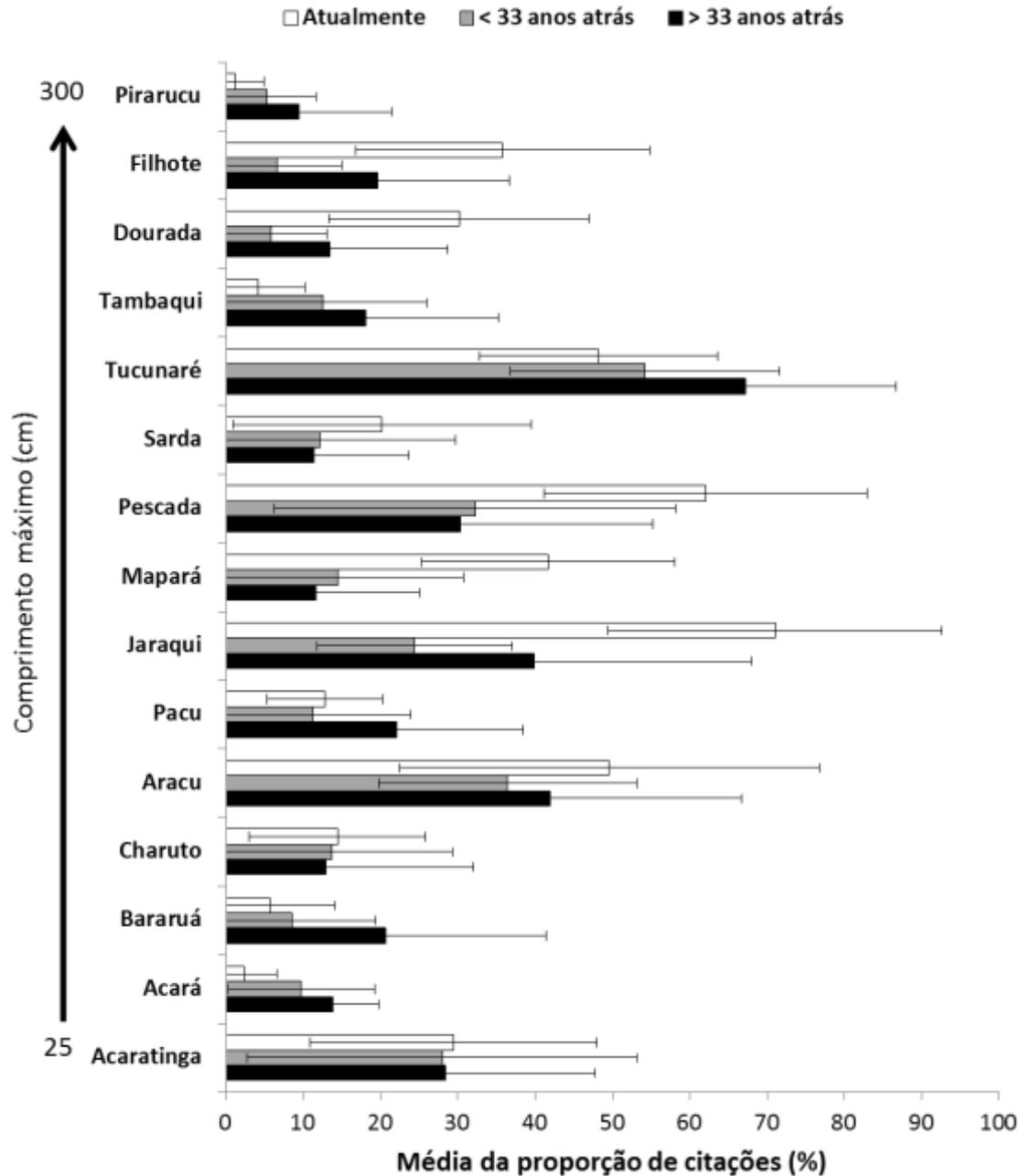


Figura 2.5. Abundância relativa de cada espécie quanto à proporção de citações (média e desvio padrão) dentro de cada grupo temporal de pescadores entrevistados (Atualmente, $n = 194$; < 33 anos atrás, $n = 95$; ≥ 33 anos atrás, $n = 99$) na região do Baixo Rio Tapajós, Amazônia brasileira. As espécies foram definidas com base na análise de percentual de similaridade (SIMPER). A seta indica a variação no comprimento máximo que as espécies podem atingir, estimado a partir da literatura (Santos et al. 2004, 2006). A soma pode ser maior do que 100% para o total de citações dentro de cada grupo temporal, pois os pescadores puderam citar mais de uma espécie de peixe. Os nomes científicos e os tamanhos máximos que cada espécie pode atingir estão na Tabela 2.4.

Ocorreram variações temporais nas artes de pesca mais utilizadas segundo os pescadores (Fig. 2.6). A linha de mão era a arte de pesca mais utilizada pelos pescadores que iniciaram sua carreira de pesca a mais de 33 anos atrás ($\chi^2 = 69,9$; $gl = 4$; $p < 0,001$; $z = 7,0$; $p < 0,001$). Já os pescadores que começaram a pescar a menos de 33 anos atrás citaram utilizar tanto linha de mão como malhadeira ($\chi^2 = 80,4$; $gl = 4$; $p < 0,001$; $z = 5,7$; $p < 0,001$ e $z = 3,8$; $p < 0,001$, respectivamente), enquanto que atualmente o padrão ainda se mantém, as artes de pesca mais utilizadas são a linha de mão e a malhadeira ($\chi^2 = 184,6$; $gl = 4$; $p < 0,001$; $z = 2,4$; $p = 0,04$ e $z = 10,7$; $p < 0,001$, respectivamente).

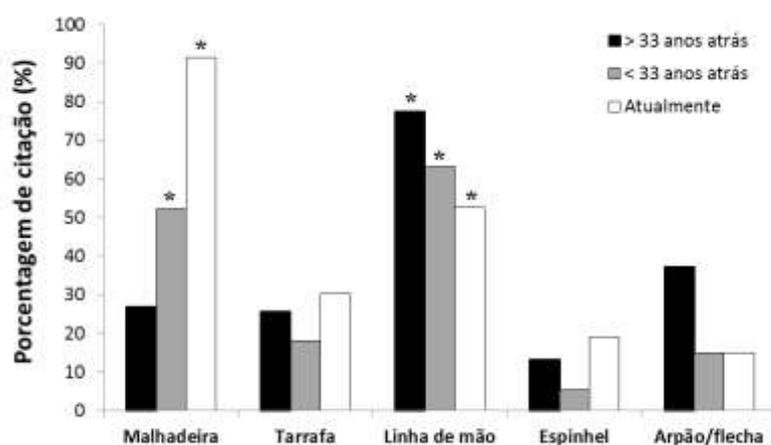


Figura 2.6. Proporção de uso de cada arte de pesca citada como mais utilizada dentro de cada grupo temporal de pescadores entrevistados (≥ 33 anos atrás, < 33 anos atrás e Atualmente) na região do Baixo Rio Tapajós. A soma pode ser maior que 100% em cada grupo temporal, pois os pescadores puderam citar mais de uma arte de pesca. O asterisco (*) indica as artes de pesca mais citadas em cada grupo temporal ($p < 0,05$).

O tipo de embarcação utilizada na pesca também apresentou variação temporal (Fig. 2.7). A canoa a remo foi citada como o principal tipo de embarcação utilizado pelos pescadores no início da atividade pesqueira (≥ 33 anos atrás: $\chi^2_{Yates} = 100,1$; $p < 0,001$ e < 33 anos atrás: $\chi^2_{Yates} = 67,4$; $p < 0,001$). Contudo, atualmente a canoa motorizada é a embarcação mais utilizada segundo os pescadores entrevistados ($\chi^2_{Yates} = 3,9$; $p = 0,05$).

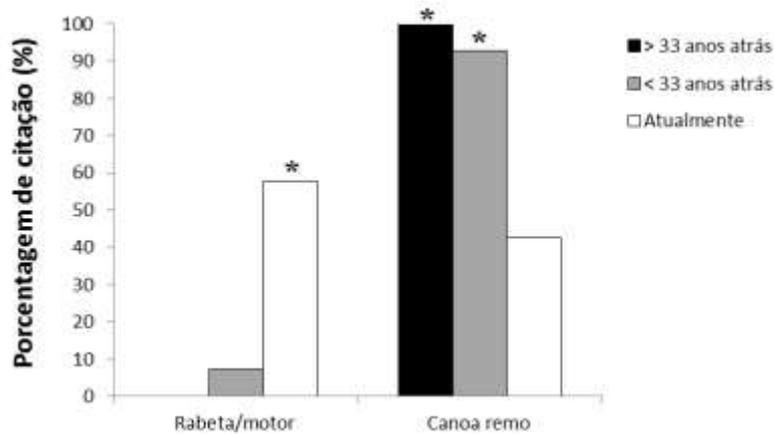


Figura 2.7. Proporção de uso dos tipos de embarcação citadas como mais utilizadas dentro de cada grupo temporal de pescadores entrevistados (≥ 33 anos atrás, < 33 anos atrás e Atualmente) na região do Baixo Rio Tapajós. O asterisco (*) indica o tipo de embarcação mais citado em cada grupo temporal ($p < 0,05$).

As espécies mais citadas diferiram entre os grupos temporais de entrevistados mais acentuadamente (maior *Global R*, Clarke & Gorley 2006) dentro da APA (*Global R* = 0,457, $p = 0,01$), seguido da RESEX (*Global R* = 0,259, $p = 0,04$), mas não diferiram dentro da FLONA (*Global R* = 0,118, $p = 0,17$). Não foi possível verificar estatisticamente a diferença entre os grupos temporais dentro de cada UC por falta de réplicas. Com base no SIMPER plotamos os peixes que apresentaram maiores contribuições para as similaridades e dissimilaridades entre grupos dentro de cada tipo de UC, sendo que o padrão temporal de abundância das citações das cinco maiores espécies de peixes seguiu a tendência da análise geral, com exceção do tucunaré (*Cichla spp.*) na FLONA (Fig. 2.8).

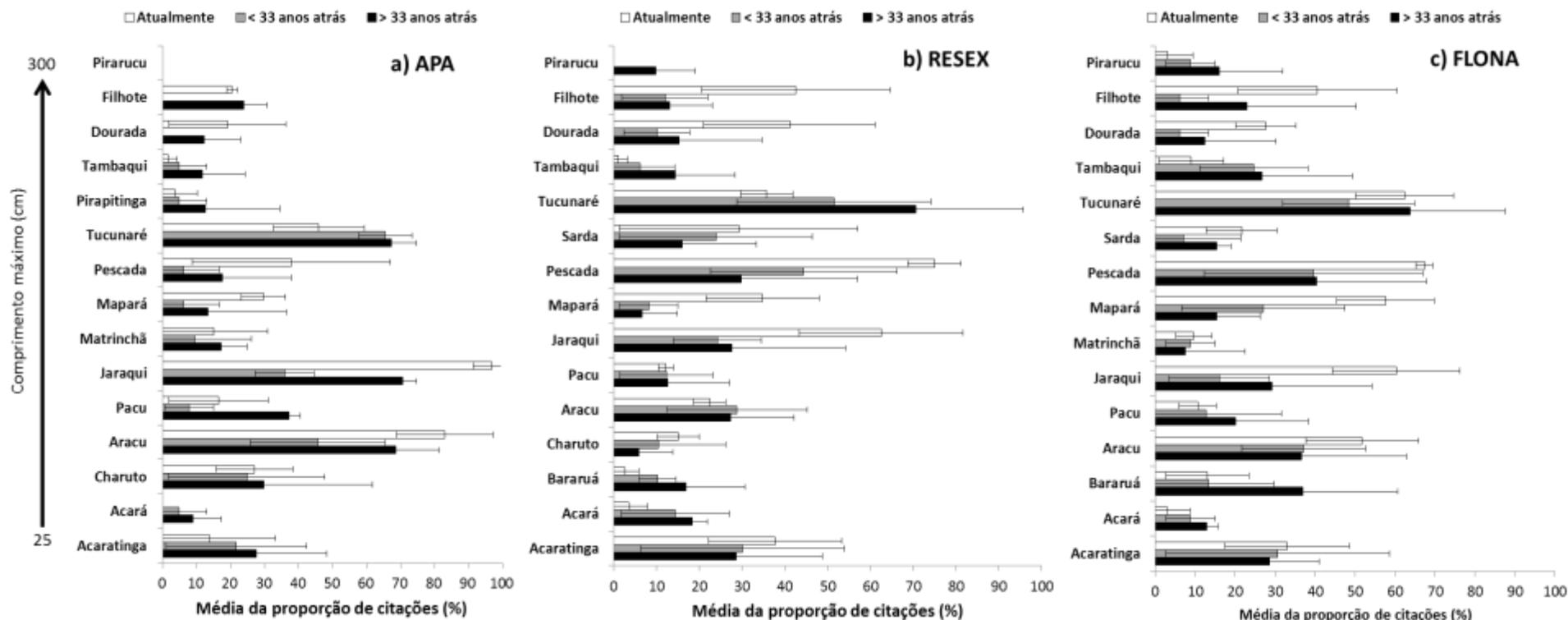


Figura 2.8. Abundância relativa de cada espécie, em proporção de citações (média e desvio padrão) dentro de cada grupo temporal de pescadores entrevistados (Atualmente, < 33 anos atrás e \geq 33 anos atrás) na região do Baixo Rio Tapajós, (a) APA, (b) RESEX e (c) FLONA. As espécies foram definidas com base na análise de percentual de similaridade (SIMPER). A seta indica a variação no comprimento máximo que as espécies podem atingir (Santos et al. 2004, 2006). A soma pode ser maior que 100% em cada grupo temporal, pois os pescadores puderam citar mais de uma espécie de peixe. Os nomes científicos e os tamanhos máximos que cada espécie pode atingir estão na Tabela 2.3.

Nas UCs também foi verificada variação temporal no uso das principais artes de pesca (Fig. 2.9). A linha de mão foi a arte de pesca mais utilizada pelos pescadores que iniciaram sua carreira de pesca há mais de 33 anos em todas as UCs (APA: $\chi^2 = 13,9$; gl = 4; p = 0,008; z = 2,9; p = 0,01; RESEX: $\chi^2 = 61,1$; gl = 4; p < 0,001; z = 6,1; p < 0,001; FLONA: $\chi^2 = 21,5$; gl = 4; p < 0,001; z = 3,4; p = 0,001). De acordo com os pescadores que começaram na atividade pesqueira há menos de 33 anos, não houve diferença entre as artes de pesca citadas na APA ($\chi^2 = 8,4$; gl = 4; p = 0,07), enquanto que na RESEX a linha de mão continuou sendo a arte de pesca mais empregada ($\chi^2 = 60,0$; gl = 4; p < 0,001; z = 5,8; p < 0,001) e na FLONA as artes de pesca mais citadas nesse período foram a linha de mão e a malhadeira ($\chi^2 = 32,2$; gl = 4; p < 0,001; z = 3,1; p = 0,007 e z = 3,1; p = 0,007, respectivamente). Já na pesca que ocorre atualmente, o uso da malhadeira predominou entre os pescadores entrevistados na APA ($\chi^2 = 39,1$; gl = 4; p < 0,001; z = 4,5; p < 0,001) e na FLONA ($\chi^2 = 93,6$; gl = 4; p < 0,001; z = 7,9; p < 0,001), enquanto que na RESEX a malhadeira foi tão citada quanto a linha de mão ($\chi^2 = 96,9$; gl = 4; p < 0,001; z = 6,4; p < 0,001 e z = 4,2; p < 0,001, respectivamente).

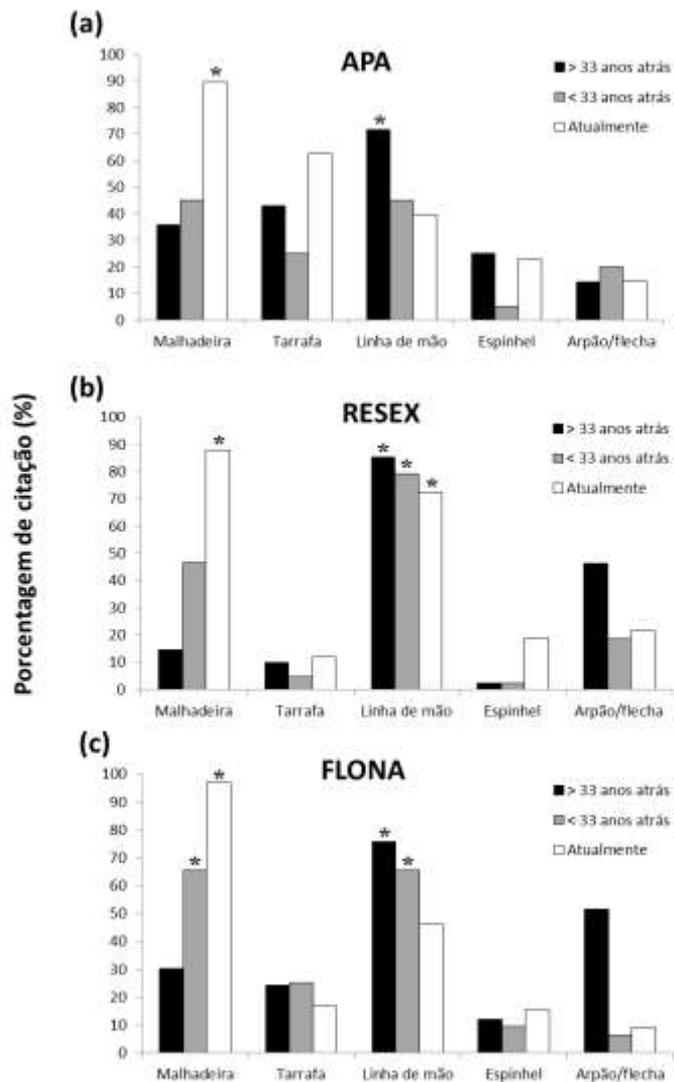


Figura 2.9. Proporção de uso de cada arte de pesca citada como mais utilizada dentro de cada grupo temporal de pescadores entrevistados (Atualmente, < 33 anos atrás e \geq 33 anos atrás) na região do Baixo Rio Tapajós em: (a) APA, (b) RESEX e (c) FLONA. A soma pode ser maior que 100% em cada grupo temporal, pois os pescadores puderam citar mais de uma arte de pesca. O asterisco (*) indica as artes de pesca mais citadas em cada grupo temporal ($p < 0,05$).

O uso de canoas a remo predominou entre os pescadores que iniciaram a carreira de pesca a mais de 33 anos atrás em todas as UCs (APA: $\chi^2_{Yates} = 26,1$; $p < 0,001$; RESEX: $\chi^2_{Yates} = 39,1$; $p < 0,001$; FLONA: $\chi^2_{Yates} = 31,1$; $p < 0,001$), bem como entre os pescadores que começaram a pescar a menos de 33 anos em todas as UCs (APA: $\chi^2_{Yates} = 11,2$; $p < 0,001$; RESEX: $\chi^2_{Yates} = 37,2$; $p < 0,001$; FLONA: $\chi^2_{Yates} = 19,5$; $p < 0,001$). Atualmente a canoa motorizada foi o tipo de embarcação mais citado na APA ($\chi^2_{Yates} =$

13,1; $p < 0,001$) e na RESEX ($\chi^2_{\text{Yates}} = 4,3$; $p = 0,04$), enquanto que na FLONA a embarcação mais citada continua sendo as canoas a remo ($\chi^2_{\text{Yates}} = 6,2$; $p = 0,01$).

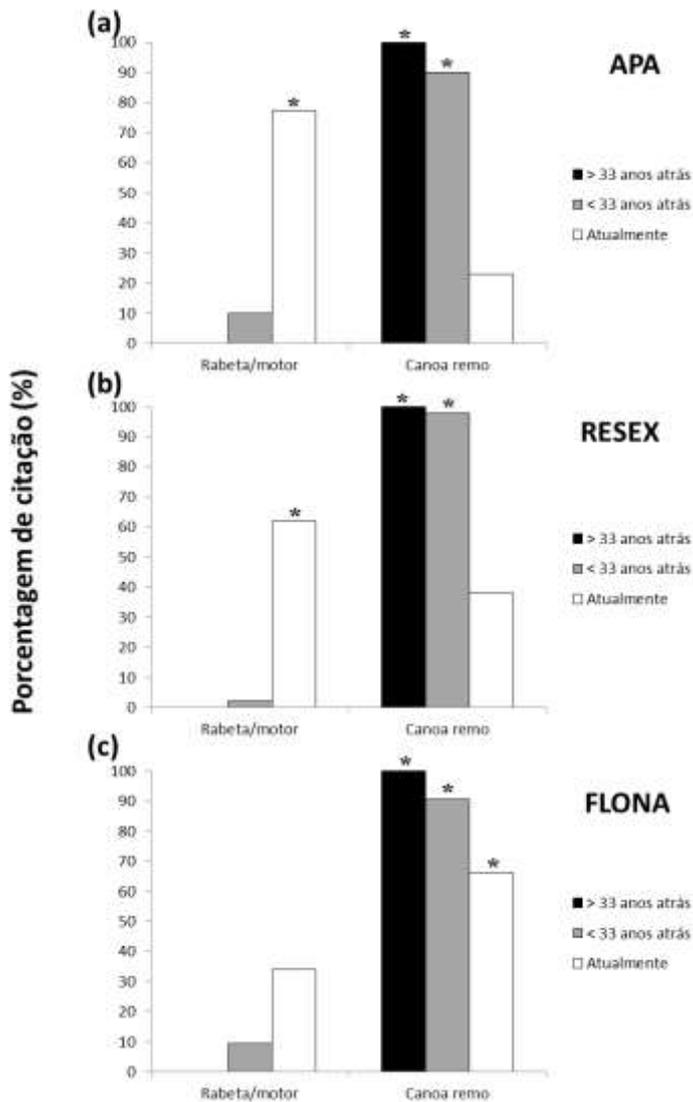


Figura 2.10. Proporção de uso de canoa a remo e canoa motorizada (Rabeta/motor) citados por cada grupo temporal de pescadores entrevistados (Atualmente, < 33 anos atrás e ≥ 33 anos atrás) na região do Baixo Rio Tapajós em: (a) APA, (b) RESEX e (c) FLONA. A soma pode ser maior que 100% em cada grupo temporal, pois os pescadores puderam citar mais de um tipo de embarcação. O asterisco (*) indica o tipo de embarcação mais citado em cada grupo temporal ($p < 0,05$).

Nós resumamos o que foi discutido durante as reuniões realizadas com os pescadores das comunidades estudadas em cada UC sobre a redução na abundância das

principais espécies capturadas e possíveis motivos e explicações para essas mudanças (Tab. 2.6). Houve unanimidade entre os pescadores em todas as UCs quanto à redução da abundância do pirarucu e do tambaqui e quanto à invasão de geleiras (pescarias comerciais de larga escala) para pescar de arrasto na região, bem como concordância parcial relacionada à forte pressão pesqueira gerada pelo grande número de pescadores nas próprias comunidades.

Tabela 2.6. Resumo das discussões qualitativas ocorridas nas reuniões em todas as comunidades estudadas em cada UC, quanto à redução na abundância das principais espécies capturadas e os possíveis motivos para essas mudanças. O número de pescadores que participaram das reuniões encontra-se na Tabela 2.1.

Redução na abundância das principais espécies	APA		RESEX		FLONA	
	Concordaram*	Motivos/explicações	Concordaram*	Motivos/explicações	Concordaram*	Motivos/explicações
Pirarucu	Integralmente	pescavam com o pai	Integralmente	pescavam com o pai, há mais de 20 anos atrás	Integralmente	pescavam com o pai, há mais de 20 anos atrás
Filhote	Não	Canoas com motores facilitaram viagem até o canal para a pesca dessa espécie	Parcialmente	Eram pescados apenas com espinhel, agora com malhadeira de algodão também	Parcialmente	Eram pescados apenas com espinhel, agora com malhadeira de algodão também
Dourada	Não	Canoas com motores facilitaram viagem até o canal para a pesca dessa espécie	Parcialmente	Eram pescados apenas com espinhel, agora com malhadeira de algodão também	Parcialmente	Eram pescados apenas com espinhel, agora com malhadeira de algodão também
Tambaqui	Integralmente	-	Integralmente	-	Integralmente	-
Tucunaré	Fracamente	-	Parcialmente	-	Parcialmente	-
Bararuá	Não	-	Integralmente	Muito manso, fácil de capturar	Parcialmente	Muito manso, fácil de capturar
Peixe-boi (<i>Trichechus inunguis</i>)**	Fracamente	-	Fracamente	-	Parcialmente	-
<i>Motivos explicações gerais para redução na abundância</i>						
Muita gente pescando	Parcialmente	-	Parcialmente	-	Parcialmente	-
Geleiras invadem para pescar de arrasto	Integralmente	-	Integralmente	-	Integralmente	-

* Integralmente: quando houve consenso na resposta durante o workshop, sendo que pelo menos mais da metade dos participantes concordaram em todas as comunidades da UC; Parcialmente: quando não houve consenso absoluto na resposta, sendo que metade ou menos dos participantes concordaram com a informação em mais da metade das comunidades dentro da UC; Fracamente: quando ocorreram comentários esparsos de apenas alguns participantes em uma ou duas comunidades dentro da UC; Não: não foi discutido, portanto não há acordo sobre a redução da abundância; ** Citado espontaneamente durante as reuniões.

Maior captura da vida

O tempo de experiência de pesca foi positivamente correlacionado ao tempo (anos atrás) da maior captura da vida do pescador, tanto no geral ($rs = 0,55$, $n = 139$, $p < 0,0001$, Fig. 2.11), como dentro de cada UC (APA: $rs = 0,48$, $n = 36$, $p = 0,003$; RESEX: $rs = 0,56$, $n = 54$, $p < 0,0001$; FLONA: $rs = 0,59$, $n = 49$, $p < 0,0001$), indicando que pescadores com mais experiência de pesca citam maiores capturas mais antigas.

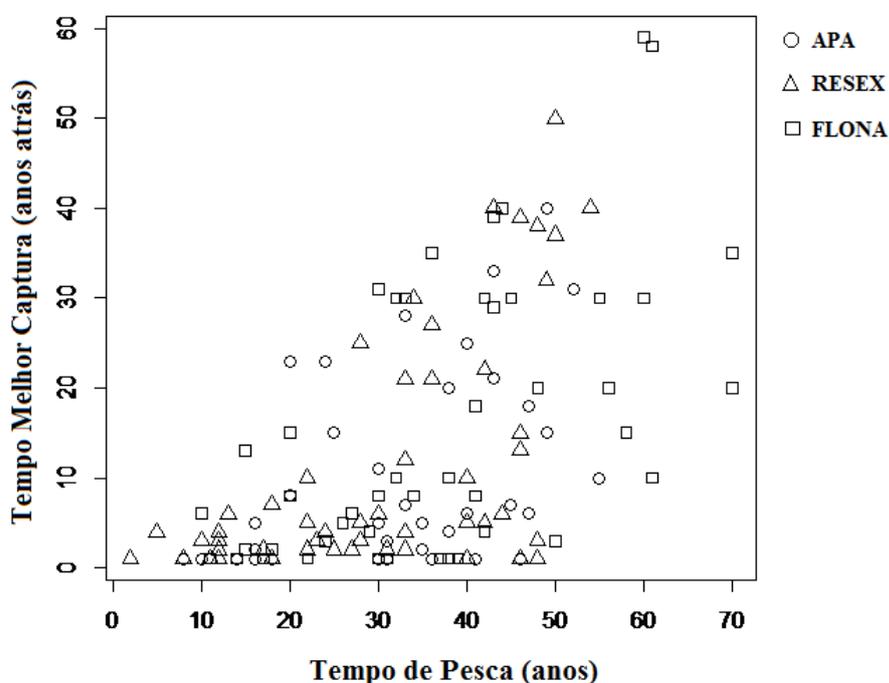


Figura 2.11. Correlação entre o tempo de experiência de pesca e o tempo em que ocorreu a maior captura da vida dos pescadores entrevistados ($n = 139$) da região do Baixo Rio Tapajós. Os símbolos indicam onde mora cada pescador entrevistado, considerando os três tipos de UCs (APA, RESEX e FLONA).

A CPUE (kg/pescador/dia) capturada na maior captura da vida dos pescadores entrevistados foi positivamente correlacionada com o tempo (anos atrás) em que ocorreu a pescaria ($rs = 0,22$, $n = 139$, $p = 0,008$, Fig. 2.12). Entretanto, quando analisamos os dados dentro de cada UC, verificamos que essa tendência positiva se

confirma apenas para os pescadores entrevistados na RESEX ($r_s = 0,36$, $n = 54$, $p = 0,007$), não sendo observada diferença nas outras duas UCs (APA: $r_s = 0,05$, $n = 36$, $p = 0,7$; e FLONA: $r_s = 0,24$, $n = 49$, $p = 0,1$). Não testamos a diferença da CPUE da maior captura da vida do pescador entre as UCs, pois existe diferença no esforço de pesca (tempo de duração da pescaria) entre as UCs (Fig. 2.3) que influenciaria nessa análise onde o esforço foi calculado por dia e não por horas.

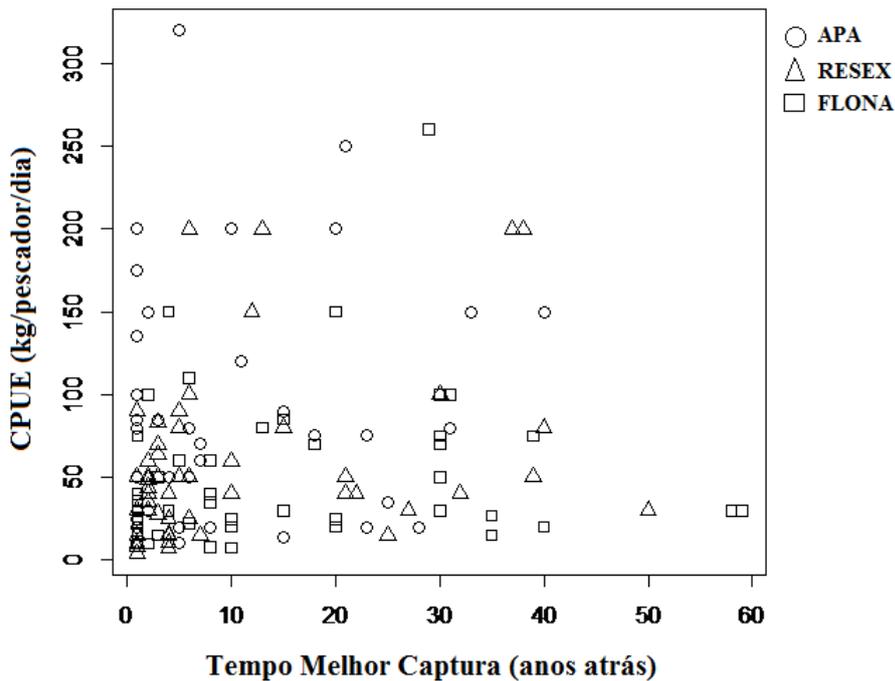


Figura 2.12. Correlação entre a CPUE (kg/pescador/dia) capturada na maior pescaria da vida do pescador entrevistado ($n = 139$) e o tempo (anos atrás) em que ocorreu essa pescaria na região do Baixo Rio Tapajós. Os símbolos indicam onde mora cada pescador entrevistado, considerando os três tipos de UC (APA, RESEX e FLONA).

A ordenação NMDS (Fig. 2.13) associado ao ANOSIM mostrou que as espécies capturadas na maior captura da vida dos pescadores não diferiram temporalmente ($Global R = -0,177$, $p = 0,77$), mas sim entre os tipos de UCs ($Global R = 0,704$, $p = 0,01$) que direcionou as análises da composição.

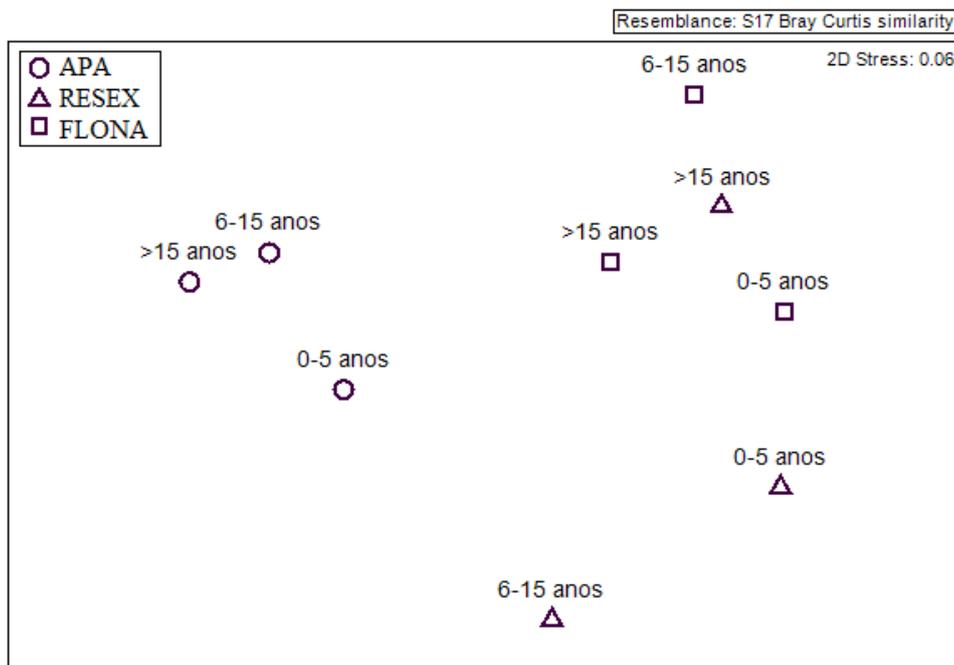


Figura 2.13. Ordenação NMS (*stress* = 0,06), com base em distâncias de Bray-Curtis e 1.000 permutações, gerada a partir da proporção da citação das espécies capturadas na maior captura da vida dos pescadores entrevistados no Baixo Rio Tapajós, sendo que foram comparadas as três UCs (APA, RESEX e FLONA) utilizando-se réplicas temporais de quando ocorreu a maior captura (0-5 anos atrás, 6-15 anos atrás e >15 anos atrás).

Através da análise de percentual de similaridade (SIMPER) verificamos que a proporção das espécies citadas na maior captura foram mais similares na APA (similaridade = 64,8%), seguido da FLONA (similaridade = 59,5%) e da RESEX (similaridade = 50%). Os peixes que mais ocorreram nas maiores capturas da APA foram o jaraqui e o aracu, enquanto que a RESEX apresentou uma maior homogeneidade das espécies, sendo principalmente capturados a dourada, o filhote, o tucunaré, a pescada e o jaraqui e na FLONA as espécies mais citadas foram o mapará, o tucunaré, a pescada e o aracu (Fig. 2.14).

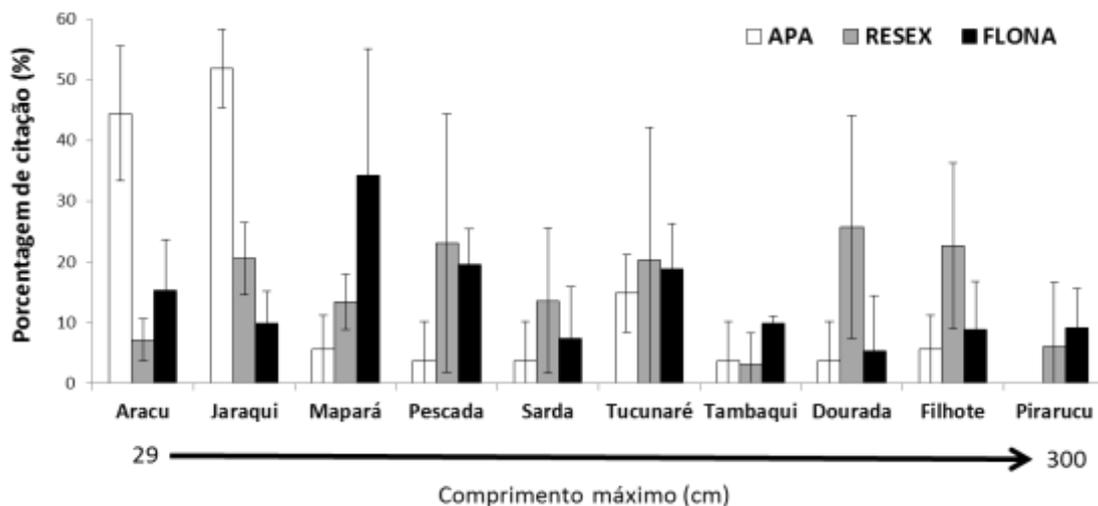


Figura 2.14. Abundância relativa de cada espécie em proporção de citações dos pescadores entrevistados (média e desvio padrão) em cada UC (APA, RESEX e FLONA) no Baixo Rio Tapajós. As espécies foram definidas com base na análise de percentual de similaridade (SIMPER). Seta indica a variação no comprimento máximo que as espécies podem atingir (Santos et al. 2004, 2006). A soma pode ser maior que 100% em cada grupo temporal, pois os pescadores puderam citar mais de uma espécie de peixe.

Há pouca variação temporal nas artes de pesca mais utilizadas nas maiores capturas nas UCs (Fig. 2.15). A arte de pesca mais utilizada durante a maior pescaria da vida dos pescadores entrevistados na APA no período maior de 15 anos atrás e recentemente (0 a 5 anos) foi a tarrafa ($\chi^2 = 15,8$; gl = 4; p = 0,003; z = 2,7; p = 0,03 e $\chi^2 = 15,3$; gl = 4; p = 0,004; z = 2,8; p = 0,02, respectivamente), enquanto que no período de 6 a 15 anos atrás não houve diferença no uso das artes de pesca ($\chi^2 = 8,0$; gl = 4; p = 0,09). Na RESEX não foi identificado diferença no uso das artes de pesca na maior captura no período acima de 15 anos ($\chi^2 = 8,8$; gl = 4; p = 0,06), enquanto que no período intermediário, entre 6 e 15 anos atrás, houve diferença no uso das artes de pesca ($\chi^2 = 13,1$; gl = 4; p = 0,01), mas nenhuma foi significativamente mais citada do que as outras; já nos anos recentes (0 a 5 anos atrás) a malhadeira e a linha de mão foram as artes de pesca mais citadas ($\chi^2 = 20,3$; gl = 4; p < 0,001; z = 2,6; p = 0,02 e z = 1,8; p = 0,04, respectivamente). Já na FLONA, não houve diferença na citação das artes de pesca no período mais antigo, > 15 anos atrás, ($\chi^2 = 8,0$; gl = 4; p = 0,09), enquanto que no período intermediário (6 a 15 anos atrás) e recente (0 a 5 anos atrás) a malhadeira foi a arte de pesca mais empregada nas maiores capturas ($\chi^2 = 23,8$; gl = 4; p < 0,001; z = 4,3; p < 0,001 e $\chi^2 = 15,4$; gl = 4; p = 0,002; z = 3,4; p = 0,001, respectivamente).

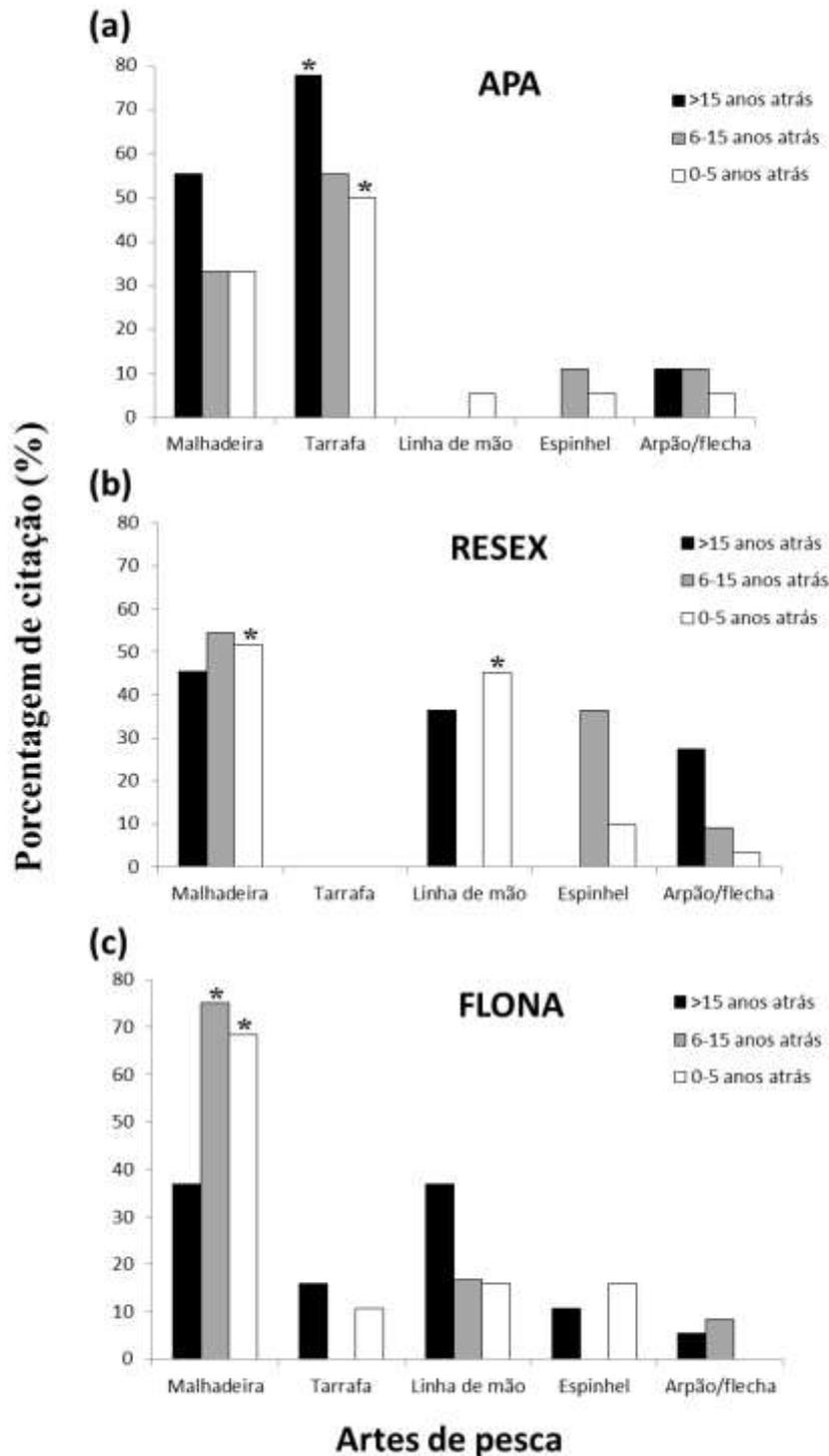


Figura 2.15. Proporção de uso de cada arte de pesca na maior pescaria da vida dos pescadores entrevistados em cada UC no Baixo Rio Tapajó: (a) APA, (b) RESEX e (c) FLONA. A soma pode ser maior que 100% em cada grupo temporal, pois os pescadores puderam citar mais de uma arte de pesca utilizada. O asterisco (*) indica as artes de pesca mais citadas em cada grupo temporal ($p < 0,05$).

Discussão

Pesca e Conhecimento Ecológico Local dos pescadores no Baixo Rio Tapajós

No Baixo Rio Tapajós predomina a pesca artesanal de pequena escala, não havendo sobreposição entre as áreas de pesca das comunidades analisadas nesse estudo. As espécies capturadas na pesca estão mais relacionadas à variabilidade espacial, fatores locais (comunidades) e regionais (UCs), do que sazonal como ciclo hidrológico, mostrando a importância do manejo local dos recursos que tende a ser uma gestão mais efetiva e rapidamente implementada (Begossi 2008; Danielsen et al. 2010). Nesse sentido, estudos têm evidenciado a eficiência dos programas de co-manejo pesqueiro, onde pescadores locais participam da elaboração e fiscalização das regras de pesca, na Amazônia (McGrath et al. 2008; Almeida et al. 2009; Silvano et al. 2009, 2014) e em diversos outros locais do mundo (Evans et al. 2011; Gutiérrez et al. 2011; MacNeil & Cinner 2013; Defeo et al. 2014). Ainda, o fator humano associado a questões sociais e econômicas tem sido considerado o ponto chave para a governabilidade, sucesso e redução de incertezas quanto ao manejo pesqueiro (Salas & Gaertner 2004; Fulton et al. 2011; Hallwass et al. 2013b).

As espécies mais capturadas atualmente na pesca possuem porte médio e hábitos alimentares variados (Tab. 2.4). As correlações positivas entre as espécies de peixes citadas nas entrevistas e registradas nos desembarques (Tab. 2.3) demonstram a confiabilidade das respostas fornecidas pelos pescadores sobre a pesca atual, o que aumenta a confiabilidade nas respostas dos pescadores sobre informações da pesca no passado. A relação positiva tanto em abundância como em frequência das espécies mais capturadas também indica o padrão de captura de espécies de peixes de porte médio atualmente, visto que não ocorreram espécies pouco frequentes e com grande biomassa e nem espécies muito frequentes e com pouca biomassa. No entanto, estudos similares indicam tendências de maiores frequências de citações para as espécies preferidas ou com maior valor comercial na Amazônia brasileira (Hallwass et al. 2013a) e também na África (Poizat & Baran 1997), indicando maior pressão sobre as espécies alvo da pesca.

A escassez de dados pesqueiros, comum em ambientes tropicais (Andrew et al. 2007; Welcomme et al. 2010), pode ser minimizada através do CEL de pescadores, que é uma forma confiável para propor medidas de manejo com poucos dados “*data-less*

management”, como proposto por Johannes (1998), e reforçado por outros estudos (Huntington 2000, 2011; Silvano et al. 2006, 2008; Begossi 2008). Nós não encontramos nenhum estudo sobre a pesca no Rio Tapajós, diferentemente do que acontece com a região do Baixo Amazonas, localizada próxima da região analisada nesse estudo e que possui alta produtividade pesqueira (Isaac et al. 1996, 2008; Almeida et al. 2001, 2009; McGrath et al. 2008; Castello et al. 2011). Portanto, o CEL de pescadores deve ser aplicado na gestão pesqueira do Baixo Rio Tapajós, visto a total escassez de dados de pesca, bem como a confiabilidade nas respostas dos pescadores quanto as espécies mais capturadas e artes de pesca empregadas, variáveis fundamentais para proposição de medidas de manejo pesqueiro (Cinner & Aswani 2007; Castello et al. 2011; Hallwass et al. 2011, 2013b). Além disso, o método bola de neve empregado nesse e outros estudos sobre o conhecimento ecológico local de pescadores (Silvano et al. 2006; Hallwass et al. 2013a) demonstrou ser eficiente na seleção dos pescadores mais experientes, devido a alta média de experiência de pesca dos entrevistados ($33,6 \pm 15,7$ anos) fornecendo uma ampla escala temporal na avaliação de mudanças temporais na pesca.

Mudanças temporais na Pesca do Baixo Rio Tapajós

Baseado nas respostas dos pescadores entrevistados confirmamos a hipótese 1, através da tendência de substituição das grandes espécies de vida longa e crescimento lento por espécies de médio porte no Baixo Rio Tapajós, Amazônia brasileira, como previsto pelo “*fishing down process*” para pescarias tropicais multiespecíficas em processo de sobre-exploração (Welcomme 1999). Se considerarmos a média do tempo de experiência do grupo temporal mais antigo analisado, nosso estudo apresentou ampla escala temporal, com amplitude de 46 anos. Estudos sobre a pesca artesanal de pequena escala em ambientes tropicais com longas séries temporais são bastante raros (Johannes 1998; Andrew et al. 2007). Até onde sabemos, essa é a maior amplitude temporal de dados de pesca analisados na Amazônia, que raramente contam com análises temporais acima de 20 anos (Garcia et al. 2009). A mesma tendência de substituição das maiores espécies por peixes menores, observada no Baixo Tapajós, foi também constatada na região de Loreto, Amazônia Peruana, através da análise dos padrões de captura de desembarques pesqueiros entre 1984 e 2006 (22 anos), indicando inclusive a redução na abundância das mesmas espécies (pirarucu, tambaqui e dourada) (Garcia et al. 2009).

Por outro lado, um estudo realizado no Baixo Rio Amazonas, abrangendo um período de até 15 anos de dados pesqueiros, não verificou tendência de substituição temporal das espécies (Castello et al. 2011). Nesse sentido, informações do conhecimento ecológico local de usuários de recursos, como os pescadores, podem incorporar o conhecimento de muitas gerações *in loco*, além de ser o reflexo de observações de longo prazo dificilmente obtidas em pesquisas científicas convencionais (Johannes et al. 2000; Ainsworth et al. 2008; Anadón et al. 2009).

Estudos abordando o CEL de pescadores sobre a abundância passada dos recursos permitem uma análise espacial e temporal muitas vezes inexistente para a maioria dos organismos e locais do mundo (Salomon et al. 2007; Lozano-Montes et al. 2008; Anadón et al. 2009; Hallwass et al. 2013a; Bender et al. 2014). Além disso, possibilita a estimação dos tamanhos populacionais dos recursos em níveis mais baixos de pressão pesqueira, visando evitar problemas de subestimação dos tamanhos dos estoques pesqueiros decorrentes do “*shifting baseline*” (Pauly 1995; McClenachan et al. 2012). Ainda, a abordagem utilizada nesse estudo, através das condições ecológicas passadas recordadas pelos pescadores entrevistados, visa estabelecer a situação atual da pesca através da variação temporal na composição das principais espécies, possibilitando identificar as espécies vulneráveis e que devem ser prioritárias para o manejo e conservação (Saénz-Arroyo et al. 2005; Ainsworth et al. 2008; Turvey et al. 2010; McClenachan et al. 2012; Giglio et al. 2014).

Entre as cinco maiores espécies capturadas no Baixo Rio Tapajós, três delas apresentaram reduções na proporção de citações ao longo do tempo (Fig. 2.5). O pirarucu (*Arapaima gigas*), que teve baixa proporção de citação e forte tendência de redução, é o maior peixe da Amazônia e um dos maiores peixes de água doce do mundo. O pirarucu ocorre principalmente em lagos de várzea e possui respiração aérea, o que facilita a pesca com arpão (Smith 1985; Castello et al. 2009) que possivelmente é o motivo para 37,4% dos pescadores que começaram a pescar há mais de 33 anos relatarem o uso desse apetrecho. Verissimo (1895) registrou a importância do pirarucu na pesca e consumo da população ribeirinha da Amazônia no século 19, enquanto que quase 100 anos depois, Smith (1985) relata o forte comércio sobre o pirarucu e a redução do consumo pela maioria da população ribeirinha devido ao alto preço desse peixe. Atualmente, o pirarucu é considerado sobre-explotado na Amazônia (Pettrere et al. 2004; Isaac et al. 2008, Garcia et al. 2009). O tambaqui (*Colossoma macropomum*), que atualmente também apresenta indícios de redução dos estoques e sobre-explotação

(Batista & Petrere 2003; Isaac et al. 2008; Garcia et al. 2009; Castello et al. 2011), é o segundo maior peixe de escamas da Amazônia (Santos et al. 2006) e também apresentou redução de citações ao longo do tempo no Baixo Rio Tapajós (Fig. 2.5). Essa espécie consome principalmente frutos e sementes (Santos et al. 2006) e, portanto, pode ser capturada tanto com linha de mão como malhadeira. Dados históricos e arqueológicos indicam a sobre-exploração de grandes peixes predadores na antiga Roma, Grécia e Egito e extinções locais no mar do norte (Pinnegar & Engelhard 2007), bem como se estima o declínio de 99% das tartarugas verdes no Caribe após a chegada de Cristóvão Colombo em 1492 (Jackson et al. 2001), indicando que mesmo com restrições tecnológicas na forma de pescar (artes de pesca), populações humanas já tinham potencial para reduzir ou mesmo extinguir recursos pesqueiros. Ainda, em recente estudo com pescadores do nordeste do Brasil, Erler et al. (2015) demonstram que apesar da diversidade de artes de pesca utilizadas, pescadores focam seu esforço de pesca sobre as mesmas espécies alvo, resultando em forte pressão pesqueira sobre poucas espécies. No Alto Golfo da Califórnia, com base em entrevistas com pescadores, foi constatado indícios de redução dos recursos pesqueiros em cerca de 60% nos últimos 50 anos, provavelmente devido à sobre-pesca e mudanças ambientais relacionadas com o barramento do Rio Colorado, que desagua na região (Lozano-Montes et al. 2008). Além disso, o peixe boi (*Trichechus inunguis*) que é considerado sobre-explotado na Amazônia (Smith 1985) foi citado espontaneamente por alguns pescadores durante as reuniões no Baixo Tapajós devido a sua redução de abundância ao longo do tempo (Tab. 2.6), indicando a confiabilidade nas respostas qualitativas obtidas nas reuniões, bem como a importância dessa espécie para as comunidades ribeirinhas.

Adicionalmente, o tucunaré (*Cichla* spp.), que foi a espécie mais citada pelos pescadores como sendo capturada no início da carreira, apresentou uma redução temporal média de 19% na proporção do total de citações. O alto número de citações dessa espécie (em média 56,5 % \pm 9,7) indica a forte pressão pesqueira sobre ela, que possui grande porte (Tab. 2.4) e alto valor comercial (Castello et al. 2011; Hallwass et al. 2013a). Além disso, o tucunaré geralmente é capturado com malhadeira, linha de mão ou arpão nas margens do Rio Tapajós e lagos, o que possivelmente também aumenta a pressão sobre essa espécie. Portanto, a tendência atual de diminuição das citações do tucunaré indica a necessidade do manejo preventivo dessa espécie que ainda é bastante capturada e possui importância para a pesca e segurança alimentar das populações locais.

Os grandes bagres, como a dourada (*Brachyplatystoma rousseauxii*) e o filhote (*B. filamentosum*), apesar de serem considerados sobre-explotados em alguns lugares da Amazônia (Petrere et al. 2004; Garcia et al. 2009) não apresentaram tendências de redução de citações e, pelo contrário, apresentaram aumento na proporção de citações ao longo do tempo pelos pescadores do Baixo Tapajós. Peixes lisos são considerados tabus alimentares em algumas comunidades ribeirinhas da Amazônia (Begossi et al. 2004), portanto, apesar de estarem entre os maiores peixes capturados, essas espécies possivelmente não são preferenciais para o consumo e podem estar atualmente substituindo as espécies de peixes de escama de grande porte, como o pirarucu e tambaqui, cuja redução na abundância foram as únicas unanimidades durante as reuniões com os pescadores (Tab. 2.6). Ainda, de acordo com as informações qualitativas obtidas nas reuniões, o aumento das citações desses bagres atualmente pode estar relacionado às condições de captura dessas espécies, já que o aumento recente no uso das canoas motorizadas ampliou a área de pesca e facilitou as viagens de pesca até o canal do Rio Tapajós onde esses peixes são capturados, bem como o aumento no uso de malhadeiras de algodão, mais resistentes para a capturas desses grandes bagres (Tab. 2.6). Além do melhoramento das tecnologias de pesca, o aumento da pressão pesqueira sobre essas espécies, refletido no maior número de citações como pescado mais capturado atualmente, pode estar relacionado a questões econômicas, já que esses peixes são o foco de frigoríficos existentes em Santarém, que exportam esse tipo de pescado para outros estados brasileiros (Isaac et al. 1996). Portanto, tendo em vista o aumento recente de pressão sobre a dourada e o filhote, essas espécies devem ser melhor monitoradas a fim de evitar possíveis problemas futuros com a sobre-exploração, como já ocorre em outros lugares da Amazônia (Petrere et al. 2004; Isaac et al. 2008; Garcia et al. 2009).

Outra importante informação obtida através de entrevistas com pescadores é a importância relativa e possíveis tendências na mudança de abundância das espécies não comerciais e menos conspícuas, muitas vezes ignoradas em estudos tradicionais da pesca (Ainsworth et al. 2008). Identificamos dois Ciclídeos, bararuá (*Uaru amphiacanthoides*) e acará (várias espécies da Família Cichlidae), e um Characídeo, pacu (*Myleus sp.*, *Mylossoma sp.*) que apresentaram tendências de reduções de citações ao longo do tempo (Fig. 2.5). O pacu foi a segunda espécie mais citada por pescadores do Baixo Rio Tocantins como tendo sua abundância reduzida 22 anos após o barramento do rio (Hallwass et al. 2013a). A redução na citação dessas espécies ao

longo do tempo pode estar relacionada à reduzida área de pesca dos pescadores, já que a maioria dos entrevistados relataram utilizar canoas a remo no início de sua carreira na pesca (Fig. 2.7) e essas espécies são predominantemente de margem de rio, lagos e igarapés (Santos et al. 2004, 2006) o que facilita a pesca, além de serem consideradas mansas e de fácil captura, como o bararuá (Tab. 2.6). Ainda, é interessante ressaltar a importância, segundo a proporção de citações, de outras espécies de peixes de pequeno porte como a acaratinga (*Geophagus* sp.). No Baixo Rio Tapajós, esses peixes são capturados principalmente na época de cheia, quando a maioria das espécies está indisponível ou muito difíceis de capturar devido ao grande volume de água, semelhante ao padrão observado na pescaria da pescada (*Plagioscion squamosissimus*) durante a cheia do Baixo Rio Tocantins (Hallwass et al. 2011). Portanto, apesar de apresentarem tamanho corporal pequeno e serem menos conspícuas, pesquisas realizadas com pescadores tem o potencial de indicar espécies de peixes que são importantes na preferência e como fonte de proteína animal para a segurança alimentar das comunidades ribeirinhas e, assim, apresentam indícios de forte pressão pesqueira. No litoral do Alaska, Salomon et al. (2007) verificaram o CEL sobre a redução dos invertebrados marinhos em virtude de atividades humanas (sobre-exploração) e do aumento de lontras (reintroduzidas na região), demonstrando o potencial de entrevistas com populações locais mesmo para analisar recursos menos conspícuos e não comerciais. Por outro lado, a expansão atual das tecnologias de pesca como o aumento no uso de canoa motorizada e rede malhadeira (Fig. 2.6 e 2.7) pode ter facilitado a captura de espécies de médio porte que ocorrem principalmente no meio do rio, como a pescada e o mapará, além da sarda, que pode atingir o mesmo tamanho do tucunaré (Santos et al. 2004, 2006).

A diferença nas principais espécies capturadas no início da carreira dos pescadores e atualmente (Tab. 2.5), bem como a relação positiva entre o tempo de experiência do pescador e o tempo em que ocorreu a maior pescaria da vida, já que pescadores com mais experiência relataram suas maiores capturas há mais tempo (Fig. 2.11), demonstra não haver amnésia pessoal entre os entrevistados (quando as percepções de condições ambientais do passado se assemelham com as atuais). Portanto, os resultados desse estudo indicam que não houve a “*shifting baseline syndrome*” nas respostas dos pescadores entrevistados (Pauly 1995; Papworth et al. 2009). Embora não existam métodos padronizados para avaliar quantitativamente a precisão ou o nível de erro das informações fornecidas por pescadores (O’Donnell et al.

2010), a acurácia das informações pode diminuir com o tempo, o que é chamado de ilusão de memória (Bernard et al. 1984; Anadón et al. 2009; Papworth et al. 2009). Nesse sentido, possivelmente a proporção de redução temporal dos peixes capturados baseada nas entrevistas possui certo grau de subestimação, minimizando a depleção dos recursos e, devido a isso, as espécies que apresentaram redução no padrão de citações devem ser priorizadas por gestores e pesquisadores em medidas de manejo e conservação dos recursos pesqueiros.

Se descontarmos o tempo de experiência do pescador pelo tempo (anos atrás) em que ocorreu a maior captura, a média de experiência de pesca no momento da maior captura é de $20,4 \pm 13$ anos, o que pode sugerir um balanço entre experiência e força física (juventude) na obtenção das maiores capturas. A maior captura provê informações sobre a abundância e distribuição dos recursos (Saénz-Arroyo et al. 2005; Bender et al. 2014), portanto, a relação positiva entre a CPUE da maior pescaria e a época em que essa captura ocorreu (Fig. 2.12) confirmou a segunda hipótese desse estudo que maiores capturas ocorreram no passado. Isso indica a forte pressão sobre os recursos pesqueiros no Baixo Tapajós, devido à tendência de redução no rendimento (Kg) das capturas ao longo do tempo (Saénz-Arroyo et al. 2005; Lozano-Montes et al. 2008; McClenachan et al. 2012). Contudo essa tendência difere entre as UCs e será discutido a seguir.

Influência das Unidades de Conservação na conservação dos recursos pesqueiros

Os resultados demonstraram diferentes níveis de variação temporal na proporção de citações das espécies dentro de cada UC. Conforme a hipótese 3, houve um gradiente de mudanças na composição do pescado de acordo com a categoria e o tempo de criação de cada UC: a maior mudança foi verificada na APA (criada há 10 anos, não possui plano de manejo e nem zona de amortecimento), seguida da RESEX (15 anos de criação), enquanto que na FLONA (criada há 40 anos e que possui proibições de comércio de produtos oriundos da UC para fora da reserva) não ocorreram mudanças estatisticamente significativas na composição do pescado. Portanto, apesar de UCs na Amazônia possuírem o foco de conservação principalmente sobre os recursos florestais e terrestres (Peres & Zimmerman 2001; Peres 2005; Pinho et al. 2014), quanto maior o tempo de criação das reservas, maior a proteção indireta de outros recursos, da biodiversidade e de todo o ecossistema. O padrão de mudança na abundância das

principais espécies seguiu o panorama da análise geral com diferenças pontuais em cada UC.

O pirarucu não foi citado na APA em nenhum grupo temporal, enquanto que na RESEX essa espécie foi citada apenas pelo grupo temporal mais antigo (≥ 33 anos), sendo que nas reuniões realizadas com os pescadores, os mesmos relataram que essa espécie era capturada pelos pais deles e há mais de 20 anos atrás (Tab. 2.6), indicando possível atual extinção local. Já na FLONA o pirarucu apresentou redução de citações, mas ainda é capturado em pequenas proporções (Fig. 2.8). O forte declínio do pirarucu também foi registrado em outras regiões da Amazônia (Smith 1985), como no Baixo Amazonas (Isaac et al. 2008) e na região de Loreto na Amazônia Peruana (Garcia et al. 2009). O relato de extinções de espécies por pescadores também foi constatado na Bacia do Médio-Baixo Rio Yangtze, na Ásia, para o peixe-espátula (*Psephurus gladius*) e o golfinho Baiji (*Lipotes vexillifer*) durante o século 21 (Turvey et al. 2010). Na Amazônia brasileira, no Baixo Rio Tocantins, pescadores relataram a mudança na composição das principais espécies de peixes capturadas e a extinção local do jaraqui (*Semaprochilodus brama*) à jusante de uma hidrelétrica, cerca de 20 anos após o barramento do rio (Hallwass et al. 2013a).

As reduções do tambaqui foram citadas e confirmadas nas reuniões com pescadores em todas as UCs (Fig. 2.8, Tab. 2.6). Além disso, a pirapitinga (*Piaractus brachypomus*) que é um Characídeo de grande porte e onívoro, semelhante ao tambaqui, também apresentou tendência de redução e foi citado apenas na APA. Já o tucunaré, a espécie mais citada no geral, apresentou redução na APA e diminuição de 50% no número de citações entre os períodos temporais analisados na RESEX. Enquanto que na FLONA, a estabilidade temporal dos recursos pesqueiros pode ser constatada através do tucunaré que se mantém estável nas citações ao longo do tempo, demonstrando ser um recurso importante e bastante pescado na região (Fig. 2.8). Ainda, pequenos Ciclídeos como o acará também apresentaram reduções temporais na proporção de citações em todas as UCs, enquanto que o bararuá não foi citado pelos pescadores na APA, apresentou reduções de citações na RESEX e parece estar estável atualmente na FLONA (Fig. 2.8). A proteção de lagos e igarapés no Baixo Rio Tapajós, através de sistemas de co-manejo onde os próprios pescadores estabelecem e fiscalizam as regras de pesca, pode ser uma medida efetiva para a conservação de espécies sedentárias ou que utilizam as áreas de várzea para reprodução e alimentação como o pirarucu, tambaqui, tucunaré, acará e bararuá. Sistemas de co-manejo em lagos da Amazônia tem

apresentado bons resultados na abundância e conservação das espécies (Almeida et al. 2009; Castello et al. 2009; Silvano et al. 2009, 2014).

Por outro lado, os grandes bagres (dourada e filhote) se mantiveram estáveis no número de citações na APA, enquanto que apresentaram aumento na abundância de citações na RESEX e na FLONA, relacionado ao aumento de pressão sobre essas espécies, facilitado pelo melhoramento das tecnologias de pesca como canoas motorizadas e malhadeira de algodão (Tab. 2.6). Ainda, espécies pelágicas de médio porte como a pescada, a sarda e o mapará também apresentaram aumento nas capturas segundo os pescadores entrevistados nas três UCs, sendo que essas espécies também são bastante capturadas em outros rios de água clara da Amazônia brasileira (Barthem & Goulding 2007; Hallwass et al. 2011). Portanto, esses resultados mostram a redução da captura de grandes espécies e o aumento de espécies de médio porte (*fishing down process*) em todas as UCs, mas com diferentes níveis de mudanças entre elas, confirmando a hipótese 3.

As espécies mais citadas no geral pelos pescadores da APA e que também apresentaram aumento no período atual foram o jaraqui e a o aracu, que também foram as espécies mais capturadas na maior pescaria da vida dos pescadores entrevistados (Fig. 2.14). Essas espécies possuem porte pequeno a médio (Tab. 2.4) e são capturados geralmente em cardumes migratórios (Ribeiro & Petrere 1990; Santos et al. 2006) com o uso de tarrafas, como citado pelos pescadores nas maiores capturas (Fig. 2.15). Portanto, existem fortes indícios de um alto nível de exploração dos recursos ocorrendo há bastante tempo na região da APA e que o “*fishing down process*” (Welcomme 1999) está estabelecido na área, devido a: a) extinção local do pirarucu e redução de grandes espécies como o tambaqui, a pirapitinga e o tucunaré; e b) a escala temporal da maior captura da vida dos pescadores é recente, baseada principalmente em espécies de pequeno e médio porte e não houve relação entre a maior captura e o tempo em que ela ocorreu. A área da APA está localizada próxima a Santarém (Fig. 2.1), que é um grande mercado consumidor, além de possuir grande número de bares e restaurantes associados ao turismo em suas praias, o que gera uma alta demanda de peixe, proporciona o maior rendimento financeiro da pesca (Tab. 2.2) e conseqüente aumento na pressão pesqueira nessa região. A proximidade com mercados consumidores é inversamente relacionada à biomassa de peixes em lagos na Amazônia brasileira (Silvano et al. 2014) e à abundância e diversidade de peixes recifais em diversos lugares do mundo (Brewer et al. 2012; Cinner et al. 2013).

A pressão de mercado na região da APA pode ser evidenciada também pela proporção de citações do charuto (*Hemiodus sp.*) (Fig. 2.8), que é um peixe de pequeno porte (Tab. 2.4), mas que é muito comercializado como petisco nos bares e restaurantes localizados nas praias da região, que recebem grande número de turistas. A demanda de mercado sobre essa espécie de pequeno porte demonstra a influência que o mercado tem sobre as espécies exploradas e mesmo direcionando as capturas da pesca não apenas para os peixes de maior tamanho, como verificado na pesca da cioba (*Lutjanus peru*) no México (Reddy et al. 2013) e, portanto, a importância de se considerar variáveis econômicas e de mercado em planos de manejo pesqueiros (Cinner et al. 2013; Hallwass et al. 2013b). Por outro lado, o charuto não é citado na FLONA, pois os moradores da UC são proibidos de comercializar produtos oriundos da reserva para fora da UC, demonstrando o respeito por parte dos pescadores às regras estabelecidas pelo órgão ambiental (ICMBio, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade).

A RESEX foi a única UC que apresentou relação positiva entre a CPUE e o tempo da maior captura, sendo que as espécies mais citadas na maior captura foram relativamente homogêneas, variando entre espécies de pequeno porte como o jaraqui até os grandes bagres (Fig. 2.14). Portanto, é possível verificar que a RESEX está em um período de transição de exploração de espécies de grande para médio porte, como previsto pelo “*fishing-down process*” (Welcomme 1999). Em pescarias tropicais multiespecíficas, a diminuição da abundância dos recursos tende a ser mais lenta e de difícil registro (Welcomme 1985, 1999; van Oostenbrugge et al. 2002; Lorenzen et al. 2006), diferentemente de pescarias mais especializadas, como verificado no Golfo do México por Saénz-Arroyo et al. (2005), que registraram redução de cerca de cinco vezes no número de garoupas (*Mycteroperca jordani*) capturadas no melhor dia de captura ao longo de 60 anos.

Já na FLONA, que foi criada há 40 anos, não foi evidenciada mudança estatisticamente significativa na composição das espécies mais capturadas, ou seja, ocorreram menores níveis de redução das maiores espécies e, portanto, maior conservação dos recursos pesqueiros. Na FLONA não houve relação entre a CPUE e o tempo da maior captura, indicando que não houve redução significativa na abundância dos recursos ao longo do tempo (Saénz-Arroyo et al. 2005; Lozano-Montes et al. 2008). Além disso, as espécies mais pescadas na maior captura foram principalmente espécies pelágicas de médio porte como o mapará e pescada, mas também foram bastante citados o tucunaré, o tambaqui e o filhote (Fig. 2.14). Esses resultados indicam que o tempo de

existência da FLONA (40 anos) parece ser um fator importante favorecendo a conservação das espécies de peixes, considerando o aparente grau de estabilidade da composição e qualidade das espécies capturadas nessa UC. Além disso, apesar de não ter regras específicas para o manejo pesqueiro em seu plano de manejo, a limitação do uso dos recursos aos moradores do interior da reserva e a proibição de comércio desses recursos para fora da UC parecem ser fatores fundamentais para a estabilidade da composição e das capturas dos recursos pesqueiros na FLONA. Essas características freiam a “corrida pelo peixe” através da limitação do esforço de pesca (Hilborn 2007) e condizem com regras de co-manejo pesqueiros em que comunidades ribeirinhas excluem pescadores de fora de suas comunidades (McGrath et al. 2008; Almeida et al. 2009; Evans et al. 2011; Gutiérrez et al. 2011; Lopes et al. 2011), bem como minimiza a influência negativa do mercado sobre os recursos pesqueiros (Brewer et al. 2012; Cinner et al. 2013; Silvano et al. 2014).

O aumento do esforço e consequente pressão sobre os recursos pesqueiros são considerados por cientistas pesqueiros atualmente um problema global (Pauly et al. 2002; Worm et al. 2006; Hilborn 2007; Anticamara et al. 2011). Nesse sentido, os pescadores entrevistados reconhecem o aumento populacional nas comunidades ribeirinhas estudadas como um fator para o aumento de pressão pesqueira e redução na abundância das espécies (Tab. 2.6). O reconhecimento do aumento de pressão por parte dos próprios pescadores, mesmo que não tenha sido um consenso, indica um primeiro passo para o estabelecimento de regras locais (co-manejo) visando à redução do esforço pesqueiro, como quotas ou áreas fechadas para a pesca. A identificação de problemas locais afetando a pesca, bem como o estabelecimento de regras condizentes com a necessidade local, além de fatores humanos como coesão social e lideranças, são elementos chave para o sucesso de programas de co-manejo pesqueiro (Salas & Gaertner 2004; Fulton et al. 2011; Gutiérrez et al. 2011; Hallwass et al. 2013b).

Por outro lado, pescadores foram unânimes em relatar as práticas de pesca de grandes barcos oriundos de grandes centros urbanos que realizam arrastos na calha do Rio Tapajós capturando grande quantidade de grandes bagres (dourada e filhote) e peixes pelágicos como a sarda e o mapará de diversos tamanhos e muitas vezes descartando os menores, além de espécies não alvo (comunicação pessoal dos pescadores durante reuniões, Tab. 2.6). Essas mesmas espécies apresentaram aumento de citações atuais nas entrevistas realizadas, indicando possibilidades de conflitos entre pescadores de diferentes escalas, como já relatado em outras regiões da Amazônia

(McGrath et al. 2008), bem como uma forte pressão pesqueira sobre essas espécies. Além disso, essa situação expõe a fragilidade do sistema de UCs da Amazônia onde o foco e a fiscalização são basicamente terrestres, enquanto que as zona de amortecimento, aquáticas nesse caso, permanecem desguarnecidas e sem fiscalização. Uma possível escassez dos recursos pesqueiros, que são a principal fonte de proteína animal das comunidades ribeirinhas (Batista et al. 1998; Coomes et al. 2010; Isaac & Almeida 2011), poderia levar ao aumento das atividades de caça, ou mesmo ao aumento do desmatamento para o uso da terra para a criação de animais, buscando compensar a redução da proteína animal oriunda de peixes, como constatado nas áreas afetadas pelas hidrelétricas do Rio Mekong, no sudeste da Ásia (Orr et al. 2012).

A construção de hidrelétricas é uma forte ameaça aos recursos pesqueiros na Amazônia (Hallwass et al. 2013a; Fearnside 2014, 2015; Ferreira et al. 2014; Kahn et al. 2014). Atualmente existem planos de construção de hidrelétricas no Médio Rio Tapajós (Fearnside 2015) que possivelmente afetarão espécies migratórias, como os grandes bagres (dourada e filhote) e o jaraqui, por exemplo, que são bastante capturados atualmente no Baixo Rio Tapajós (Tab. 2.4) e importantes para a pesca e segurança alimentar das comunidades ribeirinhas. Recente estudo constatou a extinção local do jaraqui (*Semaprochilodus brama*) à jusante de uma hidrelétrica em um grande rio de águas claras, semelhante ao Rio Tapajós, na Amazônia brasileira (Hallwass et al. 2013a). Portanto, UCs devem visar à conservação integrada de todo o ecossistema, seja terrestre ou aquático. Além disso, assim como ocorre no ambiente marinho com as Áreas Marinhas Protegidas (AMPs), poderiam ser criadas em rios e lagos as Áreas Fluviais Protegidas (AFP), com o objetivo de proteger e conservar a biodiversidade aquática, bem como regular a exploração dos recursos pesqueiros nessas áreas, mas com foco em todo o ecossistema, incluindo áreas terrestres adjacentes.

Conclusão

Estudos abordando mudança temporal através do CEL geralmente focam na abundância de determinadas espécies (Saénz-Arroyo et al. 2005; Ainsworth et al. 2008; Lozano-Montes et al. 2008; Turvey et al. 2010; McClenachan et al. 2012; Bender et al. 2014; Giglio et al. 2014). Portanto, este estudo é pioneiro na forma de abordagem e avaliação das mudanças na composição das principais espécies capturadas ao longo do tempo, através do CEL de pescadores na Amazônia brasileira. Nós identificamos a

redução de abundância das maiores espécies e a substituição por espécies de menor porte no Baixo Rio Tapajós, Amazônia brasileira, como previsto para pescarias tropicais multiespecíficas sob forte nível de exploração através do “*fishing down process*” (Welcomme 1999). O CEL de pescadores mostrou-se eficiente na avaliação temporal da abundância dos maiores peixes, mas também de espécies menos conspícuas importantes para a segurança alimentar das comunidades ribeirinhas. Além disso, constatamos através das entrevistas o desenvolvimento nas tecnologias de pesca ao longo do tempo, como canoas a motor e artes de pesca que permitiram a ampliação da área de pesca, aumento de esforço e exploração de novas espécies, tanto de grande como médio porte, na calha do Rio Tapajós.

Observamos também três cenários distintos quanto ao nível de conservação da biodiversidade aquática e recursos pesqueiros de UCs na Amazônia que possuem foco principal em ecossistemas terrestres. Fatores como o tempo de criação da UC e regras estabelecidas, bem como a distância dos maiores mercados consumidores, tendem a influenciar na efetividade e estabilidade da conservação dos recursos pesqueiros. Ainda, a falta de fiscalização das zonas de amortecimento da FLONA e RESEX no Rio Tapajós, além de não proteger os ambientes e recursos aquáticos, pode ocasionar conflitos entre pescadores de diferentes escalas, bem como aumentar a pressão pesqueira sobre espécies pelágicas de médio porte capturadas atualmente na região. A gestão de UCs da Amazônia deve ampliar seu foco de manejo com uma abordagem integrada para a conservação de todo o ecossistema visando garantir a integridade ambiental de toda a área direta e indireta da unidade, bem como garantir os meios de vida das populações locais e tradicionais da região. Ainda, os projetos hidrelétricos previstos para o Rio Tapajós (Fearnside 2015), se concluídos, provavelmente afetarão o ciclo de vida e a abundância de importantes espécies migratórias capturadas na região de estudo. O CEL dos pescadores e populações locais deve ser integrado na formulação de sistemas de co-manejo através do estabelecimento e fiscalização de regras de pesca pelos próprios pescadores, que poderiam manejar os lagos e igarapés da região visando à manutenção e conservação das espécies sedentárias, mais exploradas e com tendências de reduções e mesmo extinção, como o pirarucu, tambaqui e tucunaré.

Agradecimentos

Nós agradecemos aos pescadores entrevistados e que registraram sua pesca pela valiosa e inestimável cooperação. Ao Márcio L. F. Rato e Moisés U. S. Nunes pelo auxílio no trabalho de campo, ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO) pela licença para realizar a pesquisa dentro das Unidades de Conservação. A Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado de Gustavo Hallwass, a PROCAD/CAPES pelo financiamento da pesquisa, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade em pesquisa de R.A.M. Silvano e ao Programa de Pós Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) pelo apoio financeiro ao estudo.

Literatura Citada

- Abramson, J. H. 2004. WINPEPI (PEPI-for-Windows): computer programs for epidemiologists. *Epidemiologic Perspectives and Innovations* 1:6.
- Ainsworth, C. H., T. J. Pitcher, and C. Rotinsulu. 2008. Evidence of fishery depletions and shifting cognitive baselines in Eastern Indonesia. *Biological Conservation* 141:848-859.
- Almeida, O. T., D. G. McGrath, and M. L. Ruffino. 2001. The commercial fisheries of the lower Amazon: an economic analysis. *Fisheries Management and Ecology* 8:253-269.
- Almeida, O. T., K. Lorenzen, and D. G. McGrath. 2009. Fishing agreements in the lower Amazon: for gain and restraint. *Fisheries Management and Ecology* 16:61-67.
- Anadón, J. D., A. Giménez, R. Ballestar, and I. Pérez. 2009. Evaluation of Local Ecological Knowledge as a Method for Collecting Extensive Data on Animal Abundance. *Conservation Biology* 23:617-625.
- Andrew, N. L., C. Béné, S. J. Hall, E. H. Allison, S. Heck, and B. D. Ratner. 2007. Diagnosis and management of small-scale fisheries in developing countries. *Fish and Fisheries* 8:227-240.
- Anticamara, J. A., R. Watson, A. Gelchu, and D. Pauly. 2011. Global fishing effort (1950–2010): Trends, gaps, and implications. *Fisheries Research* 107:131-136.
- Barthem, R. B., and M. Goulding. 2007. *Um Ecosistema Inesperado: Amazônia Revelada pela Pesca*. Gráfica Biblos, Lima.
- Batista, V. S., A. J. Inhamuns, C. E. C. Freitas, and D. Freire-Brasil. 1998. Characterization of the fishery in riverine communities in the Low-Solimões/High-Amazon region. *Fisheries Management and Ecology* 5:101-117.
- Batista, V. S., and M. Jr. Petrere. (2003). Characterization of the commercial fish production landed at Manaus, Amazonas state, Brazil. *Acta Amazonica* 33:53-66.

- Bayley, P. B., and M. Petrere. 1989. Amazon fisheries: assessment methods, current status and management points. In Dodge DP (Ed.), Proceedings of the international large river symposium, pp. 385-398. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, 106.
- Begossi, A., R. A. M. Silvano, B. Amaral, and O. Oyakawa. 1999. Use of local resources by fishers and hunters in an extractive reserve (Upper Juruá, Acre, Brazil). *Environment, Development and Sustainability* 2:73-93.
- Begossi, A., N. Hanazaki, and M. R. Ramos. 2004. Food chain and the reasons for fish food taboos among Amazonian and Atlantic Forest fishers (Brazil). *Ecological Applications* 14:1334-1343.
- Begossi, A. 2008. Local knowledge and training towards management. *Environment Development and Sustainability* 10:591-603.
- Begossi, A. 2010. Small-scale fisheries in Latin America: Management Models and Challenges. *Maritime Studies* 9(2):7-31.
- Bender, M. G., G. R. Machado, P. J. A. Silva, S. R. Floeter, C. Monteiro-Netto, O. J. Luiz, and C. E. L. Ferreira. 2014. Local Ecological Knowledge and Scientific Data Reveal Overexploitation by Multigear Artisanal Fisheries in the Southwestern Atlantic. *PLoS ONE* 9(10):e110332.
- Béné, C., E. Steel, B. K. Luadia, and A. Gordon. 2009. Fish as the “bank in the water”—Evidence from chronic-poor communities in Congo. *Food Policy* 34:108-118.
- Bernard, H. R., P. Killworth, D. Kronenfeld, and L. Sailer. 1984. The problem of informant accuracy: the validity of retrospective data. *Annual Review of Anthropology* 13:495-517.
- Brewer, T. D., J. E. Cinner, R. Fisher, A. Green, and S. K. Wilson. 2012. Market access, population density, and socioeconomic development explain diversity and functional group biomass of coral reef fish assemblages. *Global Environmental Change* 22:399-406.
- Brook, R. K., and S. M. McLachlan. 2008. Trends and prospects for local knowledge in ecological and conservation research and monitoring. *Biodiversity and Conservation* 17:3501-3512.
- Castello, L., J. P. Viana, G. Watkins. M. Pinedo-Vasquez, and V. A. Luzadis. 2009. Lessons from Integrating Fishers of Arapaima in Small-Scale Fisheries Management at the Mamirauá Reserve, Amazon. *Environmental Management* 43:197-209.
- Castello, L., D. G. McGrath, and P. S. A. Beck. 2011. Resource sustainability in small scale fisheries in the Lower Amazon floodplains. *Fisheries Research* 110:356-364.
- Cinner, J., and S. Aswani. 2007. Integrating customary management into marine conservation. *Biological Conservation* 140:201-216.
- Cinner, J. E., N. A. J. Graham, C. Huchery, and M. A. Macneil. 2013. Global Effects of Local Human Population Density and Distance to Markets on the Condition of Coral Reef Fisheries. *Conservation Biology* 27:453-458.
- Clarke, K. R., and R. N. Gorley. 2006. PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth.

- Coomes, O.T., Y Takasaki, C. Abizaid, and B. L. Barham. 2010. Floodplain fisheries as natural insurance for the rural poor in tropical forest environmental: evidence from Amazonia. *Fisheries Management and Ecology* 17:513-521.
- Danielsen, F., N. D. Burgess, P. M. Jensen, and K. Pirhofer-Walzl. 2010. Environmental monitoring: the scale and speed of implementation varies according to the degree of people's involvement. *Journal of Applied Ecology* 47:1166–1168.
- Defeo, O., M. Castrejón, R. Pérez-Castañeda, J. C. Castilla, N. L. Gutiérrez, T. E. Essington, and C. Folke. 2014. Co-management in Latin American small-scale shellfisheries: assessment from long-term case studies. *Fish and Fisheries* doi: 10.1111/faf.12101
- Erler, D. M., D. P. Lima Jr., and A. Schiavetti. 2015. Ecological fishing networks in a marine protected area: One possibility for evaluating objectives. *Ocean & Coastal Management* 104:106-114.
- Evans, L., N. Cherrett, and D. Pems. 2011. Assessing the impact of fisheries co-management interventions in developing countries: A meta-analysis. *Journal of Environmental Management* 92:1938-1949.
- Fearnside, P. M. 2014. Impacts of Brazil's Madeira River Dams: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. *Environmental Science & Policy* 38:164-172.
- Fearnside, P. M. 2015. Amazon Dams and Waterways: Brazil's Tapajós Basin Plans. *Ambio* (in press), doi: 10.1007/s13280-015-0642-z.
- Ferreira, J., L. E. O. C., Aragão, J. Barlow, P. Barreto, E. Berenguer, M. Bustamante, T. A. Gardner, A. C. Lees, A. Lima, J. Louzada, L. Parry, C. A. Peres, R. Pardini, P. S. Pompeu, M. Tabarelli, J. Zuanon. 2014. Brazil's environmental leadership at risk, Mining and dams threaten protected areas. *Science* 346:706-707.
- Fulton, E. A., A. D. M. Smith, D. C. Smith, and I. E. van Putten. 2011. Human behaviour: the key source of uncertainty in fisheries management. *Fish and Fisheries* 12:2-17.
- Garcia, A., S. Tello, G. Vargas, and F. Duponchelle. 2009. Patterns of commercial fish landings in the Loreto region (Peruvian Amazon) between 1984 and 2006. *Fish Physiology and Biochemistry* 35:53-67.
- Giglio, V. J., O. J. Luiz and L. C. Gerhardinger. 2014. Depletion of marine megafauna and shifting baselines among artisanal fishers in eastern Brazil. *Animal Conservation* doi: 10.1111/acv.12178.
- Goulding, M., R. B. Barthem, and E. J. G. Ferreira. 2003. *The Smithsonian Atlas of the Amazon*. Smithsonian Institution, Washington.
- Gutiérrez, N. L., R. Hilborn, and O. Defeo. 2011. Leadership, social capital and incentives promote successful fisheries. *Nature* 470:386-389.
- Hallwass, G., P. F. M. Lopes, A. A. Juras, and R. A. M. Silvano. 2011. Fishing effort and catch composition of urban market and rural villages in Brazilian Amazon. *Environmental Management* 47:188-200.
- Hallwass, G., P. F. M. Lopes, A. A. Juras, and R. A. M. Silvano. 2013a. Fishers' knowledge identifies environmental changes and fish abundance trends in impounded tropical rivers. *Ecological Applications* 23:392-407.

- Hallwass, G., P. F. M. Lopes, A. A. Juras, and R. A. M. Silvano. 2013b. Behavioral and environmental influences on fishing rewards and the outcomes of alternative management scenarios for large tropical rivers. *Journal of Environmental Management* 128:274-82.
- Hilborn, R. 2007. Reinterpreting the State of Fisheries and their Management. *Ecosystems* 10:1362-1369.
- Huntington, H. P. 2000. Using traditional ecological knowledge in science: methods and applications. *Ecological Applications* 10:1270-1274.
- Huntington, H. P. 2011. The local perspective. *Nature* 478:182-183.
- Isaac, V. J., A. Milstein, and M. L. Ruffino. 1996. A pesca artesanal no Baixo Amazonas: análise multivariada da captura por espécie. *Acta Amazonica* 26:185-208.
- Isaac, V. J., C. O. Silva, and M. L. Ruffino. 2008. The artisanal fishery fleet of the lower Amazon. *Fisheries Management and Ecology* 15:179-187.
- Isaac, V.J., and M. C. Almeida. 2011. El consumo de pescado en la Amazonia brasileña. *COPESCAALC Documento Ocasional*. No 13. FAO, Rome.
- Jackson, J. B. C., M. X. Kirby, W. H. Berger, K. A. Bjorndal, L. W. Botsford, B. J. Bourque, R. H. Bradbury, R. Cooke, J. Erlandson, J. A. Estes, T. P. Hughes, S. Kidwell, C. B. Lange, H. S. Lenihan, J. M. Pandolfi, C. H. Peterson, R. S. Steneck, M. J. Tegner, and R. R. Warner. 2001. Historical Overfishing and the Recent Collapse of Coastal Ecosystems. *Science* 293:629-638.
- Johannes, R. E. 1998. The case for data-less marine resource management: examples from tropical nearshore finfisheries. *Trends in Ecology and Evolution* 13:243-246.
- Johannes, R. E., M. M. R. Freeman, and R. J. Hamilton. 2000. Ignore fishers' knowledge and miss the boat. *Fish and Fisheries* 1:257-271.
- Kahn, J. R., C. E. Freitas, and M. Petrere. 2014. False Shades of Green: The Case of Brazilian Amazonian Hydropower. *Energies* 7:6063-6082.
- Lopes, P. F. M., R. A. M. Silvano, and A. Begossi. 2011. Extractive and Sustainable Development Reserves in Brazil: resilient alternatives to fisheries? *Journal of Environmental Planning and Management* 54:421-443.
- Lorenzen, K., O. Almeida, R. Arthur, C. Garaway, and S. Khoa. 2006. Aggregated yield and fishing effort in multispecies fisheries: an empirical analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 63:1334-1343.
- Lozano-Montes, H. M., T. J. Pitcher, and N. Haggan. 2008. Shifting environmental and cognitive baselines in the upper Gulf of California. *Frontiers in Ecology and the Environment* 6:75-80.
- Lunn, K. E., and P. Dearden. 2006. Monitoring small-scale marine fisheries: An example from Thailand's Ko Chang archipelago. *Fisheries Research* 77:60-71.
- MacCord, P., R. A. M. Silvano, M. Ramires, M. Clauzet, and A. Begossi. 2007. Dynamics of artisanal fisheries in two Brazilian Amazonian reserves: implications to co-management. *Hydrobiologia* 583:365-376.
- MacNeil, M. A., and J. E. Cinner. 2013. Hierarchical livelihood outcomes among co-managed fisheries. *Global Environmental Change* 23:1393-1401.

- McClenachan, L., F. Ferretti, and J. K. Baum. 2012. From archives to conservation: why historical data are needed to set baselines for marine animals and ecosystems. *Conservation Letters* 5:349-359.
- McGrath, D. G., A. Cardoso, O. T. Almeida, and J. Pezzuti. 2008. Constructing a policy and institutional framework for an ecosystem-based approach to managing the Lower Amazon floodplain. *Environment Development and Sustainability* 10:677-695.
- Myers, R. A., and B. Worm. 2003. Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. *Nature* 423:280-283.
- Navy, H., and M. Bhattarai. 2009. Economics and livelihoods of small-scale inland fisheries in the Lower Mekong Basin: a survey of three communities in Cambodia. *Water Policy* 11:31-51.
- O'Donnell, K. P., M. G. Pajaro, and A. C. J. Vincent. 2010. How does the accuracy of fisher knowledge affect seahorse conservation status? *Animal Conservation* 13:526-533.
- Orr, S., J. Pittock, A. Chapagain, and D. Dumaresq. 2012. Dams on the Mekong River: Lost fish protein and the implications for land and water resources. *Global Environmental Change* 22:925-932.
- Papworth, S. K., J. Rist, L. Coad, and E. J. Milner-Gulland. 2009. Evidence for shifting baseline syndrome in conservation. *Conservation Letters* 2:93-100.
- Pauly, D. 1995. Anecdotes and the shifting baseline syndrome in fisheries. *Trends in Ecology and Evolution* 10:430.
- Pauly, D., V. Christensen, S. Guénette, T. J. Pitcher, U. R. Sumaila, C. J. Walters, R. Watson, and D. Zeller. 2002. Towards sustainability in world fisheries. *Nature* 418:689-695.
- Peres, C. A., and B. Zimmerman. 2001. Perils in Parks or Parks in Peril? Reconciling Conservation in Amazonian Reserves with and without Use. *Conservation Biology* 15: 793-797.
- Peres, C. A. 2005. Why We Need Megareserves in Amazonia. *Conservation Biology* 19:728-733.
- Petrere, M. Jr., R. B. Barthem, E. A. Córdoba, and B. C. Gómez. 2004. Review of the large catfish fisheries in the upper Amazon and the stock depletion of piraíba (*Brachyplatystoma filamentosum* Lichtenstein). *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 14:403-414.
- Pinho, P. F., G. Patenaude, J. P. Ometto, P. Meir, P. M. Toledo, A. Coelho, and C. E. F. Young. 2014. Ecosystem protection and poverty alleviation in the tropics: Perspective from a historical evolution of policy-making in the Brazilian Amazon. *Ecosystem Services* 8:97-109.
- Pinnegar, J. K., and G. H. Engelhard. 2007. The 'shifting baseline' phenomenon: a global perspective. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 18:1-16.
- Poizat, G., and E. Baran. 1997. Fishermen's knowledge as background information in tropical fish ecology: a quantitative comparison with fish sampling results. *Environmental Biology of Fishes* 50:435-449.

- R Core Team. 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>.
- Reddy, S. M. W., A. Wentz, O. Aburto-Oropeza, M. Maxey, S. Nagavarapu, and H. M. Leslie. 2013. Evidence of market-driven size-selective fishing and the mediating effects of biological and institutional factors. *Ecological Applications* 23:726-741.
- Ribeiro, M. C. L. B., and M. Petreire. 1990. Fisheries ecology and management of the jaraqui (*Semaprochilodus taeniurus*, *S. insignis*) in Central Amazonia. *Regulated Rivers: Research & Management* 5:195-215.
- Saénz-Arroyo, A., C. M. Roberts, J. Torre, and M. Cariño-Olvera. 2005. Using fishers' anecdotes, naturalists' observations and grey literature to reassess marine species at risk: the case of the Gulf grouper in the Gulf of California, Mexico. *Fish and Fisheries* 6:121-133.
- Salas, S., and D. Gaertner. 2004. The behavioral dynamics of fishers: management implications. *Fish and Fisheries* 5:53-167.
- Salomon, A. K., N. M. Tanape, and H. P. Huntington. 2007. Serial depletion of marine invertebrates leads to the decline of a strongly interacting grazer. *Ecological Applications* 17:1752-1770.
- Santos, G. M., B. de Mérona, A. A. Juras, and M. Jégu. 2004. Peixes do Baixo Rio Tocantins: 20 anos depois da Usina Hidrelétrica de Tucuruí. Brasília, Brazil: Eletronorte, 216 p.
- Santos, G. M., E. J. G. Ferreira, and J. A. S. Zuanon. 2006. Peixes comerciais de Manaus. Manaus, Brazil: Ibama, ProVárzea, 144p.
- Shepperson, J., L. G. Murray, S. Cook, H. Whiteley, and M. J. Kaiser. 2014. Methodological considerations when using local knowledge to infer spatial patterns of resource exploitation in an Irish Sea fishery. *Biological Conservation* 180:214-223.
- Shester, G. G., and F. Micheli. 2011. Conservation challenges for small-scale fisheries: bycatch and habitat impacts of traps and gillnets. *Biological Conservation* 144:1673-1681.
- Silvano, R. A. M., P. F. L. MacCord, R. V. Lima, and A. Begossi. 2006. When does this fish Spawn? Fishermen's local knowledge of migration and reproduction of Brazilian coastal fishes. *Environmental Biology Fishes* 76:371-386.
- Silvano, R. A. M., A. L. Silva, M. Cerone, and A. Begossi. 2008. Contributions of Ethnobiology to the conservation of tropical rivers and streams. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems* 18:241-260.
- Silvano, R. A. M., M. Ramires, and J. Zuanon. 2009. Effects of fisheries management on fish communities in the floodplain lakes of a Brazilian Amazonian Reserve. *Ecology of Freshwater Fish* 18:156-66.
- Silvano, R. A. M., G. Hallwass, P. F. Lopes, A. R. Ribeiro, R. P. Lima, H. Hasenack, A. A. Juras, and A. Begossi. 2014. Co-management and spatial features contribute to secure fish abundance and fishing yields in tropical floodplain lakes. *Ecosystems* 17:271-285.

- Smith, N. J. H. 1985. The Impact of Cultural and Ecological Change on Amazonian Fisheries. *Biological Conservation* 32:355-373.
- Turvey, S. T., L. A. Barrett, H. Yujiang, Z. Lei, Z. Xinqiao, W. Xianyan, H. Yadong, Z. Kaiya, T. Hart, and W. Ding. 2010. Rapidly Shifting Baselines in Yangtze Fishing Communities and Local Memory of Extinct Species. *Conservation Biology* 24:778-787.
- van Oostenbrugge, J. A. E., E. J. Bakker, W. L. T. van Densen, M. A. M. Machiels, and P. A. M. van Zwieten. 2002. Characterizing catch variability in a multispecies fishery: implications for fishery management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59:1032-1043.
- Veríssimo, J. 1895. *A Pesca no Amazônia*. Rio de Janeiro: Livraria Clássica Alves e Companhia, 137 p.
- Welcomme, R. 1985. *River Fisheries*. Rome: FAO.
- Welcomme, R. L. 1999. A review of a model for qualitative evaluation of exploitation levels in multi-species fisheries. *Fisheries Management and Ecology* 6:1-19.
- Welcomme, R. L., I. G. Cowx, D. Coates, C. Béné, S. Funge-Smith, A. Halls, and K. Lorenzen. 2010. Inland capture fisheries. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 365: 2881-2896.
- Worm, B., E. B. Barbier, N. Beaumont, J. E. Duffy, C. Folke, B. S. Halpern, J. B. C. Jackson, H. K. Lotze, F. Micheli, S. R. Palumbi, E. Sala, K. A. Selkoe, J. J. Stachowicz, and R. Watson. 2006. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science* 314:787-790.

**CAPÍTULO 3: APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO DOS PESCADORES NO
ESTABELECIMENTO DE PRIORIDADES PARA O MANEJO E
CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS PESQUEIROS CONTINENTAIS
TROPICAIS**

Gustavo Hallwass^{1,2*} e Renato A. M. Silvano^{1,2}

¹Dep. Ecologia e PPG Ecologia, UFRGS, CP 15007, 91501-970, Porto Alegre, RS,
Brasil

²Fisheries and Food Institute (FIFO), UNISANTA, Rua Oswaldo Cruz 277, Santos SP,
Brasil

* E-mail: gustavo.hallwass@gmail.com (G. Hallwass).

Observação: este manuscrito foi formatado segundo as normas da revista científica *Journal of Environmental Management*, a qual pretende-se submeter este artigo. As normas da revista podem ser encontradas em <http://www.elsevier.com/journals/journal-of-environmental-management/0301-4797/guide-for-authors>. No entanto, as tabelas e figuras foram inseridas ao longo do texto para facilitar a leitura.

Resumo

Diversos métodos de manejo têm sido empregados ao redor do mundo, com o objetivo de garantir a sustentabilidade dos recursos pesqueiros. Contudo, é fundamental a aproximação entre cientistas pesqueiros, gestores e pescadores, com o objetivo de legitimar e tornar as medidas de manejo realistas e efetivas. Estudos têm demonstrado o potencial do conhecimento ecológico local de pescadores na implementação ou melhoramento de programas de manejo, entretanto, poucas pesquisas aplicam o conhecimento dos pescadores na gestão dos recursos. O objetivo do estudo é propor uma abordagem de manejo pesqueiro baseada no conhecimento ecológico local de pescadores sobre o tamanho e época reprodutiva das espécies mais capturadas, relacionando aos dados da literatura científica e de desembarques pesqueiros, a fim de definir regras prioritárias de manejo pesqueiro para o Baixo Rio Tapajós. Foram entrevistados 203 pescadores em 11 comunidades ribeirinhas, com perguntas sobre as espécies mais capturadas, tamanho e época reprodutiva. Destes, 51 pescadores realizaram o monitoramento participativo de suas pescarias, registrando os desembarques mensalmente, durante um ano. As espécies mais frequentes na pesca são mais conhecidas pelos pescadores ($r_s=0,95$; $n=20$ espécies; $p<0,001$). O tamanho reprodutivo das espécies mais capturadas citado pelos pescadores foi relacionado aos dados da literatura científica ($r_s=0,93$; $n=15$ espécies; $p<0,001$). O período reprodutivo citado pelos pescadores apresentou concordância parcial com a literatura, mas esteve de acordo com os dados de desembarque pesqueiro. Diferenças metodológicas na forma de abordagem dos dados entre literatura e informação dos pescadores podem ter levado a concordância parcial, demonstrando a importância do detalhamento metodológico para fins de comparação entre diferentes fontes de dados. As espécies que sofrem maior pressão pesqueira estão sendo capturadas no limite do tamanho reprodutivo e deve haver acompanhamento desses estoques. Medidas de manejo devem abordar as características ecológicas e ciclo de vida das espécies, diferenciando os peixes sedentários onde o foco do manejo pode ser local através do tamanho mínimo de captura e sistemas de co-manejo, daqueles peixes que realizam extensas migrações, em que o manejo deve ter uma abordagem ecossistêmica, identificando as áreas de maior vulnerabilidade do ciclo de vida dessas espécies e considerando impactos ambientais não relacionados à pesca, como grandes barragens.

Palavras-chave: entrevistas, ecologia humana; monitoramento participativo; tamanho reprodutivo dos peixes; pesca de pequena escala, Amazônia brasileira, Rio Tapajós, áreas protegidas, análise sócio ecológica.

Introdução

A pesca é uma das atividades extrativistas humanas mais antigas, sendo ainda realizada em todo o mundo (Jackson et al., 2001; Pinnegar & Engelhard, 2007). A atividade pesqueira gera emprego e renda para milhões de pessoas, além de fornecer uma das principais fontes de proteína animal consumidas no mundo, garantido segurança alimentar para muitas populações (Allan et al., 2005; Béné et al., 2009; Smith et al., 2010; Teh & Sumaila, 2013). O aumento do esforço pesqueiro nas últimas décadas (Stewart et al., 2010; Anticamara et al., 2011) tem ocasionado o declínio dos estoques (Pauly et al., 2002; Schiermeier, 2002; Allan et al., 2005) e mesmo a perda de biodiversidade nos ecossistemas aquáticos (Worm et al., 2006). Contudo, dados históricos e arqueológicos demonstram que a redução e extinção de grandes espécies já ocorriam em menor escala há centenas e milhares de anos atrás (Pinnegar & Engelhard, 2007; McClenachan et al., 2012). Portanto, cientistas pesqueiros buscam formas de manejar e reconstruir os recursos pesqueiros, visando garantir a manutenção e sustentabilidade dos estoques (Pauly et al., 2002; Hilborn et al., 2007a; Worm et al., 2009).

Diversas formas de manejo têm sido empregadas ao redor do mundo com o objetivo de garantir a sustentabilidade dos recursos pesqueiros (Worm et al., 2009; Garcia et al., 2012). Desde o início dos anos 50, modelos populacionais de espécie única ou “*single-species*” têm sido propostos incorporando o conceito de máxima produção sustentável (Schaefer, 1954; Mace, 2001; Hilborn, 2007a). Esse método de manejo tem sido criticado por alguns cientistas pesqueiros, pois esses modelos não consideram a manutenção do habitat das espécies e nem os efeitos cascata na cadeia alimentar (Roberts, 1997; Pauly et al., 2002; Schiermeier, 2002). Esses cientistas defendem a criação de Áreas Protegidas (APs) que conservariam não só as espécies alvo da pesca, mas toda a biodiversidade e o ecossistema (Gell & Roberts, 2003; Russ et al., 2004). Por outro lado, a criação de APs poderia apenas deslocar a pressão pesqueira para outro local sem resolver a raiz do problema (aumento de pressão pesqueira) gerado pela “corrida pelo peixe” (Hilborn, 2007a). No entanto, as duas abordagens (populacional e ecossistêmica) representam extremos de um contínuo, sendo que a maioria das estratégias de manejo encontra-se ao longo desse contínuo (Mace, 2001). Medidas de manejo mais comumente aplicadas ou mesmo consideradas medidas de manejo tradicional tem seu foco no manejo das espécies exploradas através de

regulações sobre artes de pesca, tamanhos de malhas, proibições sazonais e de tamanho mínimo reprodutivo, visando garantir o recrutamento das espécies (Cooke & Cowx, 2006; Cinner & Aswani, 2007; Batista & Lima, 2010; Garcia et al., 2012; Hallwass et al., 2013a). Atualmente também tem sido sugerido o tamanho máximo de captura, já que os maiores e mais velhos indivíduos tendem a ter potenciais reprodutivos maiores (Birkeland & Dayton, 2005).

Apesar das amplas discussões entre as formas de manejo (populacional e ecossistêmico) serem extremamente válidas e enriquecerem a ciência pesqueira, a maioria dos cientistas concorda sobre a necessidade do diálogo com pescadores, com o objetivo de aproximar a ciência das políticas pesqueiras legítimas e de interesse dos envolvidos (Roberts, 1997; Johannes et al., 2000; Schiermeier, 2002; Hilborn, 2007b; Fischer et al. 2014). Nesse sentido, estudos recentes têm demonstrado a importância de se considerar fatores humanos, como o conhecimento, comportamento, decisões e relações sociais dos pescadores (principais atores envolvidos na atividade pesqueira), a fim de compreender melhor as dinâmicas da pesca e assim reduzir as incertezas e garantir o sucesso de programas de manejo pesqueiro (Salas & Gaertner, 2004; Fulton et al., 2011; Silva & Lopes, 2015). Além disso, programas de monitoramento e manejo tendem a ser mais rapidamente implementados e mais efetivos quando em escala local (Begossi 2008; Reed, 2008; Danielsen et al., 2010). Fatores sociais locais, como liderança e coesão social, são os principais atributos que contribuem para o sucesso de diversos programas de co-manejo pesqueiro em todo o mundo (Gutiérrez et al., 2011).

A pesca de águas interiores (continental) é realizada basicamente por pescadores de pequena escala em países em desenvolvimento (Bayley & Petrere, 1989; Welcomme et al., 2010; De Graaf et al., 2015). Apesar de ser pouco estudada se comparada à pesca marinha, a pesca continental é de fundamental importância para garantir a segurança alimentar de diversas populações pobres em todo o mundo (Batista et al., 1998; Béné et al., 2009; Welcomme et al., 2010; Isaac & Almeida, 2011; De Graaf et al., 2015). Apesar disso, os recursos explorados pela pesca continental também são ameaçados pela sobre-exploração pesqueira (Allan et al., 2005). A Amazônia é a maior bacia hidrográfica do mundo (Welcomme, 1985) e sua população ribeirinha possui alta dependência do peixe para o consumo de proteína animal (Batista et al., 1998; Cerdeira et al., 2000; Isaac & Almeida, 2011). Contudo, a falta de centralização da pesca artesanal de pequena escala que conta com grande quantidade de barcos e pescadores que desembarcam em diversos, pequenos e muitas vezes remotos portos dificulta o

monitoramento, fiscalização e manejo dos recursos pesqueiros, não só na Amazônia como em todo o mundo (Bayley & Petrere, 1989; Batista et al., 1998; Cerdeira et al., 2000; Allan et al., 2005; Hallwass et al., 2011; Welcomme et al., 2010; De Graaf et al., 2015). Devido a isso, atualmente estudos têm indicado indícios de sobre-exploração e extinção das principais espécies de peixes explorados na região Amazônica (Petrere et al., 2004; Isaac et al., 2008; Garcia et al., 2009). As principais regras de manejo pesqueiro na Amazônia estão relacionadas à restrição sazonal da pesca durante o período reprodutivo dos peixes, delimitação do uso de determinados apetrechos (tipo e tamanho de malha de redes malhadeiras) e tamanho mínimo das espécies (Batista & Lima, 2010; Castello et al., 2011; Hallwass et al., 2013a; Corrêa et al., 2014). Restrições semelhantes também são amplamente aplicadas na pesca de pequena escala ao redor do mundo (Cinner & Aswani, 2007). Contudo, as formas de manejo pesqueiro que têm apresentado bons resultados na Amazônia são aquelas que consideram as populações locais na elaboração, monitoramento e fiscalização das regras. Por exemplo, com o apoio de órgãos ambientais, comunidades ribeirinhas Amazônicas têm elaborado e implementado regras de manejo pesqueiro relacionadas a proibições temporárias ou permanentes de pesca em lagos de várzea, quotas de captura e restrições de apetrechos, resultando em aumento da abundância de peixes (Almeida et al., 2009; Silvano et al., 2009, 2014; Lopes et al., 2011).

Apesar das características multiespecíficas da pesca da Amazônia, são geralmente poucas as principais espécies capturadas (Merona & Bittencourt 1988; Cerdeira et al., 2000; Hallwass et al., 2011). Nesse sentido, medidas de manejo que estabelecem o tamanho mínimo reprodutivo para a captura das principais espécies exploradas em pescarias continentais são amplamente utilizados no mundo e na Amazônia (Batista & Lima, 2010; Welcomme et al., 2010; Castello et al., 2011). Entretanto, a falta de entendimento biológico de medidas de manejo pode gerar baixa aceitação e respeito às regras por parte dos principais envolvidos, os pescadores (Nielsen & Mathiesen, 2003). Por outro lado, estudos têm demonstrado o potencial da aplicação do conhecimento ecológico local de pescadores no preenchimento de lacunas científicas em relação à distribuição e abundância dos recursos pesqueiros, ciclo reprodutivo e dieta das espécies exploradas (Huntington, 2000; Johannes et al., 2000; Silvano et al., 2006, 2008; Le Fur et al., 2011; Hallwass et al., 2013b; Herbst & Hanazaki, 2014). A aplicação do conhecimento local de pescadores com o objetivo de implementar ou melhorar o manejo pesqueiro pode tornar a gestão dos recursos mais

eficaz e robusta, além de ser uma importante fonte de dados, principalmente em regiões tropicais com pouca informação científica convencional (Johannes, 1998; Reed, 2008; Silvano & Valbo-Jorgensen, 2008; Batista & Lima, 2010; Fischer et al. 2014). Contudo, poucos estudos têm aplicado o conhecimento local de pescadores diretamente aos planos de manejo pesqueiro (Johannes et al., 2000; Leite & Gasalla, 2013). Portanto, o objetivo do estudo é definir regras prioritárias de manejo pesqueiro para um rio da Amazônia brasileira, baseado no conhecimento ecológico local de pescadores sobre o tamanho e época reprodutiva das espécies mais capturadas e da comparação desse conhecimento local com dados da literatura científica e de desembarques pesqueiros.

Material e Métodos

Área de estudo

O Rio Tapajós possui águas claras, drenando uma área de 489.628 km² por 1.992 km de extensão que corre ao longo de áreas de transição entre os biomas de Cerrado e Floresta Amazônica (Goulding et al., 2003). Nos últimos 150 km do Rio Tapajós ocorre o alargamento das margens da calha principal que pode chegar a mais de 15 km de largura em certos locais (Fig. 3.1), com pouca área de inundação nas margens, formação denominada como rio-lago (Barthem & Goulding, 2007). A região do Baixo Rio Tapajós, onde foi realizado este estudo, possui diferentes tipos de Unidades de Conservação (UC) de Uso Sustentável (Fig. 3.1) de acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC, Lei nº 9.985, de 18 de Julho de 2000), com tempos de criação e históricos distintos. Na margem direita do Rio Tapajós está localizada a Floresta Nacional do Tapajós (FLONA) criada pelo Governo Federal há 40 anos (Decreto nº 73.684, de 19 de Fevereiro de 1974). Na FLONA foram amostradas quatro comunidades: Maguari, Acaratinga, Piquiatuba e Pini (números 4 a 7, respectivamente na Fig. 3.1). Já na margem esquerda, criada há 15 anos através da organização local das comunidades (Decreto s/n de 06 de Novembro de 1998) está localizada a Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns (RESEX), onde também foram amostradas quatro comunidades: Boim, Juarituba, Surucuá e Vila do Amorim (números 8 a 11, respectivamente na Fig. 3.1). Na região mais à jusante do Rio Tapajós, na margem direita, foram amostradas três comunidades (Ponta de Pedra, Alter do Chão e Pindobal, números 1 a 3 respectivamente na Fig. 3.1) que compõem a Área de Proteção Ambiental

(APA) Alter do Chão, que foi criada há 10 anos (Lei Municipal nº 17.771 de 02 de Julho de 2003).

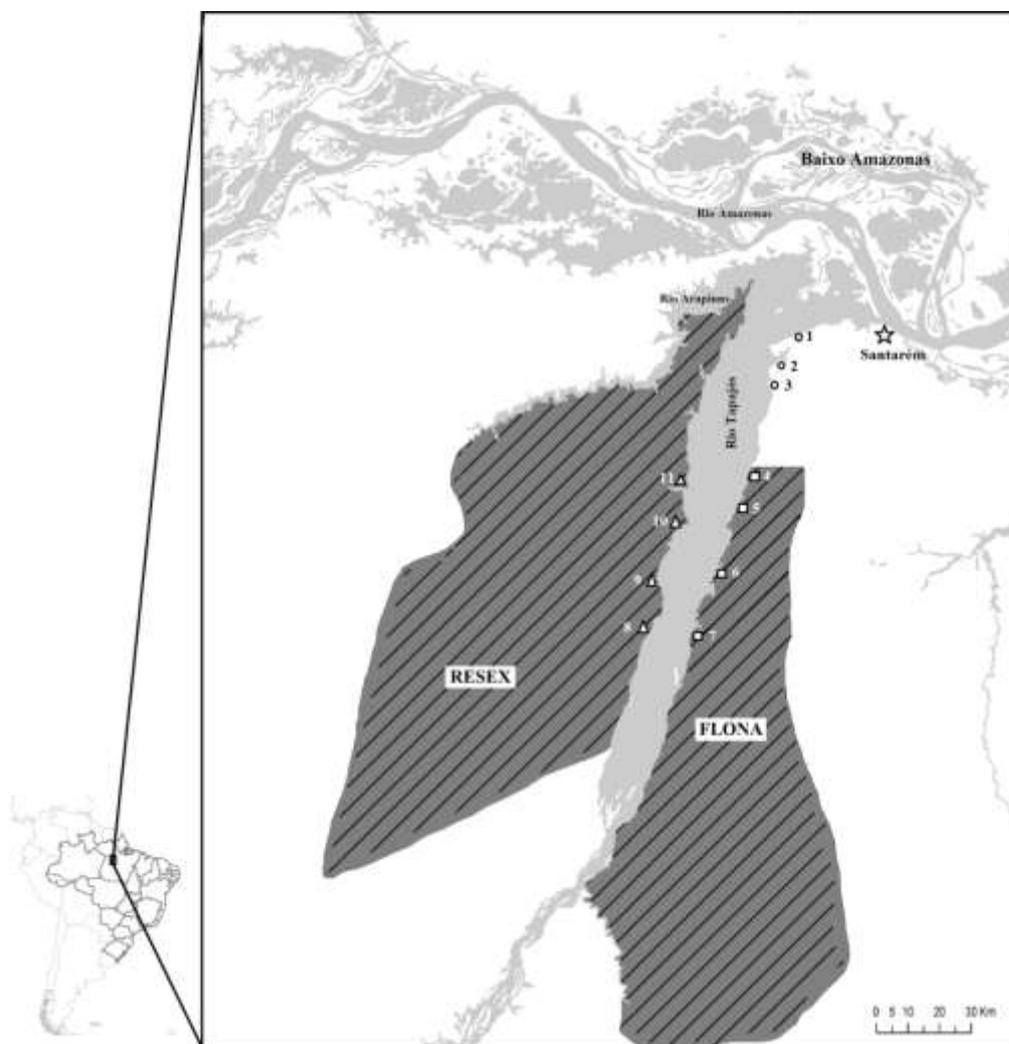


Figura 3.1. O mapa apresenta as 11 comunidades onde foram realizadas as entrevistas e registrados os desembarques pesqueiros no Baixo Rio Tapajós, bem como a localização dessas comunidades em relação às Unidades de Conservação: Floresta Nacional do Tapajós (FLONA) e Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns (RESEX) ambas delimitadas em cinza escuro. A Área de Proteção Ambiental (APA) Alter do Chão é composta pelas demais comunidades marcadas com um círculo, mas não está delimitada no mapa. Os números indicam as seguintes comunidades: 1- Ponta de Pedra, 2- Alter do Chão, 3- Pindobal, 4- Maguari, 5- Acaratinga, 6- Piquiatuba, 7- Pini, 8- Boim, 9- Jauarituba, 10- Surucuá e 11- Vila do Amorim.

Entrevistas

Foram realizadas 203 entrevistas com pescadores (199 homens e 4 mulheres) de 11 comunidades ribeirinhas no Baixo Rio Tapajós (Fig. 3.1), durante o mês de julho de

2013. O número de pescadores entrevistados em cada comunidade variou de 12 a 24 (Tab. 3.1). Os pescadores foram entrevistados individualmente, na maioria dos casos em suas casas. Primeiramente eram procurados os líderes comunitários, explicados os objetivos da pesquisa e então solicitada oralmente a concordância e permissão para realizar a pesquisa. O líder comunitário geralmente indicava os primeiros pescadores a serem entrevistados, para os quais sempre se seguiam o padrão de explicar os objetivos da pesquisa e então solicitar oralmente a concordância e permissão para realizar a entrevista com cada pescador. Após a entrevista, foi solicitado ao entrevistado indicar outros pescadores na comunidade, seguindo o método bola de neve, já empregado em outras pesquisas envolvendo entrevistas com pescadores (Silvano et al. 2006; Hallwass et al. 2013b). A amostragem terminava no momento em que não eram mais encontrados pescadores dispostos a participar da pesquisa, ou quando os nomes sugeridos pelos entrevistados se repetiam, indicando que todos que aceitaram participar da pesquisa foram entrevistados.

Tabela 3.1. Número de pescadores entrevistados, média e desvio padrão do tempo de experiência, número de pescadores que registraram sua pesca e o número de desembarques pesqueiros registrados em cada comunidade no Baixo Rio Tapajós, Amazônia brasileira.

Unidade de Conservação	Comunidade	N entrevistados	Tempo experiência (média e desvio padrão)	N pescadores treinados para registrar seus desembarques pesqueiros*	N Desembarques registrados
APA	<i>Pindobal</i>	22	31,9 ± 17,4	7 (3)	143
	<i>Alter do Chão</i>	12	34,2 ± 14,1	6 (4)	189
	<i>Ponta de Pedra</i>	16	38,7 ± 13,3	6 (5)	183
RESEX	<i>Boim</i>	23	40,7 ± 9,2	9 (6)	199
	<i>Jauarituba</i>	20	26,4 ± 13,4	8 (4)	173
	<i>Surucuá</i>	24	30,5 ± 15,8	8 (4)	200
	<i>Vila do Amorim</i>	20	31 ± 18,7	7 (5)	121
FLONA	<i>Maguari</i>	18	37,8 ± 15	5 (3)	68
	<i>Acaratinga</i>	13	36,8 ± 16,8	4 (4)	161
	<i>Piquiatuba</i>	18	31,6 ± 17,7	9 (5)	209
	<i>Pini</i>	17	32,5 ± 17,3	9 (8)	367
Total		203	33,6 ± 15,7	78 (51)	2013

* Número de pescadores treinados em cada comunidade e entre parênteses o número de pescadores que efetivamente registraram seus desembarques.

As entrevistas seguiram um questionário padronizado semi-estruturado (Apêndice 1) abordando questões socioeconômicas, como a idade, escolaridade, tempo de experiência na pesca, tempo em que mora na comunidade e atividades econômicas; e sobre questões ecológicas, como o tamanho e a época em que os peixes estão ovados. Essas perguntas ecológicas (tamanho e época reprodutiva) só eram feitas sobre aquelas espécies que o pescador a priori dizia serem as mais capturadas por ele na pesca. Para as perguntas sobre o tamanho em que o peixe está ovado, como na maioria das vezes o pescador mostra o tamanho com as mãos (observação pessoal de G. Hallwass em outras pesquisas na Amazônia), os entrevistadores possuíam uma fita métrica para medir o tamanho indicado pelo entrevistado (Fig. 3.2).



Figura 3.2. Foto mostrando a metodologia com o uso de fita métrica para o registro do tamanho em que o peixe está reprodutivo. Pesquisador mede o tamanho indicado com as mãos pelo pescador entrevistado.

Registro dos desembarques pesqueiros

Com o intuito de realizar o registro participativo da pesca na região do Baixo Rio Tapajós, ao final de cada entrevista foi perguntado aos entrevistados se havia interesse em registrar seus desembarques pesqueiros durante um ano, aos pescadores que a) possuíam no mínimo cinco anos de estudo e b) pescavam ao menos três vezes por semana. Aos pescadores que aceitaram participar do monitoramento participativo

foram entregues materiais necessários para o registro da pesca (Kit desembarque), contendo as fichas de registro da pesca (Apêndice 2), balança, lápis, borracha, fita métrica, relógio de pulso e uma pasta para o armazenamento dos formulários. Cada pescador foi treinado individualmente e solicitado o registro das cinco primeiras pescarias de cada mês, no período de agosto de 2013 até julho de 2014. Foram treinados 78 pescadores nas 11 comunidades amostradas (Tab. 3.1), sendo que os pescadores que possuíam telefone eram contatados a cada 15 dias pelo autor (G. Hallwass) para discutir e resolver possíveis dúvidas e problemas na amostragem. Além disso, os formulários de desembarque eram recolhidos a cada três meses. As informações registradas pelos pescadores foram o local de pesca, apetrechos utilizados, data e duração da viagem de pesca, tipo de embarcação, tipo (espécies) de pescado capturado incluindo número de peixes e peso, o tamanho do menor e maior indivíduo de cada espécie capturada e se havia algum peixe ovado. Do total de pescadores treinados, 51 registraram suas pescarias até o final da pesquisa e, após detalhada conferência e exclusão de dados incompletos ou com erros dos 2353 desembarques totais registrados, foram inseridos e analisados nesse estudo 2013 desembarques (Tabela 3.1).

Proposta de modelo de manejo

Na abordagem de manejo pesqueiro proposta nesse estudo, pretende-se englobar o conhecimento ecológico local (CEL) dos pescadores acerca do tamanho e época reprodutiva dos peixes, bem como os dados de desembarques pesqueiros registrados pelos próprios pescadores de forma participativa e dados da literatura científica. Portanto, foram elaboradas cinco etapas de análises de dados (Fig. 3.3) com o objetivo de determinar as prioridades de manejo e conservação dos recursos pesqueiros para a região do Baixo Rio Tapajós, com base no conhecimento dos pescadores.

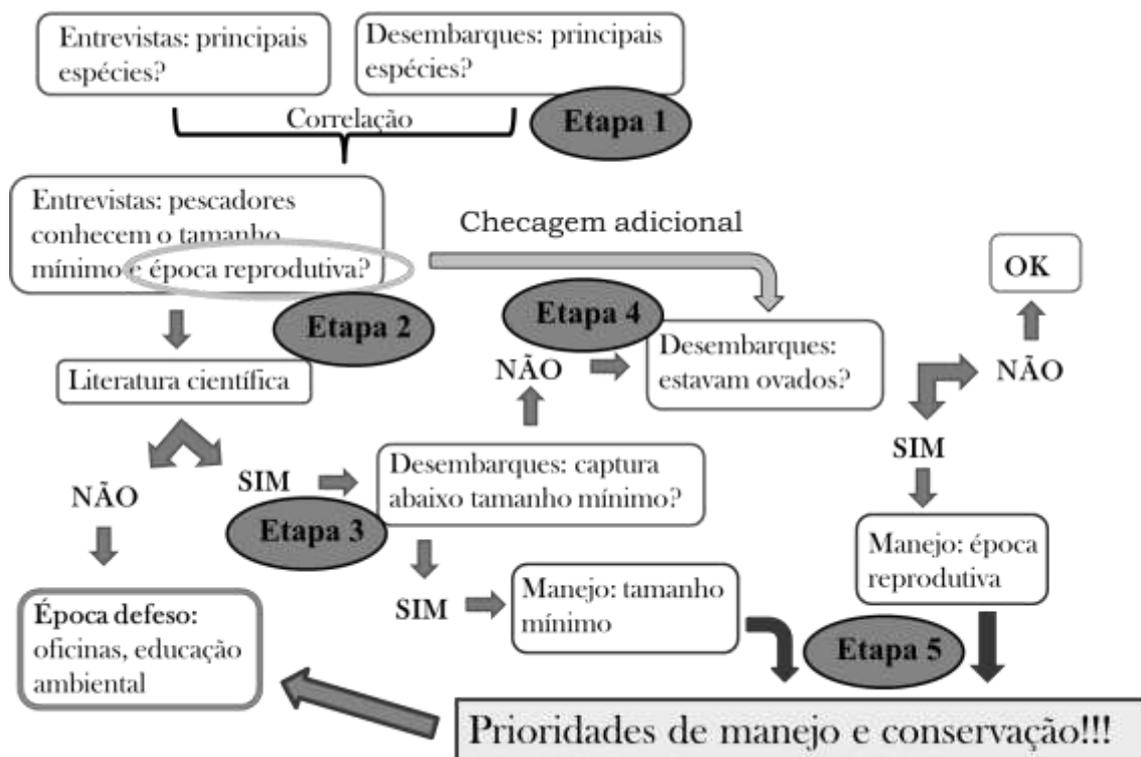


Figura 3.3. Quadro apresentando a proposta de abordagem de manejo da pesca a partir do conhecimento ecológico local dos pescadores, registro de desembarques pesqueiros e literatura científica, com o intuito de estabelecer prioridades para o manejo e conservação dos recursos pesqueiros no Baixo Rio Tapajós, Amazônia brasileira.

Análise dos dados

As análises dos dados serão descritas de acordo com as etapas inseridas na proposta de abordagem de manejo pesqueiro (Fig. 3.3).

Etapa 1: visando checar a coerência entre as informações levantadas nas entrevistas e o que foi registrado nos desembarques pesqueiros, foram realizadas correlações entre a proporção de peixes citados (%) nas entrevistas como as espécies mais capturadas e a proporção da biomassa (%) e frequência (%) das espécies registradas nos desembarques pesqueiros, em cada comunidade amostrada. Além disso, correlacionamos o número de entrevistados que souberam dar informações sobre o tamanho e época reprodutiva das principais espécies capturadas com a abundância e frequência dessas espécies nos desembarques pesqueiros. Testamos a normalidade das variáveis através do teste Lilliefors; foram feitas transformações (ln) quando necessário. Para variáveis normais utilizamos a correlação de Pearson (r) e para as variáveis que não adquiriram normalidade mesmo após a transformação, utilizamos a correlação de Spearman (r_s) com os dados originais.

Etapa 2: foram consideradas nesse estudo as espécies de peixe que foram citadas por pelos menos cinco pescadores entrevistados e que representaram no mínimo 1% da abundância (kg) e frequência do total de desembarques registrados. As épocas reprodutivas foram agrupadas de acordo com os ciclos hidrológicos da região do Baixo Rio Tapajós: enchente (janeiro a março), cheia (abril a junho), vazante (julho a setembro) e seca (outubro a dezembro), de acordo com a média anual do nível do Rio Tapajós registrada pela Agência Nacional de Águas em Santarém-PA (ANA 2012). As épocas mais citadas pelos pescadores foram analisadas através do teste de Qui-Quadrado, com o teste Z a posteriori para indicar quais foram as épocas hidrológicas mais citadas do que ao acaso para cada espécie, conforme abordagem de estudo anterior (Hallwass et al. 2013b). Foram calculadas as médias dos tamanhos reprodutivos de cada uma das principais espécies, de acordo com a indicação dos pescadores. As informações sobre tamanho e época reprodutiva mencionadas pelos pescadores foram comparadas aos dados obtidos da literatura científica, sendo que foram priorizados nessa comparação os estudos realizados em rios de águas claras da Amazônia brasileira, como os Rios Tocantins e Xingu. As informações sobre o tamanho reprodutivo obtidas na literatura científica são referentes às estimativas de tamanho em que metade da população da espécie atinge a primeira maturação gonadal (L_{50}). Os níveis de concordância entre os dados registrados nas entrevistas com os pescadores e obtidos da literatura científica foram classificados qualitativamente em: Sim, quando as informações das entrevistas e da literatura científica concordaram plenamente, sendo que como os nomes populares dos peixes capturados na pesca geralmente representam mais de uma espécie biológica foram considerados como concordância valores de tamanho reprodutivo próximos e dentro do desvio padrão; Parcial, quando não houve concordância plena entre as informações, seja por desvio padrão muito alto nos valores de tamanho reprodutivo, seja pela época reprodutiva não coincidir plenamente; e Não, quando não houve concordância entre as informações obtidas nas entrevistas e da literatura científica. Além disso, correlacionamos a média do tamanho reprodutivo das principais espécies citados pelos pescadores com o tamanho médio da primeira maturação gonadal das espécies, segundo a literatura científica.

Etapa 3: foram plotados as variações nos tamanhos dos indivíduos capturados na pesca através dos dados do tamanho do menor e maior indivíduo de cada espécie registrada nos desembarques pesqueiros. Foi inserido também nesse gráfico o tamanho

reprodutivo de cada espécie obtido da literatura para verificar se os peixes estão sendo capturados acima ou abaixo do tamanho da primeira maturação gonadal.

Etapa 4: foram plotados a porcentagem (%) do número de desembarques em que foi registrado a ocorrência de peixe ovado em cada época do ciclo hidrológico junto da porcentagem (%) de citação dos períodos em que o peixe está ovado, segundo os pescadores entrevistados, para cada uma das principais espécies de peixes capturadas para as quais foram registrados esses dados. Essa análise visual consistiu em uma forma de checagem adicional das informações dos pescadores sobre período reprodutivo das espécies.

Etapa 5: são definidas as regras prioritárias de manejo para a região, com base nas práticas de pesca que implicam em maior risco para as espécies e para a sustentabilidade da pesca.

Resultados

A idade dos pescadores entrevistados variou de 18 a 89 anos, com média de experiência de pesca de $33,6 \pm 15,7$ anos (Tab. 3.1). A maioria dos pescadores (75%) relatou pescar três vezes ou mais por semana, enquanto que 25% dos entrevistados relatou frequência de pesca de duas ou menos vezes por semana, sendo que 59% dos entrevistados também trabalham na agricultura. A escolaridade no geral foi baixa, 39% estudaram até a 4^o série, outros 39% cursaram entre a 5^o e 8^o série do ensino fundamental, 9,5% concluíram o ensino fundamental e 12,5% o ensino médio. No total, foram amostrados 14.723,32 kg de peixes com identificação de espécies nos 2013 desembarques pesqueiros registrados nas 11 comunidades amostradas no Baixo Rio Tapajós.

Etapa 1

Houve correlação positiva entre os peixes citados nas entrevistas e registrados nos desembarques pesqueiros, tanto em relação à abundância (kg) como à frequência de ocorrência nos desembarques, em todas as comunidades ribeirinhas analisadas (Tab. 3.2). O número de pescadores que souberam dar informações sobre o tamanho e época reprodutiva das espécies esteve positivamente correlacionado com a abundância (kg) e frequência dessas espécies nos desembarques pesqueiros. No entanto, verificamos correlação mais alta (valor de r mais próximo a 1) entre as citações e a frequência de

ocorrência das espécies nos desembarques pesqueiros ($r_s = 0,95$; $n = 20$ espécies; $p < 0,001$) do que entre as citações e a abundância ($r_s = 0,77$; $n = 20$ espécies; $p < 0,001$) (Fig. 3.4).

Tabela 3.2. Correlações entre a proporção dos peixes mais capturados citados nas entrevistas e a proporção da biomassa e frequência dos peixes desembarcados em todas as 11 comunidades amostradas no Baixo Rio Tapajós.

UC	Comunidades	Peixes mais capturados (abundância, kg)*			Peixes mais capturados (frequência)*		
		<i>rs</i>	<i>p</i>	<i>n</i>	<i>rs</i>	<i>p</i>	<i>n</i>
APA	Alter do Chão	0,83	< 0,001	27	0,81	< 0,001	27
	PIndobal	0,76	< 0,001	27	0,83	< 0,001	27
	Ponta de pedra	0,76	< 0,001	27	0,75	< 0,001	27
RESEX	Boim	0,74	< 0,001	27	0,68	< 0,001	27
	Jauarituba	0,66	< 0,001	27	0,65	< 0,001	27
	Surucúá	0,68	< 0,001	27	0,66	< 0,001	27
	Vila do Amorim	0,83	< 0,001	27	0,83	< 0,001	27
FLONA	Acaratinga	0,77	< 0,001	27	0,68	< 0,001	27
	Maguari	0,68	< 0,001	27	0,64	< 0,001	27
	Piquiatuba	0,54	0,003	27	0,60	< 0,001	27
	Pini	0,83	< 0,001	27	0,74	< 0,001	27

* Correlações: Pearson (*r*) e Spearman (*rs*); nível de significância (*p*) e número de espécies analisadas (*n*).

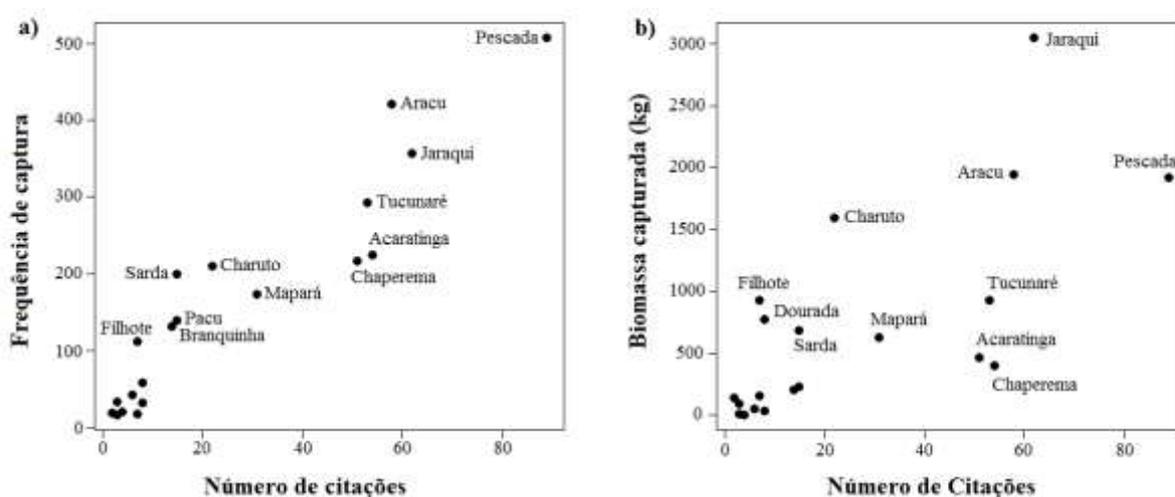


Figura 3.4. Correlação entre o número de citações sobre o tamanho e época reprodutiva dos peixes citados nas entrevistas com os pescadores e peixes que foram registrados nos desembarques nas 11 comunidades ribeirinhas do Baixo Rio Tapajós, considerando: a) frequência de ocorrência dos peixes nos desembarques pesqueiros; e b) abundância (kg) das espécies capturadas nos desembarques.

Etapa 2

Houve correlação positiva entre a média do tamanho reprodutivo das espécies mais capturadas citadas pelos pescadores e o tamanho reprodutivo dessas espécies segundo a literatura científica ($r_s = 0,93$; $n = 15$ espécies; $p < 0,0001$, Tab. 3.3). Além disso, pescadores superestimaram os tamanhos reprodutivos para duas espécies de mapará (*Hypophthalmus edentatus* e *H. marginatus*) e sarda (*Pellona sp.*) com um grande desvio padrão, demonstrando a falta de consenso quanto ao tamanho reprodutivo dessas espécies. Por último, o tucunaré também foi citado pelos pescadores e corresponde a duas espécies, sendo que o tamanho da espécie menor (*Cichla monoculus*) foi condizente com a literatura, já para a espécie maior não encontramos registro na literatura.

A época reprodutiva indicada pelos pescadores e descrita na literatura apresentou poucos consensos (apenas quatro concordâncias plenas = sim) e oito concordâncias parciais (Tab. 3.3). Nesse caso a checagem adicional com os dados registrados nos desembarques pesqueiros se mostra essencial para uma melhor determinação do período em que o peixe está ovado.

Etapa 3

Os peixes capturados abaixo do tamanho reprodutivo nos desembarques foram a dourada (*Brachyplatystoma rousseauxii*), o filhote (*B. filamentosum*), o Matrinchã (*Brycon sp.*) e o pacu (*Myleus sp.*, *Mylossoma sp.*) (Fig. 3.5). O jaraqui (*Semaprochilodus sp.*) e a pescada (*Plagioscion squamosissimus*), que são as espécies mais capturadas em biomassa e frequência (Fig. 3.4) foram capturadas no limite do seu tamanho reprodutivo (Fig. 3.5). Já o tucunaré (*Cichla monoculus* e *Cichla sp.*), que apresentou dois tamanhos reprodutivos distintos através da citação dos entrevistados (Tab. 3.3), apresentou tamanho de captura maior do que o tamanho reprodutivo existente na literatura científica (Fig. 3.5).

Etapa 4

A checagem adicional sobre o período em que as espécies estão ovadas entre o que foi citado nas entrevistas e o que foi registrado através dos desembarques pesqueiros parece bastante condizente entre si (Fig. 3.6), mas apresentou concordância parcial com os dados de literatura (Tab. 3.3). Por exemplo, o aracu (*Laemolyta sp.*,

Leporinus sp., *Schizodon sp.*) e o charuto (*Hemiodus sp.*) foram citados como ovados no período seco, o que foi registrado nos desembarques pesqueiros (Fig. 3.6), mas não condiz com o período reprodutivo registrado na literatura (Tab. 3.3). O mapará não apresentou ciclo hidrológico definido para desova nas entrevistas, nem nos desembarques, sendo registrado com ova em todas as épocas (Fig. 3.6), enquanto que a literatura científica se refere a três dos quatro períodos do ciclo hidrológico como períodos de desova dessa espécie (Tab. 3.3). O pacu foi mais citado pelos pescadores como ovado na seca e enchente, mas os desembarques indicam esse peixe ovado em todas as épocas do ano, isto é, desova parcelada, o que foi condizente com a literatura (Tab. 3.3). Já o tucunaré foi estatisticamente mais citado como ovado na enchente, mas também foi bastante citado nas outras épocas, condizendo com o que foi registrado nos desembarques pesqueiros (Fig. 3.6) e com o período de desova que consta na literatura, como sendo parcelado e no início de enchente (Tab. 3.3).

Tabela 3.3. Tamanho e época reprodutiva indicada pelos pescadores entrevistados e informações obtidas da literatura científica para as principais espécies capturadas na pesca do Baixo Rio Tapajós e a concordância entre as duas bases de dados.

Nome Comum	Nome Científico	Dados Entrevistas			Dados Literatura			Concordância entre dados de entrevistas e literatura	
		N respostas	Tamanho reprodutivo (cm)	Época Ovado*	Primeira maturação sexual literatura (cm)	Desova literatura	Referencia	Tamanho reprodutivo	Época Ovado**
Acaratinga***	<i>Geophagus sp.</i>	54	15,8 ± 4,7	Parcelada	12	Parcelada	Santos et al. 2004	Sim	Sim
Aracu	<i>Laemolyta sp., Leporinus sp., Schizodon sp.</i>	58	23,6 ± 6,6	Seca e enchente	18 ± 2,0	Total na enchente e cheia	Santos et al. 2004	Sim	Parcial
Branquinha	<i>Curimata sp., Cyphocharax sp., Potamorhina sp., Psectrogaster amazonica</i>	14	13,4 ± 3,6	Enchente	13	Total na enchente	Santos et al. 2004	Sim	Sim
Chaperema***	<i>Geophagus sp.</i>	51	12,3 ± 2,6	Cheia	12	Parcelada	Santos et al. 2004	Sim	Parcial
Charuto	<i>Hemiodus sp.</i>	22	15,9 ± 4,2	Seca	12,7 ± 1,5	Parcelada ou total na enchente	Santos et al. 2004	Sim	Parcial
Dourada	<i>Brachyplatystoma rousseauxii</i>	8	84,5 ± 8,3	-	85,1****	Enchente e vazante	Córdoba et al. 2013	Sim	NE
Filhote	<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>	7	75,0 ± 11,9	-	114,7****	Seca e enchente	Petrere et al. 2004	Não	NE
Jaraqui	<i>Semaprochilodus sp.</i>	62	21,7 ± 5,4	Enchente	22	Total na enchente	Santos et al. 2004	Sim	Sim
Mapará 1	<i>Hypophthalmus edentatus</i>	31	33,8 ± 10,1	Parcelada	22	Final seca e enchente	Santos et al. 2006	Não	Parcial
Mapará 2	<i>Hypophthalmus marginatus</i>	24	39,9 ± 9,2	Parcelada	32	Enchente e cheia	Santos et al. 2006	Sim	Parcial
Matrinchã	<i>Brycon sp.</i>	7	36,7 ± 14,3	-	32	Total na enchente	Santos et al. 2004, 2006	Sim	NE
Pacu	<i>Myleus sp., Mylossoma</i>	15	13,7 ± 5,0	Seca e	15,5 ± 1,3	Parcelado,	Santos et al.	Sim	Parcial

	<i>sp.</i>			enchente		seca e enchente Parcelada com pico na enchente	2004; Camargo e Lima Jr. 2007 Santos et al. 2004; Camargo e Lima Jr. 2007		
Pescada	<i>Plagioscion squamosissimus</i>	89	23,5 ± 7,8	Parcelada	22 ± 4,2			Sim	Sim
Sarda	<i>Pellona sp.</i>	15	42,1 ± 19,1	Parcelada	32	Total na seca e início da enchente	Santos et al. 2004	Parcial	Parcial
Tucunaré	<i>Cichla monoculus</i>	53	28,5 ± 6,8	Enchente	26	Parcelada e início enchente	Santos et al. 2004; Camargo e Lima Jr. 2007	Sim	Parcial
Tucunaré	<i>Cichla sp.</i>	45	48,9 ± 13,9	-	-	-	-	-	-

* Dados das entrevistas foram testados através do teste de Qui-quadrado com teste Z a posteriori para indicar qual a época do ano foi mais citada do que ao acaso. Quando a análise não apresentou resultado significativo em alguma época determinada foi considerada desova parcelada. Foram testados apenas os peixes com mais de 10 citações no total.

** NE = Não encontrado

*** Não foram identificados cientificamente como espécies diferentes, mas pescadores diferenciam inclusive no tamanho reprodutivo.

**** Tamanho se refere a média do tamanho da primeira maturação sexual de machos e fêmeas.

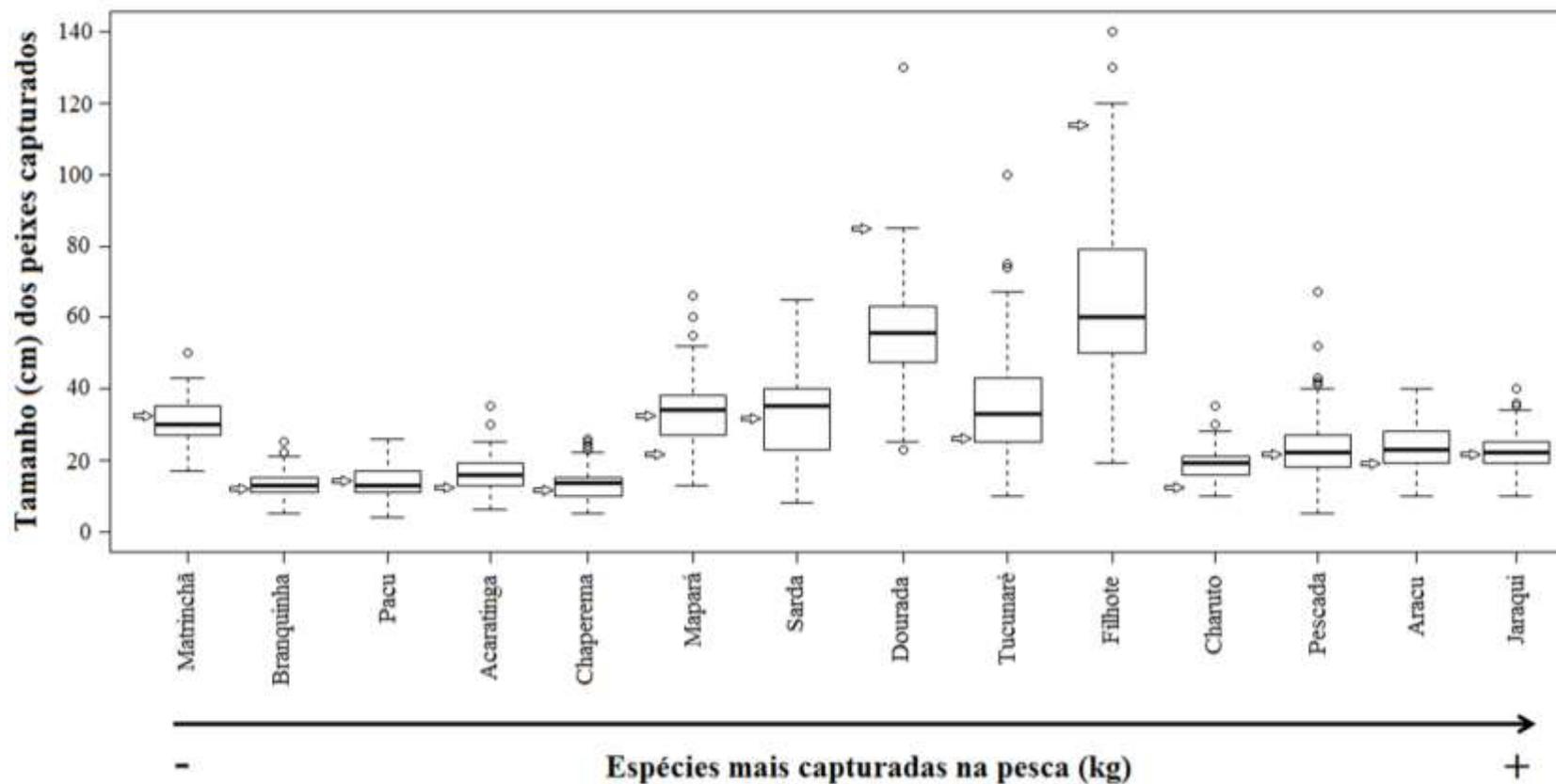


Figura 3.5. Variação no tamanho de captura dos peixes (baseado nos menores e maiores exemplares) registrados nos desembarques pesqueiros (n = 2013) no Baixo Rio Tapajós. As setas do lado esquerdo do boxplot indicam o tamanho da primeira maturação sexual (L_{50}) de cada espécie segundo literatura científica (Tab. 3.3). Os peixes estão ordenados de acordo com a abundância desembarcada (kg), indicada pela seta. Mediana (linha dentro da caixa), valor mínimo e máximo (linhas verticais) e a caixa representa os quartis (25% e 75%). Os círculos são valores considerados observações extremas (*outliers*).

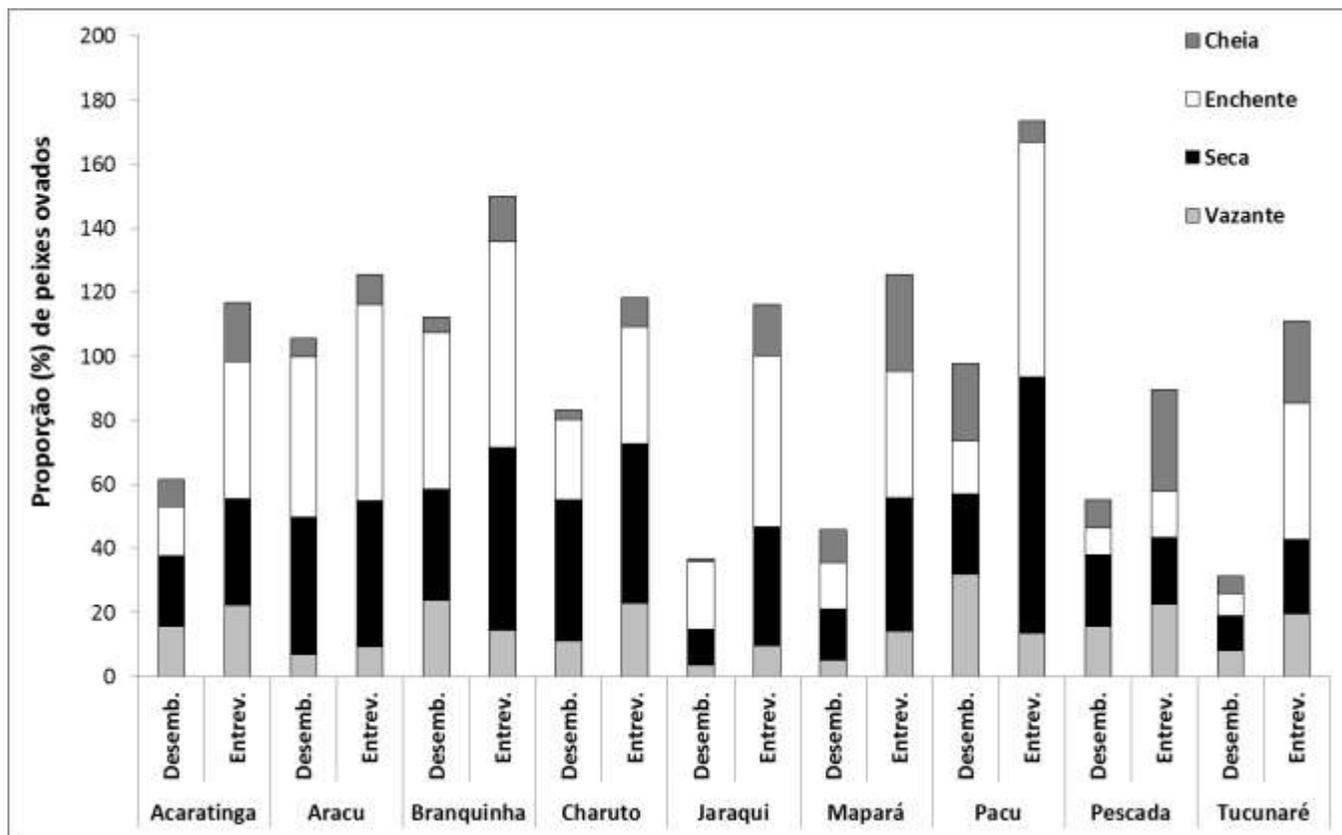


Figura 3.6. Proporção de ocorrência de peixes ovados em cada época do ciclo hidrológico nos desembarques pesqueiros (n = 2013) e segundo a frequência de citação nas entrevistas (n = 203, Tab. 3.3) no Baixo Rio Tapajós. Os ciclos hidrológicos correspondem aos seguintes meses: enchente (janeiro a março), cheia (abril a junho), vazante (julho a setembro) e seca (outubro a dezembro), de acordo com a média anual do nível do Rio Tapajós registrado pela Agência Nacional de Águas em Santarém-PA (ANA 2012). Foram plotados apenas os peixes que foram capturados e registrados ovados nos desembarques pesqueiros.

Discussão

Conhecimento ecológico local, desembarques pesqueiros e literatura científica: comparações e avaliação metodológica

Recentes estudos têm abordado o valor e a importância do conhecimento acumulado por populações locais e tradicionais em relação ao ambiente e recursos (Johannes et al., 2000; Diamond, 2001; Silvano & Valbo-Jorgensen, 2008; Huntington, 2011; Hallwass et al., 2013b). Esse conhecimento é acumulado por meio de experiências de vida e repassado através das gerações, geralmente de pai para filho (Diamond, 2001; Berkes & Turner, 2006; Hallwass et al., 2013b). Portanto, a elevada experiência de pesca dos entrevistados nesse estudo indica a importância de se considerar o conhecimento dos pescadores, que é oriundo de observações empíricas do ambiente ao longo do tempo, dificilmente obtidas em pesquisas científicas convencionais (Johannes et al., 2000; Ainsworth et al., 2008; Anadón et al., 2009).

Apesar da ampla experiência dos pescadores, é importante verificar a confiabilidade dos dados obtidos nas entrevistas. Sempre que possível, é interessante que se faça checagem das informações obtidas com o que já é conhecido na ciência ou mesmo com dados de coletas biológicas recentes, como, por exemplo, desembarques pesqueiros (O'Donnell et al., 2010; Le Fur et al., 2011; Hallwass et al., 2013b; Shepperson et al., 2014). Nesse estudo aplicamos abordagens metodológicas e analíticas para checar o conhecimento local, com o intuito de obter maior precisão nas propostas de prioridades de manejo pesqueiro. Metodologicamente, só foi investigado o tamanho e época reprodutiva das espécies de peixes que os pescadores citaram como mais capturadas. Dessa forma, se evitou fazer perguntas ecológicas mais específicas sobre espécies pouco capturadas pelos pescadores, buscando a minimização de possível viés e refinando a amostra (Shepperson et al., 2014). O rigor metodológico é relevante em pesquisas sobre o conhecimento ecológico de populações locais, sendo que esse método de pesquisa é muitas vezes criticado e mesmo negligenciado por cientistas limitados pela falta de treinamento adequado e por suas próprias barreiras socioculturais (Johannes et al., 2000; Huntington, 2000, 2011; Davis & Ruddle, 2010).

Nesse estudo no Rio Tapajós, o número de pescadores que soube responder sobre o conhecimento ecológico das espécies foi fortemente relacionado com a

frequência dos peixes nos desembarques, não havendo efeito perceptível do valor comercial das espécies no aumento do número de citações. O conhecimento ecológico local dos pescadores varia entre as espécies capturadas (Shepperson et al., 2014), geralmente sendo mais detalhado para as espécies alvos da pesca e com maior valor comercial (Poizat & Baran, 1997; Hallwass et al., 2013b). Por exemplo, os tucunarés que possuem porte médio e alto valor comercial na Amazônia (Hallwass et al., 2013b) foram tão citados quanto a acaratinga e a chaperema, que são peixes Ciclídeos de pequeno porte e com baixo valor comercial (Fig. 3.4a). Ainda, o número de citações de outras duas espécies com grande foco comercial na Amazônia, como o filhote (Petreire et al., 2004) e o jaraqui (Batista & Lima, 2010) foram fortemente condizentes com a frequência com que ocorreram nos desembarques pesqueiros amostrados no Rio Tapajós. Isso indica novamente a confiabilidade nas respostas dos informantes, além do caráter de subsistência da pesca no Baixo Tapajós e a alta importância dos peixes, independente do valor comercial, para a segurança alimentar de populações ribeirinhas amazônicas (Bayley & Petreire 1989; Batista et al. 1998; Béné et al., 2009; Isaac & Almeida, 2011).

Shepperson et al. (2014) sugerem forte influência do tamanho amostral em estudos envolvendo o conhecimento local de pescadores. Nós concordamos sobre a importância do tamanho amostral e rigor metodológico na amostragem do conhecimento local de pescadores, contudo dependendo do objetivo e pergunta, outras variáveis podem influenciar as respostas. Questões relacionadas à dieta, habitats, relações tróficas e rotas migratórias dos peixes, isto é, características relacionadas ao sucesso das capturas, tendem a ser mais conhecidas pelos pescadores (Silvano et al., 2006; Batista & Lima, 2010; Le Fur et al., 2011; Herbst & Hanazaki, 2014). Além da frequência de ocorrência das espécies nos desembarques pesqueiros, características ecológicas das espécies também devem ser consideradas. Por exemplo, espécies sedentárias como a pescada, o tucunaré, a acaratinga e a chaperema tendem a ser capturadas durante todo o ano no Rio Tapajós e assim tendem a ser mais conhecidas pelos pescadores. Além disso, espécies migratórias que completam seu ciclo de vida nos locais de pesca explorados pelos pescadores, como os Characiformes jaraqui, aracu e pacu, também são bastante conhecidas pelos pescadores. Esses peixes realizam migrações laterais da calha do rio para lagos de várzea para a desova (Fernandes, 1997; Batista & Lima, 2010).

Das espécies avaliadas, apenas o filhote (*Brachyplatystoma filamentosum*) foi citado abaixo do tamanho registrado na literatura, pois consideramos a média do tamanho de machos e fêmeas, que são relativamente diferentes. Segundo Petrere et al. (2004) o tamanho da primeira reprodução de machos de filhote é de 88 cm, enquanto que de fêmeas é de 141,5cm. Além disso, espécies de peixes que realizam longas migrações para as cabeceiras dos rios, como o filhote (Petrere et al., 2004) e o matrinhã (Santos et al., 2004, 2006), tendem a ser menos conhecidos. Portanto, a área de vida das espécies e sua probabilidade de serem capturadas na pesca tendem a ser relacionadas ao conhecimento ecológico local dos pescadores a respeito desses peixes.

O conhecimento local dos pescadores relacionado à época reprodutiva das espécies no Baixo Rio Tapajós apresentou, no geral, concordância parcial com a literatura científica (Tab. 3.3). Similar resultado foi encontrado na África, onde as informações oriundas dos pescadores sobre período reprodutivo não coincidiram com dados da literatura científica (Le Fur et al., 2011). Os resultados obtidos no presente estudo sobre a época reprodutiva das espécies podem ser devido a dois principais motivos: a) o baixo número amostral para cada espécie analisada, associado ao rigor estatístico da análise dos dados das entrevistas podem estar influenciando os resultados (Shepperson et al., 2014), apesar de não haverem discordâncias entre as informações; e b) através da checagem adicional, apesar de apenas visual, é possível notar grande concordância entre a proporção das épocas citadas como ocorrendo peixe ovado e a ocorrência dos peixes ovados nos desembarques (Fig. 3.6). Essa concordância se deve principalmente à grande proporção de peixe ovado nos períodos de seca e enchente, enquanto que a literatura se refere principalmente aos períodos de enchente e cheia, o que gerou concordância parcial entre os dados de entrevistas e da literatura. Entretanto, isso pode ser resultado de diferenças metodológicas na coleta dos dados e descrição dos resultados. Por exemplo, foi perguntado aos pescadores e solicitado que fosse registrado nos desembarques quando o peixe está ovado, enquanto que na literatura é apresentado o período de desova dos peixes. Devido a isso, os pescadores possivelmente relataram e registraram os peixes ovados desde o início da maturação gonadal. Percepções podem diferir entre as pessoas, portanto, compreender o entendimento e a percepção do entrevistado quanto ao ambiente e usos dos recursos demonstra ser parte fundamental do rigor metodológico do estudo (Aswani, 2010; Daw, 2010). O tempo de maturação das espécies neotropicais é bastante variável e relacionado às suas características ecológicas e às condições ambientais (Winemiller, 1989; Godinho et al., 2010), além de

serem ainda pouco conhecidos pela literatura científica (Begossi, 2014). Além disso, no período cheio, quando ocorre boa parte da desova segundo a literatura, é quando a pesca Amazônica tende a ser menos produtiva devido ao grande volume de água nos rios e áreas alagadas, dificultando a captura das espécies (Cerdeira et al., 2000; MacCord et al., 2007; Isaac et al., 2008) e reduzindo a frequência de interação entre os pescadores e os peixes, fator que influencia no conhecimento da ecologia das espécies.

Recomendações e prioridades para o manejo pesqueiro

A aplicação do conhecimento local de pescadores na implementação de regras de manejo demonstra ser particularmente importante em regiões tropicais onde poucos dados são disponíveis (Johannes, 1998; Silvano & Valbo-Jorgensen, 2008; Leite & Gasalla, 2013; Fisher et al., 2014; Shepperson et al., 2014). Pescadores citaram corretamente as principais espécies capturadas na pesca no Baixo Rio Tapajós. Dessa forma, as entrevistas podem indicar as espécies de peixes mais suscetíveis à pressão pesqueira, informação básica e imprescindível para o manejo pesqueiro (Johannes, 1998; Begossi, 2008; Hallwass et al., 2013b). Os pescadores demonstraram possuir conhecimento ecológico sobre o tamanho reprodutivo das espécies de peixes mais capturadas. Inclusive, a tendência geral da média dos tamanhos citados pelos pescadores ser um pouco maior do que os tamanhos descritos na literatura (Tab. 3.3) confere segurança para a aplicação e aceitação de regra de manejo relacionada ao tamanho mínimo de captura, que é baseada no tamanho mínimo reprodutivo (Cooke & Cowx, 2006; Garcia et al. 2012). Regras de tamanhos mínimos já são amplamente utilizadas para diversas espécies na Amazônia (Batista & Lima, 2010; Castello et al., 2011), portanto, os resultados desse estudo indicam a possibilidade de entendimento biológico, e consequente aceitação e cumprimento desse tipo de regra de manejo por parte dos pescadores (Nielsen & Mathiesen, 2003; Batista & Lima, 2010).

As espécies que recebem maior pressão pesqueira no Baixo Rio Tapajós, tanto em abundância (jaraqui) como em frequência (pescada) têm sido capturadas no limite do tamanho mínimo reprodutivo (Fig. 3.5). Nesse sentido, essas espécies devem receber prioridade nas formulações de regras de manejo pesqueiro, devido à sua importância para a manutenção da segurança alimentar das populações ribeirinhas estudadas. Contudo, essas espécies possuem características ecológicas distintas. A pescada é uma espécie sedentária assim como o tucunaré e, portanto, mais facilmente manejada

localmente através de regras de tamanhos mínimos de captura ou mesmo outros tipos de regras estabelecidas pelas próprias comunidades ribeirinhas no sistema de co-manejo, como áreas protegidas em lagos (Batista & Lima, 2010; Corrêa et al., 2014; Silvano et al., 2014). Por outro lado, espécies migradoras são capturadas sazonalmente, o que dificulta o manejo local e mesmo a implementação de regras de tamanho mínimo, visto que a região pode ser área de berçário e crescimento para algumas dessas espécies, como os grandes bagres (Petrere et al., 2004; Fabré & Barthem, 2005; Nunes, 2014). Portanto, para essas espécies, regras relacionadas a quotas de captura ao longo das rotas de migração, bem como proteção das áreas de maior vulnerabilidade durante sua migração, parecem ser as medidas mais apropriadas (Barthem & Goulding, 1997; Corrêa et al., 2014). Ainda, o tipo de migração pode variar entre as espécies, como migrações laterais para lagos de várzea realizadas por jaraquis ou migrações longitudinais ao longo da calha dos grandes rios (dourada e filhote) e essas diferenças também devem ser consideradas na implementação de planos de manejo pesqueiro. Nesse sentido, buscando aperfeiçoar as regras de manejo e tornar a gestão dos recursos mais realista e efetiva, deve-se abordar as características ecológicas e ciclo de vida das espécies (Tab. 3.4), priorizando localmente o manejo das espécies sedentárias através do tamanho mínimo reprodutivo, o qual é bem conhecido pelos pescadores. Tais regras devem ser implementadas preferencialmente em sistemas de co-manejo, nos quais as comunidades ribeirinhas sugerem, implementam, gerenciam e fiscalizam as regras de manejo com apoio institucional dos órgãos ambientais e instituições de pesquisa (Lopes et al. 2011). Já, para espécies de peixes com grandes áreas de vida, que realizam diferentes tipos de migrações (laterais ou longitudinais), as regras de manejo são mais desafiadoras, como por exemplo, o estabelecimento de quotas de captura e a necessidade de uma abordagem ecossistêmica integrada, identificando áreas de maior vulnerabilidade do ciclo de vida dessas espécies. Portanto, a criação de áreas protegidas fluviais, similares ao que ocorre no ambiente marinho (Gell & Roberts, 2003; Russ et al., 2004), é uma alternativa para o manejo e conservação de espécies migratórias e sedentárias. Áreas protegidas em lagos estabelecidas em sistemas de co-manejo têm sido eficazes em outros rios da Amazônia brasileira (Silvano et al. 2009, 2014).

Além disso, as espécies de peixes que realizam grandes migrações para as cabeceiras dos rios para a desova, como o filhote (*Brachyplatystoma filamentosum*) e a dourada (*B. rousseauxii*), podem ser fortemente prejudicadas com a construção das usinas hidrelétricas planejadas para o Rio Tapajós, gerando impactos na pesca e

segurança alimentar das populações ribeirinhas do Baixo Rio Tapajós (Fearnside, 2014, 2015). Além dos grandes bagres, peixes de escama migradores, como o jaraqui, que foi a espécie mais citada e mais capturada no Baixo Rio Tapajós, também tendem a ser afetados pela construção de hidrelétricas. Por exemplo, no Baixo Rio Tocantins, Amazônia Brasileira, uma espécie de jaraqui (*Semaprochilodus brama*) foi regionalmente extinta à jusante da hidrelétrica de Tucuruí, segundo o conhecimento dos pescadores e dados de desembarques pesqueiros atuais e anteriores ao barramento (Hallwass et al., 2013b).

Apesar da época de desova (cheia) ser um momento mais crítico para o recrutamento das espécies, o período seco, quando os peixes estão mais facilmente disponíveis para a captura, também deve ser considerado em planos de manejo pesqueiro. Assim, os dados apresentados aqui reforçam que o conhecimento local pode servir de base para preencher lacunas científicas ou mesmo propor novas hipóteses a serem testadas, principalmente em ambientes tropicais carentes de informações (Johannes, 1998; Huntington, 2000, 2011; Silvano & Valbo-Jorgensen, 2008). Na Amazônia e no Brasil a pesca é limitada durante o período reprodutivo das espécies, chamado de defeso. Nesse período os pescadores profissionais recebem um salário mínimo, a fim de compensar seus custos pela perda de oportunidade de pesca, o que pode ser considerado um sistema de pagamentos por serviços ambientais (Begossi et al., 2011). No entanto, tal sistema tem sido considerado não efetivo na redução da pressão pesqueira sobre os estoques explorados (Corrêa et al., 2014). Portanto, como os pescadores já recebem uma compensação financeira durante o defeso, esse período seria um momento ideal para o estímulo e mesmo obrigação de reuniões, cursos e oficinas entre os pescadores, a fim de estimular a discussão sobre as regras de pesca, conhecimento ecológico sobre as espécies e mesmo formas de manejo e co-manejo dos recursos. Ainda, outros objetivos das reuniões e discussões sobre o conhecimento local dos pescadores seriam a criação de coesão social e a formação de lideranças comunitárias, que são fatores chaves para o sucesso de programas de co-manejo ao redor do mundo (Gutiérrez et al., 2011). Como resultado esperado, a organização e criação de novos sistemas de co-manejo na Amazônia e no Brasil pode ser o caminho mais rápido e efetivo para o sucesso da gestão pesqueira dos recursos (Almeida et al., 2009; Batista & Lima, 2010; Corrêa et al., 2014; Silvano et al., 2014).

Tabela 3.4. Sugestões de prioridade de manejo baseado nos resultados obtidos e discutidos nesse estudo sobre a pesca e conhecimento ecológico local de pescadores do Baixo Rio Tapajós, Amazônia Brasileira.

Regra	Espécies alvo	Objetivo	Forma de gestão
<i>Estabelecimento de tamanhos mínimos de captura</i>	Sedentárias e migratórias de curta distância: tucunaré, pescada, aracu, pacu, acaratinga, chaperema, branquinha, mapará	Garantir reprodução	Co-manejo: pescadores atuam no estabelecimento, gerenciamento e cumprimento das regras em lagos e igarapés próximos às comunidades
<i>Quotas de capturas</i>	Migratórias de média e longa distância: jaraqui, Matrinchã, dourada, filhote	Estabilidade da pressão sobre espécies capturadas abaixo do tamanho mínimo ou em rotas migratórias	Co-manejo em comunidades ribeirinhas e fiscalização em portos comerciais
<i>Fechamento sazonal da pesca (defeso)</i>	Todas em período reprodutivo	Rever e discutir com pescadores épocas reprodutivas e de desova mais apropriadas para as principais espécies; garantir recrutamento das espécies	Reuniões e oficinas com pescadores para melhor definir os períodos de defeso, incentivo à organização social e aproveitamento do seguro defeso recebido pelos pescadores nesse período

Conclusão

A abordagem proposta nesse estudo, em que comparamos dados de conhecimento local, literatura científica e desembarques pesqueiros coletados através de método participativo, se mostrou útil para indicar prioridades de manejo na região do Baixo Rio Tapajós. Tal abordagem pode subsidiar um sistema sócio ecológico mais amplo aplicado ao manejo da pesca (Begossi et al., 2012). Pescadores apresentaram conhecimento sobre o tamanho reprodutivo das espécies, mas houve concordância parcial entre o período reprodutivo citado por pescadores e a literatura científica. Portanto, ressaltamos a importância de haver claros critérios com objetivo de comparar diferentes metodologias de dados.

O conhecimento ecológico local dos pescadores deve ser incluso nas medidas de manejo pesqueiro na região do Baixo Rio Tapajós, bem como devem ser abordadas as diferenças ecológicas e de história de vida das espécies de peixes capturadas (Tab. 3.4).

O período de defeso poderia ser aproveitado para o estímulo da organização social dos pescadores, visando a elaboração e implementação de regras de pesca condizentes com os saberes locais em sistemas de co-manejo (Tab. 3.4), buscando um aumento do entendimento, aceitação e efetividade das regras estabelecidas. A inclusão do conhecimento de populações locais na elaboração de regras de manejo adiciona novas informações e ideias, aumenta o nível de conservação e reduz conflitos, além de gerar decisões mais robustas, duráveis e de alta qualidade (Johannes et al. 2000; Reed, 2008).

Agradecimentos

Nós agradecemos aos pescadores entrevistados e que registraram sua pesca pela valiosa e inestimável cooperação. Ao Márcio L. F. Rato e Moisés U. S. Nunes pelo auxílio no trabalho de campo, ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO) pela licença para realizar a pesquisa dentro das Unidades de Conservação. A Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado de Gustavo Hallwass, a PROCAD/CAPES pelo financiamento da pesquisa, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade em pesquisa de R.A.M. Silvano e ao Programa de Pós Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo apoio financeiro ao estudo.

Referências

- Ainsworth, C.H., Pitcher, T.J., Rotinsulu, C. 2008. Evidence of fishery depletions and shifting cognitive baselines in Eastern Indonesia. *Biological Conservation* 141, 848-859.
- Allan, J.D., Abell, R., Hogan, Z., Revenga, C., Taylor, B.W., Welcomme, R.L., Winemiller, K. 2005. Overfishing of inland waters. *BioScience* 55, 1041-1051.
- Almeida, O.T., Lorenzen, K., McGrath, D., 2009. Fishing agreements in the lower Amazon: for gain and restraint. *Fisheries Management and Ecology* 16, 61-67.
- ANA (Agência Nacional de Águas, Brasil). 2012. Monitoramento hidrológico de 2012 – Santarém (Rio Tapajós). *HidroWeb: sistemas de informações hidrológicas*. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 01 de setembro de 2014.
- Anadón, J.D., Giménez, A., Ballestar, R., Pérez, I. 2009. Evaluation of Local Ecological Knowledge as a Method for Collecting Extensive Data on Animal Abundance. *Conservation Biology* 23, 617-625.

- Anticamara, J.A., Watson R., Gelchu A., Pauly, D. 2011. Global fishing effort (1950–2010): Trends, gaps, and implications. *Fisheries Research* 107, 131-136.
- Aswani, S. 2010. How does the accuracy of fisher knowledge affect seahorse conservation status? (Commentary). *Animal Conservation* 13, 538.
- Barthem, R.B., Goulding, M. 1997. *The catfish connection: ecology, migration and conservation of Amazon predators*. New York, NY: Columbia University Press.
- Batista, V.S., Inhamuns, A.J., Freitas, C.E.C. Freire-Brasil, D. 1998. Characterisation of the fishery in riverine communities in the Low-Solimões/High-Amazon region. *Fisheries Management and Ecology* 5, 101-117.
- Batista, V.S., Lima, L.G. 2010. In search of traditional bio-ecological knowledge useful for fisheries co-management: the case of jaraquis *Semaprochilodus spp.* (Characiformes, Prochilodontidae) in Central Amazon, Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 6, 15.
- Bayley, P.B. & Petrere, M. 1989. Amazon fisheries: assessment methods, current status and management points. In D.P. Dodge (Ed.) *Proceedings of the international large river symposium*, pp. 385-398. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, 106.
- Begossi, A. 2008. Local knowledge and training towards management. *Environment, Development and Sustainability* 10, 591-603.
- Begossi, A., May, P.H., Lopes, P.F., Oliveira, L.E.C., Vinha, V., Silvano, R.A.M. 2011. Compensation for environmental services from artisanal fisheries in SE Brazil: Policy and technical strategies. *Ecological Economics* 71, 25-32.
- Begossi, A., Salyvonchik, S., Nora, V., Lopes, P.F., Silvano, R.A.M. 2012. The paraty artisanal fishery (southeastern Brazilian coast): ethnoecology and management of a social-ecological system (SES). *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 8, 22.
- Begossi, A. 2014. Local ecological knowledge (LEK): understanding and managing fisheries. In Fischer et al. (Eds), *Fischers' knowledge and the ecosystem approach to fisheries: applications, experiences and lessons in Latin America*, pp. 7-18. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 591. Rome, FAO.
- Béné, C., Steel, E., Luadia, B.K., Gordon, A. 2009. Fish as the “bank in the water”– Evidence from chronic-poor communities in Congo. *Food Policy* 34, 108-118.
- Berkes, F., Turner, N.J. 2006. Knowledge, learning and the evolution conservation practice for social-ecological system resilience. *Human Ecology* 34, 479-494.
- Birkeland, C., Dayton, P.K. 2005. The importance in fishery management of leaving the big ones. *TRENDS in Ecology and Evolution* 20(7), 356-358.
- Camargo, M., Lima Jr., W.M.A. 2007. Aspectos da biologia reprodutiva de seis espécies de peixes de importância comercial do Médio Rio Xingu – bases para seu manejo. *Uakari* 3, 64-77.
- Castello, L., McGrath, D.G., Beck, P.S.A. 2011. Resource sustainability in small-scale fisheries in the Lower Amazon floodplains. *Fisheries Research* 110, 356-364.
- Cordeira, R.G.P., Ruffino, M.L., Isaac, V.J., 2000. Fish catches among riverside communities around Lago Grande de Monte Alegre, Lower Amazon, Brazil. *Fisheries Management and Ecology* 7, 355-373.

- Cinner, J.E., Aswani, S. 2007. Integrating customary management into marine conservation. *Biological Conservation* 140, 201-216.
- Cooke, S.J., Cowx, I.G. 2006. Contrasting recreational and commercial fishing: searching for common issues to promote unified conservation of fisheries resources and aquatic environments. *Biological Conservation* 128, 93-108.
- Córdoba, E.A., León, A.V.J., Bonilla-Castillo, C.A., Petrere Jr., M., Peláez, M., Duponchelle, F. 2013. Breeding, growth and exploitation of *Brachyplatystoma rousseauxii* Castelnau, 1855 in the Caqueta River, Colombia. *Neotropical Ichthyology*, 11(3), 637-647.
- Corrêa, M.A.A., Kahn, J.R., Freitas, C.E.C. 2014. Perverse incentives in fishery management: The case of the defeso in the Brazilian Amazon. *Ecological Economics* 106, 186-194.
- Davis, A., Ruddle, K. 2010. Creating confidence: rational skepticism and systematic enquiry in local ecological knowledge research. *Ecological Applications* 20, 880-894.
- Danielsen, F., Burgess, N.D., Jensen, P.M., Pirhofer-Walzl, K. 2010. Environmental monitoring: the scale and speed of implementation varies according to the degree of people's involvement. *Journal of Applied Ecology* 47, 1166-1168.
- Daw, T.M. 2010. Shifting baselines and memory illusions: what should we worry about when inferring trends from resource user interviews? (Commentary). *Animal Conservation* 13, 534-535.
- De Graaf, G., Bartley, D., Jorgensen, J., Marmulla, G. 2015. The scale of inland fisheries, can we do better? Alternative approaches for assessment. *Fisheries Management and Ecology* 22, 64-70.
- Diamond, J. 2001. Unwritten knowledge. *Nature* 410, 521.
- Fabré, N.N., Barthem, R.B. 2005. O manejo da pesca dos grandes bagres migradores: piramutaba e dourada no eixo Solimões-Amazonas. Manaus: Ibama, ProVárzea.
- Fearnside, P.M. 2014. Impacts of Brazil's Madeira River dams: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. *Environmental Science & Policy* 38, 164-172.
- Fearnside, P.M. 2015. Amazon Dams and Waterways: Brazil's Tapajós Basin Plans. *Ambio* (in press), doi: 10.1007/s13280-015-0642-z
- Fernandes, C.C. 1997. Lateral migrations of fishes in Amazon floodplains. *Ecology of Freshwater Fish* 6, 6-44.
- Fischer, J., Jorgensen, J., Josupeit, H., Kalikoski, D., & Lucas, C.M., ed. (2014) Fishers' knowledge and the ecosystem approach to fisheries: applications, experiences and lessons in Latin America. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 591. Rome, FAO. 278 pp.
- Fulton, E.A., Smith, A.D.M., Smith, D.C., van Putten, I.E. 2011. Human behaviour: the key source of uncertainty in fisheries management. *Fish and Fisheries* 12, 2-17.
- Garcia, A., Tello, S., Vargas, G., Duponchelle, F. 2009. Patterns of commercial fish landings in the Loreto region (Peruvian Amazon) between 1984 and 2006. *Fish Physiology and Biochemistry* 35, 53-67.

- Garcia, S.M., Kolding, J., Rice, J., Rochet, M.-J., Zhou, S., Arimoto, T., Beyer, J.E., Borges, L., Bundy, A., Dunn, D., Fulton, E.A., Hall, M., Heino, M., Law, R., Makino, M., Rijnsdorp, A.D., Simard, F., Smith, A.D.M. 2012. Reconsidering the Consequences of Selective Fisheries. *Science* 335, 1045-1047.
- Gell, F.R., Roberts, C.M. 2003. Benefits beyond boundaries: the fishery effects of marine reserves. *TRENDS in Ecology and Evolution* 18(9), 448-455.
- Godinho, A.L., Lamas, I.R., Godinho, H.P. 2010. Reproductive ecology of Brazilian freshwater fishes. *Environmental Biology of Fishes* (2010) 87:143–162
- Gutiérrez, N.L., Hilborn, R., Defeo, O. 2011. Leadership, social capital and incentives promote successful fisheries. *Nature* 470, 386-389.
- Hallwass, G., Lopes, P.F.M., Juras, A.A., Silvano, R.A.M., 2011. Fishing effort and catch composition of urban market and rural villages in Brazilian Amazon. *Environmental Management* 47, 188-200.
- Hallwass, G., Lopes, P.F.M., Juras, A.A., Silvano, R.A.M. 2013a. Behavioral and environmental influences on fishing rewards and the outcomes of alternative management scenarios for large tropical rivers. *Journal of Environmental Management* 128, 274-282.
- Hallwass, G., Lopes, P.F.M., Juras, A.A., Silvano, R.A.M. 2013b. Fishers' knowledge identifies environmental changes and fish abundance trends in impounded tropical rivers. *Ecological Applications* 23, 392-407.
- Herbst, D.F., Hanazaki, N. 2014. Local ecological knowledge of fishers about the life cycle and temporal patterns in the migration of mullet (*Mugil liza*) in Southern Brazil. *Neotropical Ichthyology* 12, 879-890.
- Hilborn, R. 2007a. Reinterpreting the State of Fisheries and their Management. *Ecosystems* 10, 1362-1369.
- Hilborn, R. 2007b. Managing fisheries is managing people: what has been learned? *Fish and Fisheries* 8, 285-296.
- Huntington, H.P. 2000. Using traditional ecological knowledge in science: methods and applications. *Ecological Applications* 10, 1270-1274.
- Huntington, H.P. 2011. The local perspective. *Nature* 478, 182-183.
- Isaac, V.J., Silva, C.O., Ruffino, M.L. 2008. The artisanal fishery fleet of the lower Amazon. *Fisheries Management and Ecology* 15, 179-187.
- Isaac, V.J., Almeida, M.C. 2011. El consumo de pescado en la Amazonía Brasileña. Rome, FAO.
- Jackson, J.B.C., Kirby, M.X., Berger, W.H., Bjorndal, K.A., Botsford, L.W., Bourque, B.J., Bradbury, R.H., Cooke, R., Erlandson, J., Estes, J.A., Hughes, T.P., Kidwell, S., Lange, C.B., Lenihan, H.S., Pandolfi, J.M., Peterson, C.H., Steneck, R.S., Tegner, M.J., Warner, R.R. 2001. Historical Overfishing and the Recent Collapse of Coastal Ecosystems. *Science* 293, 629-638.
- Johannes, R.E. 1998. The case for data-less marine resource management: examples from tropical nearshore finfisheries. *Trends in Ecology and Evolution* 13, 243-246.
- Johannes, R.E., Freeman, M.M.R., Hamilton, R.J. 2000. Ignore fishers' knowledge and miss the boat. *Fish and Fisheries* 1, 257-271.

- Le Fur, J., Guilavogui, A., Teitelbaum, A. 2011. Contribution of local fishermen to improving knowledge of the marine ecosystem and resources in the Republic of Guinea, West Africa. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 68, 1454-1469.
- Leite, M.C.F., Gasalla, M.A. 2013. A method for assessing fishers' ecological knowledge as a practical tool for ecosystem-based fisheries management: Seeking consensus in Southeastern Brazil. *Fisheries Research* 145, 43-53.
- Lopes, P.F.M., Silvano, R.A.M., Begossi, A. 2011. Extractive and Sustainable Development Reserves in Brazil: resilient alternatives to fisheries? *Journal of Environmental Planning and Management* 54, 421-443.
- MacCord, P.F.L., Silvano, R.A.M., Ramires, M., Clauzet, M., Begossi, A. 2007. Dynamics of artisanal fisheries in two Brazilian Amazonian reserves: implications to co-management. *Hydrobiologia* 583, 365-376.
- Mace, P.M. 2001. A new role for MSY in single-species and ecosystem approaches to fisheries stock assessment and management. *Fish and Fisheries* 2, 2-32.
- McClenachan, L., Ferretti, F., Baum, J.K. 2012. From archives to conservation: why historical data are needed to set baselines for marine animals and ecosystems. *Conservation Letters* 5, 349-359.
- Merona, B., Bittencourt, M.M. 1988. A pesca na Amazônia através dos desembarques no mercado de Manaus: resultados preliminares. *Sociedade de Ciências Naturales La Salle* 48, 433-453.
- Nielsen, J.R., Mathiesen, C. 2003. Important factors influencing rule compliance in fisheries lessons from Denmark. *Marine Policy* 27, 409-416.
- Nunes, M.U.S. 2014. Conhecimento ecológico local de pescadores sobre os padrões migratórios de peixes em um rio tropical. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.
- O'Donnell, K.P., Pajaro, M.G., Vincent, A.C.J. 2010. How does the accuracy of fisher knowledge affect seahorse conservation status? *Animal Conservation* 13, 526-533.
- Pauly, D., Christensen, V., Guénette, S., Pitcher, T.J., Sumaila, U.R., Walters, C.J., Watson, R., Zeller, D. 2002. Towards sustainability in world fisheries. *Nature* 418, 689-695.
- Petriere, M.Jr., Barthem, R.B., Córdoba, E.A., Gómez, B.C. 2004. Review of the large catfish fisheries in the upper Amazon and the stock depletion of piraíba (*Brachyplatystoma filamentosum*, Lichtenstein). *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 14, 403-414.
- Pinnegar, J. K., Engelhard, G.H.. 2007. The 'shifting baseline' phenomenon: a global perspective. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 18, 1-16.
- Poizat, G., Baran, E. 1997. Fishermen's knowledge as background information in tropical fish ecology: a quantitative comparison with fish sampling results. *Environmental Biology of Fishes* 50, 435-449.
- Reed, M.S. 2008. Stakeholder participation for environmental management: A literature review. *Biological Conservation* 141, 2417-2431.
- Roberts, C.M. 1997. Ecological advice for the global fisheries crisis. *TRENDS in Ecology and Evolution* 12(1), 35-38.

- Russ, G.R., Alcala, A.C., Maypa, A.P., Calumpong, H.P., White, A.T. 2004. Marine reserve benefits local fisheries. *Ecological Applications* 14(2), 597-606.
- Salas, S., Gaertner, D. 2004. The behavioral dynamics of fishers: management implications. *Fish and Fisheries* 5, 53-67.
- Santos, G.M., de Mérona, B., Juras, A.A., Jégu, M. 2004. Peixes do Baixo Rio Tocantins: 20 anos depois da Usina Hidrelétrica de Tucuruí. Brasília, Brazil: Eletronorte.
- Santos, G.M., Ferreira, E.J.G., Zuanon, J.A.S. 2006. Peixes comerciais de Manaus. Manaus, Brazil: Ibama, ProVárzea.
- Schaefer, M.B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. *Bull. Inter-American Tropical Tuna Commission* 1, 27-56.
- Schiermeier, Q. 2002. How many more fish in the sea? *Nature* 419, 662-665.
- Shepperson, J., Murray, L.G., Cook, S., Whiteley, H., Kaiser, M.J. 2014. Methodological considerations when using local knowledge to infer spatial patterns of resource exploitation in an Irish Sea fishery. *Biological Conservation* 180, 214-223.
- Silva, M.R.O., Lopes, P.F.M. 2015. Each fisherman is different: Taking the environmental perception of small-scale fishermen into account to manage marine protected areas. *Marine Policy* 51, 347-355.
- Silvano, R.A.M., MacCord, P.F.L., Lima, R.V., Begossi, A. 2006. When does this fish spawn? Fishermen's local knowledge of migration and reproduction of Brazilian coastal fishes. *Environmental Biology Fishes* 76, 371-386.
- Silvano, R.A.M., Valbo-Jorgensen, J. 2008. Beyond fishermen's tales: contributions of fishers' local ecological knowledge to fish ecology and fisheries management. *Environment, Development and Sustainability* 10, 657-675.
- Silvano, R.A.M., Silva, A.L., Cerone, M., Begossi, A. 2008. Contributions of Ethnobiology to the conservation of tropical rivers and streams. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems* 18, 241-260.
- Silvano, R.A.M., Ramires, M., Zuanon, J. 2009. Effects of fisheries management on fish communities in the floodplain lakes of a Brazilian Amazonian Reserve. *Ecology of Freshwater Fish* 18, 156-66.
- Silvano, R.A.M., Hallwass, G., Lopes, P.F., Ribeiro, A.R., Lima, R.P., Hasenack, H., Juras, A.A., Begossi, A. 2014. Co-management and Spatial Features Contribute to Secure Fish Abundance and Fishing Yields in Tropical Floodplain Lakes. *Ecosystems* 17, 271-285.
- Smith, M.D., Roheim, C.A., Crowder, L.B., Halpern, B.S., Turnipseed, M., Anderson, J.L., Asche, F., Bourillón, L., Guttormsen, A.G., Khan, A., Liguori, L.A., McNevin, A., O'Connor, M.I., Squires, D., Tyedmers, P., Brownstein, C., Carden, K., Klinger, D.H., Sagarin, R., Selkoe, K.A. 2010. Sustainability and Global Seafood. *Science* 327, 784-786.
- Stewart, K.R., Lewison, R.L., Dunn, D.C., Bjorkland, R.H., Kelez, S., Halpin, P.N., Crowder, L.B. 2010. Characterizing Fishing Effort and Spatial Extent of Coastal Fisheries. *PLoS ONE* 5(12), e14451.

- Teh, L.C.L, Sumaila, U.R. 2013. Contribution of marine fisheries to worldwide employment. *Fish and Fisheries* 14, 77-88.
- Welcomme, R. 1985. *River Fisheries*. Rome, FAO.
- 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 B* 365, 2881-2896.
- Winemiller, K.O. 1989. Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia* 81, 225-241.
- Worm, B., Barbier, E.B., Beaumont, N., Duffy, J.E., Folke, C., Halpern, B.S., Jackson, J.B.C., Lotze, H.K., Micheli, F., Palumbi, S.R., Sala, E., Selkoe, K.A., Stachowicz, J.J., Watson, R. 2006. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science* 314, 787-790.
- Worm, B., Hilborn, R., Baum, J.K., Branch, T.A., Collie, J.S., Costello, C., Fogarty, M.J., Fulton, E.A., Hutchings, J.A., Jennings, S., Jensen, O.P., Lotze, H.K., Mace, P.M., McClanahan, T.R., Minto, C., Palumbi, S.R., Parma, A.M., Ricard, D., Rosenberg, A.A., Watson, R., Zeller, D. 2009. Rebuilding Global Fisheries. *Science* 325, 578-585.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesca Amazônica analisada apresenta escassez de dados e, portanto, se encaixa na proposta de abordagem de manejo com poucos dados “data-less management” (Johannes 1998). Nesse sentido, informações do conhecimento ecológico local (CEL) de usuários de recursos, como pescadores, tende a incorporar o conhecimento de muitas gerações *in loco*, além de ser o reflexo de observações de longo prazo dificilmente obtidas em pesquisas científicas convencionais (Johannes et al. 2000; Ainsworth et al. 2008; Anadón et al. 2009). Portanto, o CEL de pescadores deve ser aplicado na formulação de medidas de manejo visando à redução de conflitos, melhor entendimento, aceitação e efetividade das regras estabelecidas (Huntington 2000, 2011; Silvano et al. 2006, 2008; Begossi 2008; Reed 2008).

A maioria das pescarias Amazônicas estudadas (46 locais) exploram poucas espécies alvo, mas a seletividade pode diferir de acordo com o propósito da pesca (comercial e subsistência) e entre as regiões Amazônicas. Assim, as políticas públicas e o manejo pesqueiro na Bacia Amazônica devem considerar tanto o nível de ecossistema (impactos ambientais) e características ecológicas das principais espécies exploradas.

Neste estudo fomos pioneiros na abordagem e avaliação de mudanças na composição das principais espécies capturadas ao longo do tempo, através do CEL de pescadores no Baixo Rio Tapajós, Amazônia brasileira. Geralmente, estudos abordando mudança temporal através do CEL focam na variação da abundância de determinadas espécies e não na composição geral das capturas como fizemos aqui (Saéñz-Arroyo et al. 2005; Ainsworth et al. 2008; Lozano-Montes et al. 2008; Turvey et al. 2010; McClenachan et al. 2012; Bender et al. 2014; Giglio et al. 2014). Nós identificamos a redução de abundância das maiores espécies e a substituição por espécies de menor porte no Baixo Rio Tapajós, como previsto para pescarias tropicais multiespecíficas sob forte nível de exploração através do “*fishing down process*” (Welcomme 1999). O CEL de pescadores mostrou-se eficiente na avaliação das mudanças temporais na abundância dos maiores peixes, como o pirarucu (*Arapaima gigas*), tambaqui (*Colossoma macropomum*) e tucunaré (*Cichla* spp.), mas também de espécies menos conspícuas, porém importantes para a segurança alimentar das comunidades ribeirinhas, como acará (Cichlidae, várias espécies) e bararuá (*Uaru amphiacanthoides*). Além disso, constatamos através das entrevistas o desenvolvimento nas tecnologias de pesca ao

longo do tempo, como canoas a motor e artes de pesca que permitiram a ampliação da área de pesca, aumento de esforço e exploração de novas espécies, tanto de grande como médio porte, na calha do Rio Tapajós.

Unidades de Conservação (UCs) na Amazônia possuem foco de conservação principalmente em ecossistemas e fauna terrestres. Fatores como o tempo de criação da UC e regras estabelecidas, bem como a distância dos maiores mercados consumidores, tendem a influenciar na efetividade e estabilidade da conservação dos recursos pesqueiros. Constatamos três cenários distintos quanto ao nível de conservação da biodiversidade aquática e recursos pesqueiros em UCs do Baixo Rio Tapajós: a) FLONA, 40 anos de criação, apresentou estabilidade na composição das principais espécies capturadas e na abundância da maior pescaria; b) RESEX, 15 anos de criação, está em curso o processo de substituição de espécies alvo da pesca e redução na abundância da maior pescaria; c) APA, criada há 10 anos, apresenta processo de substituição de espécies estabelecido, com capturas atuais baseadas em espécies de médio porte e estabilidade na abundância da maior captura. A falta de fiscalização das zonas de amortecimento da FLONA e RESEX no Baixo Rio Tapajós, além de não proteger os ambientes e recursos aquáticos, pode ocasionar conflitos entre pescadores de diferentes escalas, bem como aumentar a pressão pesqueira sobre espécies pelágicas de médio porte capturadas atualmente na região. A gestão de UCs da Amazônia deve ampliar seu foco de manejo com uma abordagem integrada para a conservação de todo o ecossistema visando garantir a integridade ambiental de toda a área direta e indireta da unidade, bem como garantir os meios de vida das populações locais e tradicionais da região. Ainda, assim como ocorre no ambiente marinho com as Áreas Marinhas Protegidas (AMPs) (Gell & Roberts 2003; Russ et al. 2004), deveriam ser criadas as Áreas Fluviais Protegidas (AFP) em ambientes aquáticos continentais, como rios e lagos da Amazônia, com o objetivo de proteger e conservar a biodiversidade aquática, bem como regular a exploração dos recursos pesqueiros nessas áreas, mas com foco em todo o ecossistema, incluindo áreas terrestres adjacentes.

Pescadores apresentaram conhecimento sobre o tamanho reprodutivo das espécies, mas houve concordância parcial entre o período reprodutivo citado por pescadores e registrado na literatura científica, possivelmente devido a diferenças metodológicas em relação ao tipo de pergunta feito aos pescadores e a informação apresentada pela literatura. Além disso, ainda existe uma carência muito grande de informações científicas sobre a ecologia reprodutiva de muitas espécies de peixes,

principalmente em ambientes tropicais (Begossi 2014). Portanto, ressaltamos a importância de haver claros critérios com objetivo de comparar diferentes metodologias de dados. Com o intuito de aperfeiçoar as regras de manejo e tornar a gestão dos recursos mais realista e apta ao sucesso, deve-se priorizar localmente o manejo das espécies sedentárias através do tamanho mínimo reprodutivo bem conhecido pelos pescadores, enquanto que para espécies migratórias as regras de manejo são mais desafiadoras e existe a necessidade da integração de grandes áreas, com o foco em todo o ecossistema. O período de defeso, que já existe na Amazônia brasileira, mas que não apresenta indícios de efetividade (Corrêa et al., 2014), pode ser aproveitado para o estímulo da organização social dos pescadores, visando a elaboração e implementação de regras de pesca condizentes com os saberes locais (co-manejo) e buscando o melhor entendimento, aceitação e efetividade das regras estabelecidas. O CEL dos pescadores e populações locais deve ser integrado na formulação de sistemas de co-manejo através do estabelecimento e fiscalização de regras de pesca pelos próprios pescadores, que poderiam manejar os lagos e igarapés da região do Baixo Rio Tapajós e outras regiões da Amazônia, visando à manutenção e conservação das espécies sedentárias, mais exploradas e com tendências de reduções e extinção, como o pirarucu (*Arapaima gigas*), tambaqui (*Colossoma macropomum*) e tucunaré (*Cichla* spp.).

A construção de hidrelétricas é uma forte ameaça aos recursos pesqueiros na Amazônia (Hallwass et al. 2013a; Fearnside 2014, 2015; Ferreira et al. 2014; Kahn et al. 2014). Atualmente existem planos de construção de hidrelétricas no Médio Rio Tapajós (Fearnside 2015) que possivelmente afetarão o ciclo de vida e a abundância de importantes espécies migratórias, como os grandes bagres (dourada e filhote) e o jaraqui, que são bastante capturados atualmente no Baixo Rio Tapajós e importantes para a pesca e segurança alimentar das comunidades ribeirinhas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (Introdução Geral e Considerações Finais)

- Ainsworth, C.H., Pitcher, T.J., & Rotinsulu, C. (2008) Evidence of fishery depletions and shifting cognitive baselines in Eastern Indonesia. *Biological Conservation* 141, 848-859.
- Allan, J.D., Abell, R., Hogan, Z., Revenga, C., Taylor, B.W., Welcomme, R.L., & Winemiller, K. (2005) Overfishing of inland waters. *BioScience* 55, 1041-1051.
- Almeida, O.T., McGrath, D.G., & Ruffino, M.L. (2001) The commercial fisheries of the lower Amazon: an economic analysis. *Fisheries Management and Ecology* 8, 253-269.
- Almeida, O.T., Lorenzen, K., & McGrath, D.G. (2009) Fishing agreements in the lower Amazon: for gain and restraint. *Fisheries Management and Ecology* 16, 61-67.
- Anadón, J.D., Giménez, A., Ballestar, R., & Pérez, I. (2009) Evaluation of Local Ecological Knowledge as a Method for Collecting Extensive Data on Animal Abundance. *Conservation Biology* 23, 617-625.
- Anticamara, J.A., Watson, R., Gelchu, A., & Pauly, D. (2011) Global fishing effort (1950–2010): Trends, gaps, and implications. *Fisheries Research* 107, 131-136.
- Batista, V.S., Inhamuns, A.J., Freitas, C.E.C. & Freire-Brasil, D. (1998) Characterization of the fishery in riverine communities in the Low-Solimões/High-Amazon region. *Fisheries Management and Ecology* 5, 101-117.
- Batista V.S. & Petreire M.Jr. (2003) Characterization of the commercial fish production landed at Manaus, Amazonas State, Brazil. *Acta Amazonica* 33(1), 53-66.
- Batista, V.S., Isaac, V.J. & Viana, J.P. (2004) Exploração e manejo dos recursos pesqueiros da Amazônia. Em: M.L. Ruffino (Ed.) *A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira*, pp. 63-152. Manaus, Ibama/ProVárzea
- Batista, V.S., & Lima, L.G. (2010) In search of traditional bio-ecological knowledge useful for fisheries co-management: the case of jaraquis *Semaprochilodus* spp. (Characiformes, Prochilodontidae) in Central Amazon, Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 6, 15.
- Batista, V.S., Isaac, V.J., Fabr e, N.N., Silva, C.O., & Gonzalez, J.C.A. (2012) Caracteriza o da Produ o e do Esforço Pesqueiro. Em: V.S. Batista & V.J. Isaac (Org.) *Peixes e pesca no Solimões-Amazonas: uma avalia o integrada*, pp. 31-72. Brasília, Ibama/ProVárzea
- Bayley, P.B. & Petreire, M. (1989) Amazon fisheries: assessment methods, current status and management points. In D.P. Dodge (Ed.) *Proceedings of the international large river symposium*, pp. 385-398. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, 106.
- Begossi, A., Silvano, R.A.M., Amaral, B., & Oyakawa, O. (1999) Use of local resources by fishers and hunters in an extractive reserve (Upper Juruá, Acre, Brazil). *Environment, Development and Sustainability* 2, 73-93.
- Begossi, A., Hanazaki, N., & Ramos, M.R. (2004) Food chain and the reasons for fish food taboos among Amazonian and Atlantic Forest fishers (Brazil). *Ecological Applications* 14, 1334-1343.

- Begossi, A. (2008) Local knowledge and training towards management. *Environment, Development and Sustainability* 10, 591-603.
- Begossi, A. (2010) Small-scale fisheries in Latin America: Management Models and Challenges. *Maritime Studies (MAST)* 9(2), 7-31.
- Begossi, A. (2014) Local ecological knowledge (LEK): understanding and managing fisheries. In Fischer et al. (Eds), *Fischers' knowledge and the ecosystem approach to fisheries: applications, experiences and lessons in Latin America*, pp. 7-18. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 591. Rome, FAO.
- Bender, M.G., Machado, G.R., Silva, P.J.A., Floeter, S.R., Monteiro-Netto, C., Luiz, O.J., & Ferreira, C.E.L. (2014) Local Ecological Knowledge and Scientific Data Reveal Overexploitation by Multigear Artisanal Fisheries in the Southwestern Atlantic. *PLoS ONE* 9(10): e110332.
- Béné, C., Steel, E., Luadia, B.K., & Gordon A. (2009) Fish as the “bank in the water”– Evidence from chronic-poor communities in Congo. *Food Policy* 34, 108-118.
- Berkes, F. (1999) *Sacred Ecology-Traditional Ecological Knowledge and Resource Management*. Taylor & Francis, Philadelphia, PA
- Berkes, F., & Turner, N.J. (2006) Knowledge, learning and the evolution conservation practice for social-ecological system resilience. *Human Ecology* 34, 479-494.
- Bernard, E., Penna, L.A.O., & Araújo, E. (2014) Downgrading, Downsizing, Degazettement, and Reclassification of Protected Areas in Brazil. *Conservation Biology* 28, 939-950.
- Brook, R.K., & McLachlan, S.M. (2008) Trends and prospects for local knowledge in ecological and conservation research and monitoring. *Biodiversity and Conservation* 17, 3501-3512.
- Calheiros, D.F., Seidl, A.F. & Ferreira, C.J.A. (2000) Participatory research methods in environmental science: local and scientific knowledge of a limnological phenomenon in the Pantanal wetland of Brazil. *Journal of Applied Ecology* 37, 684-696.
- Castello, L., Viana, J.P., Watkins, G., Pinedo-Vasquez, M., & Luzadis, V.A. (2009) Lessons from Integrating Fishers of Arapaima in Small-Scale Fisheries Management at the Mamirauá Reserve, Amazon. *Environmental Management* 43, 197-209.
- Cerdeira, R.G.P., Ruffino, M.L., & Isaac, V.J. (2000) Fish catches among riverside communities around Lago Grande de Monte Alegre, Lower Amazon, Brazil. *Fisheries Management and Ecology* 7, 355-374.
- Cetra, M., & Petrere, M.Jr. (2001) Small-scale fisheries in the middle River Tocantins, Imperatriz (MA), Brazil. *Fisheries Management and Ecology* 8, 153-162.
- Coomes, O.T., Takasaki, Y., Abizaid, C., & Barham, B.L. (2010) Floodplain fisheries as natural insurance for the rural poor in tropical forest environmental: evidence from Amazonia. *Fisheries Management and Ecology* 17, 513-521.
- Corrêa, M.A.A., Kahn, J.R., & Freitas, C.E.C. (2014) Perverse incentives in fishery management: The case of the defeso in the Brazilian Amazon. *Ecological Economics* 106, 186-194.
- Costanza, R., d'Arge, R., Groot, R. de, Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neil, R., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., & Belt, M. van den

- (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253-260.
- Danielsen, F., Burgess, N.D., Jensen, P.M., & Pirhofer-Walzl, K. (2010) Environmental monitoring: the scale and speed of implementation varies according to the degree of people's involvement. *Journal of Applied Ecology* 47, 1166-1168.
- De Graaf, G., Bartley, D., Jorgensen, J., & Marmulla, G. (2015) The scale of inland fisheries, can we do better? Alternative approaches for assessment. *Fisheries Management and Ecology* 22, 64-70.
- Doria, C.R.C., Ruffino, M.L., Hijazi, N.C., & Cruz, R.L. (2012) A pesca comercial na bacia do rio Madeira no estado de Rondônia, Amazônia brasileira. *Acta Amazonica* 42, 29-40.
- Fearnside, P.M. (2001) Environmental Impacts of Brazil's Tucuruí Dam: Unlearned Lessons for Hydroelectric Development in Amazonia. *Environmental Management* 27, 377-396.
- Fearnside, P.M. (2006) Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. *Acta Amazonica* 36(3), 395-400.
- Fearnside, P.M. (2014) Impacts of Brazil's Madeira River dams: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. *Environmental Science & Policy* 38, 164-172.
- Fearnside, P.M. (2015) Amazon Dams and Waterways: Brazil's Tapajós Basin Plans. *Ambio* (in press), doi: 10.1007/s13280-015-0642-z
- Fernandez-Gimenez, M.E. (2000) The role of Mongolian nomadic pastoralists' ecological knowledge in rangeland management. *Ecological applications* 10, 1318-1326.
- Ferreira, J., Aragão, L.E.O.C., Barlow, J., Barreto, P., Berenguer, E., Bustamante, M., Gardner, T.A., Lees, A.C., Lima, A., Louzada, J., Parry, L., Peres, C.A., Pardini, R., Pompeu, P.S., Tabarelli, M., & Zuanon, J. (2014) Brazil's environmental leadership at risk, Mining and dams threaten protected areas. *Science* 346, 706-707.
- Fischer, J., Jorgensen, J., Josupeit, H., Kalikoski, D., & Lucas, C.M., ed. (2014) Fishers' knowledge and the ecosystem approach to fisheries: applications, experiences and lessons in Latin America. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 591*. Rome, FAO. 278 pp.
- Fulton, E.A., Smith, A.D.M., Smith, D.C., & van Putten, I.E. (2011) Human behaviour: the key source of uncertainty in fisheries management. *Fish and Fisheries* 12, 2-17.
- Garcia, A., Tello, S., Vargas, G., & Duponchelle, F. (2009) Patterns of commercial fish landings in the Loreto region (Peruvian Amazon) between 1984 and 2006. *Fish Physiology and Biochemistry* 35, 53-67.
- Gell, F.R., & Roberts, C.M. (2003) Benefits beyond boundaries: the fishery effects of marine reserves. *TRENDS in Ecology and Evolution* 18(9), 448-455.
- Giglio, V.J., Luiz, O.J., & Gerhardinger, L.C. (2014) Depletion of marine megafauna and shifting baselines among artisanal fishers in eastern Brazil. *Animal Conservation* doi: 10.1111/acv.12178.
- Gutiérrez, N.L., Hilborn, R., & Defeo, O. (2011) Leadership, social capital and incentives promote successful fisheries. *Nature* 470, 386-389.

- Hallwass, G., Lopes, P.F., Juras, A.A., & Silvano, R.A.M. (2011) Fishing Effort and Catch Composition of Urban Market and Rural Villages in Brazilian Amazon. *Environmental Management* 47, 188-200.
- Hallwass, G., Lopes, P.F.M., Juras, A.A., & Silvano, R.A.M. (2013a) Behavioral and environmental influences on fishing rewards and the outcomes of alternative management scenarios for large tropical rivers. *Journal of Environmental Management* 128, 274-282.
- Hallwass, G., Lopes, P.F.M., Juras, A.A., & Silvano, R.A.M. (2013b) Fishers' knowledge identifies environmental changes and fish abundance trends in impounded tropical rivers. *Ecological Applications* 23, 392-407.
- Herbst, D.F., & Hanazaki, N. (2014) Local ecological knowledge of fishers about the life cycle and temporal patterns in the migration of mullet (*Mugil liza*) in Southern Brazil. *Neotropical Ichthyology* 12, 879-890.
- Hilborn, R. (2007) Reinterpreting the State of Fisheries and their Management. *Ecosystems* 10, 1362-1369.
- Honda, E.M.S., Correa, C.M., Castelo, F.P. & Zapelini, E.A. (1975) Aspectos gerais do pescado no Amazonas. *Acta Amazonica* 5(1), 87-94.
- Huntington, H.P. (2000) Using traditional ecological knowledge in science: methods and applications. *Ecological Applications* 10, 1270-1274.
- Huntington, H.P. (2011) The local perspective. *Nature* 478, 182-183.
- Irvine, R.J., Fiorini, S., Yearley, S., McLeod, J.E., Turner, A., Armstrong, H., White, P.C.L. & Van Der Wal, R. (2009) Can managers inform models? Integrating local knowledge into models of red deer habitat use. *Journal of Applied Ecology* 46, 344-352.
- Isaac, V.J., Milstein, A., & Ruffino, M.L. (1996) A pesca artesanal no Baixo Amazonas: análise multivariada da captura por espécie. *Acta Amazonica*, 26, 185-208.
- Isaac, V.J., Silva, C.O., & Ruffino, M.L. (2008) The artisanal fishery fleet of the lower Amazon. *Fisheries Management and Ecology* 15, 179-187.
- Isaac, V.J., & Almeida, M.C. (2011) El consumo de pescado en la Amazonía Brasileña. Rome: FAO.
- Jackson, J.B.C., Kirby, M.X., Berger, W.H., Bjorndal, K.A., Botsford, L.W., Bourque, B.J., Bradbury, R.H., Cooke, R., Erlandson, J., Estes, J.A., Hughes, T.P., Kidwell, S., Lange, C.B., Lenihan, H.S., Pandolfi, J.M., Peterson, C.H., Steneck, R.S., Tegner, M.J., & Warner, R.R. (2001) Historical Overfishing and the Recent Collapse of Coastal Ecosystems. *Science* 293, 629-638.
- Johannes, R.E. (1998) The case for data-less marine resource management: examples from tropical nearshore finfisheries. *Trends in Ecology and Evolution* 13, 243-246.
- Johannes, R.E., Freeman, M.M.R., & Hamilton, R.J. (2000) Ignore fishers' knowledge and miss the boat. *Fish and Fisheries* 1, 257-271.
- Jones J.P.G., Andriamarovololona M.M., Hockley N., Gibbons J.M. & Milner-Gulland E.J. (2008) Testing the use of interviews as a tool for monitoring trends in the harvesting of wild species. *Journal of Applied Ecology* 45, 1205-1212.
- Junk, W.J., Bayley, P.B., & Sparks, R.E. (1989) The flood pulse concept in river-floodplain systems. In D.P. Dodge (Ed.) *Proceedings of the international large river*

- symposium, pp. 110-127. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, 106.
- 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, 153-173.
- Kahn, J.R., Freitas, C.E., & Petrere, M. (2014) False Shades of Green: The Case of Brazilian Amazonian Hydropower. *Energies* 7, 6063-6082.
- Le Fur, J., Guilavogui, A., & Teitelbaum, A. (2011) Contribution of local fishermen to improving knowledge of the marine ecosystem and resources in the Republic of Guinea, West Africa. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 68, 1454-1469.
- Lopes, P.F.M., Silvano, R.A.M., & Begossi, A. (2011) Extractive and Sustainable Development Reserves in Brazil: resilient alternatives to fisheries? *Journal of Environmental Planning and Management*, 54, 421-443.
- Lozano-Montes, H.M., Pitcher, T.J., & Haggan, N. (2008) Shifting environmental and cognitive baselines in the upper Gulf of California. *Frontiers in Ecology and the Environment* 6, 75-80.
- Lunn, K.E., & Dearden, P. (2006) Monitoring small-scale marine fisheries: An example from Thailand's Ko Chang archipelago. *Fisheries Research* 77, 60-71.
- MacCord, P.F.L., Silvano, R.A.M., Ramires, M.S., Clauzet, M., & Begossi, A. (2007) Dynamics of artisanal fisheries in two Brazilian Amazonian reserves: implications to co-management. *Hydrobiologia* 583, 365-376.
- Mace, P.M. (2001) A new role for MSY in single-species and ecosystem approaches to fisheries stock assessment and management. *Fish and Fisheries* 2, 2-32.
- McClenachan, L., Ferretti, F., & Baum, J.K. (2012) From archives to conservation: why historical data are needed to set baselines for marine animals and ecosystems. *Conservation Letters* 5, 349-359.
- McGrath, D.G., Silva, U.L., & Crossa, N.M.M. (1997) A traditional floodplain fishery of the lower Amazon River, Brazil. *PLEC News and Views* 8, 4-11.
- McGrath, D.G., Cardoso, A., Almeida, O.T., & Pezzuti, J. (2008) Constructing a policy and institutional framework for an ecosystem-based approach to managing the Lower Amazon floodplain. *Environment Development and Sustainability* 10, 677-695.
- Merona, B. & Bittencourt, M.M. (1988) A pesca na Amazônia através dos desembarques no mercado de Manaus: resultados preliminares. *Sociedade de Ciencias Naturales La Salle* 48, 433-453.
- MPA, Ministério da Pesca e Aquicultura (2012) Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura, Brasil 2010. Brasília 129 pp.
- Myers, R.A., & Worm, B. (2003) Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. *Nature* 423, 280-283.
- Nepstad, D., McGrath, D., Alencar, A., Barros, A.C., Carvalho, G., Santilli, M., Diaz, M.C.V. (2002) Frontier Governance in Amazonia. *Science* 295, 629-631.
- O'Donnell, K.P., Pajaro, M.G., & Vincent, A.C.J. (2010) How does the accuracy of fisher knowledge affect seahorse conservation status? *Animal Conservation* 13, 526-533.

- Pauly, D. (1995) Anecdotes and the shifting baseline syndrome in fisheries. *Trends in Ecology and Evolution* 10, 430.
- Pauly, D., Christensen, V., Guénette, S., Pitcher, T.J., Sumaila, U.R., Walters, C.J., Watson, R., & Zeller, D. (2002) Towards sustainability in world fisheries. *Nature* 418, 689-695.
- Peres, C.A., & Zimmerman, B. (2001) Perils in Parks or Parks in Peril? Reconciling Conservation in Amazonian Reserves with and without Use. *Conservation Biology* 15, 793-797.
- Peres, C.A. (2005) Why We Need Megareserves in Amazonia. *Conservation Biology* 19, 728-733.
- Petrere, Jr. M. (1978a) 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. (1978b) Pesca e esforço de pesca no estado do Amazonas. II- Locais e aparelhos de captura e estatística de desembarque. *Acta Amazonica* 8(3, Suplemento 2), 1- 54.
- Petrere, Jr. M., Barthem, R.B., Córdoba, E.A., & Gómez, B.C. (2004) Review of the large catfish fisheries in the upper Amazon and the stock depletion of piraíba (*Brachyplatystoma filamentosum* Lichtenstein). *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 14, 403-414.
- Pinho, P.F., Patenaude, G., Ometto, J.P., Meir, P., Toledo, P.M., Coelho, A., & Young, C.E.F. (2014) Ecosystem protection and poverty alleviation in the tropics: Perspective from a historical evolution of policy-making in the Brazilian Amazon. *Ecosystem Services* 8, 97-109.
- Pinnegar, J.K., & Engelhard, G.H. (2007) The ‘shifting baseline’ phenomenon: a global perspective. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 18, 1-16.
- Poizat, G., & Baran, E. (1997) Fishermen’s knowledge as background information in tropical fish ecology: a quantitative comparison with fish sampling results. *Environmental Biology of Fishes* 50, 435-449.
- Reed, M.S. (2008) Stakeholder participation for environmental management: A literature review. *Biological Conservation* 141, 2417-2431.
- Roberts, C.M. (1997) Ecological advice for the global fisheries crisis. *TRENDS in Ecology and Evolution* 12(1), 35-38.
- Russ, G.R., Alcala, A.C., Maypa, A.P., Calumpong, H.P., & White, A.T. (2004) Marine reserve benefits local fisheries. *Ecological Applications* 14(2), 597-606.
- Saéñz–Arroyo, A., Roberts, C.M., Torre, J., & Cariño-Olvera, M. (2005) Using fishers’ anecdotes, naturalists’ observations and grey literature to reassess marine species at risk: the case of the Gulf grouper in the Gulf of California, Mexico. *Fish and Fisheries* 6, 121-133.
- Salas, S., & Gaertner, D. (2004) The behavioral dynamics of fishers: management implications. *Fish and Fisheries* 5, 53-67.
- Salomon, A.K., Tanape, N.M., & Huntington, H.P. (2007) Serial depletion of marine invertebrates leads to the decline of a strongly interacting grazer. *Ecological Applications* 17, 1752-1770.

- Santos, G.M., Ferreira, E.J.G., & Zuanon, J.A.S. (2006) Peixes comerciais de Manaus. Manaus, Brazil: Ibama, ProVárzea.
- Schaefer, M.B. (1954) Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. *Bull. Inter-American Tropical Tuna Commission* 1, 27-56.
- Scheffer, M., Carpenter, S., & Young, B. de (2005) Cascading effects of overfishing marine systems. *TRENDS in Ecology and Evolution* 20(11), 579-581.
- Schiermeier, Q. (2002) How many more fish in the sea? *Nature* 419, 662-665.
- Shepperson, J., Murray, L.G., Cook, S., Whiteley, H., & Kaiser, M.J. (2014) Methodological considerations when using local knowledge to infer spatial patterns of resource exploitation in an Irish Sea fishery. *Biological Conservation* 180, 214-223.
- Silvano, R.A.M., MacCord, P.F.L., Lima, R.V., & Begossi, A. (2006) When does this fish Spawn? Fishermen's local knowledge of migration and reproduction of Brazilian coastal fishes. *Environmental Biology Fishes* 76, 371-386.
- Sivano, R.A.M., & Valbo-Jorgensen, J. (2008) Beyond fishermen's tales: contributions of fishers' local ecological knowledge to fish ecology and fisheries management. *Environmental, Development and Sustainability* 10, 657-675.
- Silvano, R.A.M., Silva, A.L., Cerone, M., & Begossi, A. (2008) Contributions of Ethnobiology to the conservation of tropical rivers and streams. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems* 18, 241-260.
- Silvano, R.A.M., & Begossi, A. (2010) What can be learned from fishers? An integrated survey of fishers' local ecological knowledge and bluefish (*Pomatomus saltatrix*) biology on the Brazilian coast. *Hydrobiologia* 637, 3-18.
- Silvano, R.A.M., Hallwass, G., Lopes, P.F., Ribeiro, A.R., Lima, R.P., Hasenack, H., Juras, A.A., & Begossi, A. (2014) Co-management and Spatial Features Contribute to Secure Fish Abundance and Fishing Yields in Tropical Floodplain Lakes. *Ecosystems* 17, 271-285.
- Smith, M.D., Roheim, C.A., Crowder, L.B., Halpern, B.S., Turnipseed, M., Anderson, J.L., Asche, F., Bourillón, L., Guttormsen, A.G., Khan, A., Liguori, L.A., McNevin, A., O'Connor, M.I., Squires, D., Tyedmers, P., Brownstein, C., Carden, K., Klinger, D.H., Sagarin, R., & Selkoe, K.A. (2010) Sustainability and Global Seafood. *Science* 327, 784-786.
- Teh, L.C.L., & Sumaila, U.R. (2013) Contribution of marine fisheries to worldwide employment. *Fish and Fisheries* 14, 77-88.
- Torres, M. (ed.) (2005) *Amazônia revelada: Os descaminhos ao longo da BR-163*. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasília, DF. 496pp.
- Turvey, S.T., Barrett, L.A., Yujiang, H., Lei, Z., Xinqiao, Z., Xianyan, W., Yadong, H., Kaiya, Z., Hart, T., & Ding, W. (2010) Rapidly Shifting Baselines in Yangtze Fishing Communities and Local Memory of Extinct Species. *Conservation Biology* 24, 778-787.

- Valbo-Jorgensen, J., & Poulsen, A.F. (2000) Using local knowledge as a research tool in the study of river fish biology: experiences from Mekong. *Environmental, Development and Sustainability* 2, 253-276.
- van Oostenbrugge, J.A.E., Bakker, E.J., van Densen, W.L.T., Machiels, M.A.M., & van Zwieten, P.A.M. (2002) Characterizing catch variability in a multispecies fishery: implications for fishery management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59, 1032-1043.
- Welcomme, R. (1985) *River Fisheries*. Fisheries Technical Paper No. 262. Rome, FAO. 330 pp.
- Welcomme, R.L. (1999) A review of a model for qualitative evaluation of exploitation levels in multi-species fisheries. *Fisheries Management and Ecology* 6, 1-19.
- 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 B* 365, 2881-2896.
- Welcomme, R.L. (2011) An overview of global catch statistics for inland fish. *ICES Journal of Marine Science*, 68(8), 1751-1756.
- Worm, B., Barbier, E.B., Beaumont, N., Duffy, J.E., Folke, C., Halpern, B.S., Jackson, J.B.C., Lotze, H.K., Micheli, F., Palumbi, S.R., Sala, E., Selkoe, K.A., Stachowicz, J.J., & Watson, R. (2006) Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science* 314, 787-790.
- Worm, B., Hilborn, R., Baum, J.K., Branch, T.A., Collie, J.S., Costello, C., Fogarty, M.J., Fulton, E.A., Hutchings, J.A., Jennings, S., Jensen, O.P., Lotze, H.K., Mace, P.M., McClanahan, T.R., Minto, C., Palumbi, S.R., Parma, A.M., Ricard, D., Rosenberg, A.A., Watson, R., & Zeller, D. (2009) Rebuilding Global Fisheries. *Science* 325, 578-585.

APÊNDICES

Apêndice 1. Formulário de entrevista realizada com pescadores no Baixo Rio Tapajós, Amazônia Brasileira.

FORMULÁRIO ENTREVISTA TAPAJÓS

Local: _____ () Flona () Resex Data: _____

Nome: _____ Idade: ___ Sexo: () M () F

Tempo que mora no local:

Escolaridade:

Principal atividade econômica? Possui outras atividades? Quais (% da renda de cada):

2A- Frequência de pesca: () todo dia; () 3 ou + vzs/semana; () 1 ou 2 vz/semana () 1 vz/15 dias () 1 vz mês.

1- Quando começou a pescar: _____ Quando parou: _____

2B- Com que frequência **pescava** quando iniciou a atividade:

() todo dia; () 3 ou + vzs/semana; () 1 ou 2 vz/semana () 1 vz/15 dias () 1 vz mês.

3A- Quando foi sua maior/melhor pescaria de **toda a vida**? Quantos kgs capturou, só você, quantas pessoas? Lembra as espécies ou a principal espécie? Qual petrecho?

3B- Qual foi a maior/melhor pescaria **do último ano**? Quantos kgs capturou, só você, quantas pessoas? Lembra as espécies ou a principal espécie? Qual petrecho?

4A- Quais os petrechos que você utilizava quando **começou a pescar**?

4B- **Atualmente** você pesca com que tipo de petrecho (artes de pesca/equipamentos)?

5A- **Pescava** com: () barco a motor () rabeta () canoa a remo () outro:

5B- **Atualmente** você pesca com: () barco a motor () rabeta () canoa a remo () outro:

6- Os tipos/qualidades de **peixes** que você **capturava quando começou a pescar** são os **mesmos** que você **pesca hoje** ou **mudaram**? Por quê?

6A- Quais eram os **peixes mais capturados quando começou a pescar**?

Peixe	Época que tinha mais	Petrecho (malha?)	Habitat	Obs:

6B- Quais são os peixes mais capturados **atualmente**? Você sabe a partir de qual tamanho esses peixes estão ovados? Que tamanho de malha ou anzol pega peixes desse tamanho? **O tamanho e abundância (quantidade) deles aumentou ou diminuiu (apenas peixes citados na questão anterior)?**

Peixe	Época tem + e Local	Petrecho (malha?)	Tamanho ovado (medir)	Petrecho (malha/anzol) captura ovado	Época e habitat ovado	Abund e Tam em relação a 6B, + ou -

7A) Tamanho (ou peso kg) médio dos peixes pescados (se existir diferença perguntar pelo tamanho dos maiores e menores?): Habitats (locais) de captura e época? Existe diferença entre locais de grandes e pequenos?

Espécies	Tamanho médio (grandes e pequenos?)	Locais de captura (grandes e pequenos) e época?	Tamanho e época ovados

Dourada, Piraíba (Filhote), Mapará, Tucunaré, Jaraqui, Pescada, Matrinchã e Acaratinga

7B) O peixe anda/sai da região (local de captura)? Para onde vão? Quando? Como (forma cardumes)? Que tamanho são os cardumes (nº peixes)? Com outras espécies? Que tamanho são estes peixes? Alguma espécie chega ou sai antes?

Espécies	O peixe anda sai da região? Para onde? Quando?	Formam cardumes? Tamanho dos cardumes e dos peixes?	Outras espécies formam o cardume? Alguma chega antes ou depois?

8- Tem alguma regra de tamanho de captura? Você concorda com **tamanho mínimo** de captura? Por quê?

9- Existe período de **defeso** na região? Quando ocorre? Você concorda? Por quê?

10- Tem alguma quota de captura diária, semanal, mensal? Você concorda? Por quê?

11- Você tem alguma sugestão de outra regra ou outra forma para melhor o manejo/gestão da pesca na região? Por quê?

12- Gostaria de participar dessa pesquisa, registrando seus desembarques em uma semana por mês durante um ano?

Apêndice 2. Formulário de registro de desembarques pesqueiros do monitoramento participativo realizado pelos pescadores no Baixo Rio Tapajós, Amazônia Brasileira.

Nome Pescador: _____ Comunidade: _____

Data: ___/___/___  Hora início: _____ Hora final: _____

LOCAL DE PESCA

() Rio Tapajós () Lago: _____ () Igarapé: _____

() Outro: _____

ARTE DE PESCA

() Malhadeira/Rede de espera:

tamanho malha: _____ quantidade de redes: _____

() Linha de mão ou Caniço () Espinhel: quantidade de anzóis: _____

() Zagaia ou Flecha ou Arpão () Tarrafa ()

Outros: _____

EMBARCAÇÃO

() Canoa a remo () Bote () Rabeta () Barco ()

Outro: _____

CAPTURA



Tipo de Pescado	Número de peixes	Peso Total Kg	Tamanho Menor	Tamanho Maior	Quantos ovado?

Vendeu: () Sim () Não → Quantidade: _____ Kg

Valor recebido = _____ R\$

Outros pescadores participaram da pesca? () Sim () Não → Quantos? _____

Quantos Kg de peixe que todos capturaram no total? _____ Kg.