



UFAM

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – FCA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E RECURSOS

PESQUEIROS - PPGCARP



TESE DE DOUTORADO

**ABUNDÂNCIA DE PIRARUCUS (*Arapaima gigas*) EM ÁREAS DE MANEJO
COMUNITÁRIO: INTEGRANDO OS COMPONENTES DA PAISAGEM E O
COMPORTAMENTO SOCIOAMBIENTAL DAS COMUNIDADES RIBEIRINHAS**

JEAN FELIPE SILVA DE ABREU

MANAUS – AM

2025

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – FCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E RECURSOS
PESQUEIROS - PPGCARP**

JEAN FELIPE SILVA DE ABREU

**ABUNDÂNCIA DE PIRARUCUS (*Arapaima gigas*) EM ÁREAS DE MANEJO
COMUNITÁRIO: INTEGRANDO OS COMPONENTES DA PAISAGEM E O
COMPORTAMENTO SOCIOAMBIENTAL DAS COMUNIDADES RIBEIRINHAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, como requisito final para obtenção do título de Doutor em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, Área de concentração: Uso Sustentável de Recursos Pesqueiros; Linha de pesquisa: Ecologia de Recursos Pesqueiros.

Orientadora: Dra. Kedma Cristine Yamamoto

Coorientador: Dr. Carlos Edwar de Carvalho Freitas

MANAUS – AM

2025

Ficha Catalográfica

Elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

-
- A162a Abreu, Jean Felipe Silva de
Abundância de pirarucus (*Arapaima gigas*) em áreas de manejo
comunitário: integrando os componentes da paisagem e o comportamento
socioambiental das comunidades ribeirinhas / Jean Felipe Silva de Abreu. -
2025.
173 f. : il., color. ; 31 cm.
- Orientador(a): Kedma Cristine Yamamoto.
Coorientador(a): Carlos Edwar de Carvalho Freitas.
Tese (doutorado) - Universidade Federal do Amazonas, Programa de
Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, Manaus, 2025.
1. Manejo sustentável. 2. Várzea amazônica. 3. Médio-Solimões. 4.
Sensoriamento remoto. 5. Comportamento socioambiental. I. Yamamoto,
Kedma Cristine. II. Freitas, Carlos Edwar de Carvalho. III. Universidade
Federal do Amazonas. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e
Recursos Pesqueiros. IV. Título
-

JEAN FELIPE SILVA DE ABREU

**ABUNDÂNCIA DE PIRARUCUS (*Arapaima gigas*) EM ÁREAS DE MANEJO
COMUNITÁRIO: INTEGRANDO OS COMPONENTES DA PAISAGEM E O
COMPORTAMENTO SOCIOAMBIENTAL DAS COMUNIDADES RIBEIRINHAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para a obtenção do grau de Doutor em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros.

Aprovado em 21 de agosto de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente

 **KEDMA CRISTINE YAMAMOTO**
Data: 25/08/2025 16:40:55-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dra. Kedma Cristine Yamamoto – Presidente
Universidade Federal do Amazonas

Documento assinado digitalmente

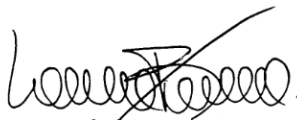
 **ROGERIO FONSECA**
Data: 25/08/2025 13:43:47-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dr. Rogério Fonseca – Membro
Universidade Federal do Amazonas

Documento assinado digitalmente

 **SAMANTHA AQUINO PEREIRA**
Data: 24/08/2025 17:42:15-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dra. Samantha Aquino Pereira – Membro
Universidade Federal do Amazonas



Dr. Lorenzo Soriano Antonaccio Barroco – Membro
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas

Documento assinado digitalmente

 **KEID NOLAN SILVA SOUSA**
Data: 25/08/2025 07:53:22-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dr. Keid Nolan Silva Sousa – Membro
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

"Dedico a todos os meus familiares, que sempre me incentivaram a seguir nesta caminhada, e ao Jeanzinho (filho), com a certeza de que o papai e a mamãe (Márcia) estarão sempre ao seu lado em cada etapa importante da sua vida."

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, ser supremo e infinitamente sábio, que sempre guiou meus passos e esteve presente em todos os momentos da minha vida, dando força, fé e serenidade nos dias bons e nos desafiadores.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros (PPGCARP) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), minha gratidão por me proporcionar a oportunidade de crescimento acadêmico e profissional. Em especial, agradeço à minha orientadora, Dra. Kedma Cristine Yamamoto, e ao meu coorientador, Dr. Carlos Edwar de Carvalho Freitas, pelo apoio, confiança e orientação ao longo dessa jornada. Agradeço também a todos os professores do PPGCARP que contribuíram direta ou indiretamente para minha formação.

À FAPEAM (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas), pelo apoio financeiro essencial à execução deste projeto de pesquisa, por meio dos Editais nº 008/2021 – PROSPAM/FAPEAM e nº 009/2022 – PNF/FAPEAM.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), *campus* Coari, onde tenho a honra de atuar como docente. Agradeço por ser um espaço onde posso contribuir com a formação de adolescentes, jovens e adultos no interior do nosso estado. Tenho plena convicção de que a educação transforma vidas, e é nesse propósito que sigo com orgulho e dedicação.

Ao Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas (IDAM), onde tive a oportunidade de trabalhar e aprender tanto. Hoje, busco retribuir com projetos de pesquisa e extensão voltados às comunidades ribeirinhas, levando conhecimento técnico e apoio às práticas sustentáveis.

Meu profundo agradecimento aos manejadores da Associação União das Comunidades Indígenas e Não Indígenas do Rio Copeá (AUCINIRC) e da Associação Comunitária Unidos Venceremos (ACUV). Obrigado pelo acolhimento, respeito e generosidade com que sempre nos receberam. As conversas, trocas de experiências e aprendizados vividos com vocês foram fundamentais para a realização desta pesquisa. Um carinho especial aos amigos e comunitários Maria Dione, Jucelino, Salvador, Jarilson, João, Ricardo, e a todas as comunidades visitadas no Rio Copeá (Coari – AM).

Com todo o amor do mundo, agradeço aos meus pais, Hilário Ramiro de Abreu Filho e Francisca Ramos da Silva, que me deram os alicerces da vida. Me ensinaram o valor da honestidade, da responsabilidade e, acima de tudo, da família. Por tudo que sou e por tudo que me tornei, devo a vocês. Hoje, como pai, tento transmitir ao meu filho os mesmos valores que aprendi em casa.

À minha companheira de vida e esposa, Márcia da Silva Souza, todas nossas conquistas só foram possíveis com seu apoio. Vivemos momentos difíceis, enfrentamos desafios, mas nunca perdemos a fé de que tudo daria certo. E deu! Hoje, formamos nossa família: papai, mamãe e nosso pequeno grande amor, Jeanzinho! que já era chamado assim antes mesmo de ter seu nome escolhido.

Às minhas irmãs, Kellen Silva de Abreu e Thayse Silva de Abreu, minha gratidão pela cumplicidade e amor incondicional. Obrigado por estarem sempre ao meu lado. Aos meus sobrinhos queridos — Bento, Kazuto, Matheus, Grazy, Ana Laysa e Juan Pablo, o tio ama vocês demais! Que a palavra “família” siga sempre sendo nosso maior laço.

Ao meu sogro Albino e à minha sogra Maria Célia, obrigado por me acolherem com tanto carinho e respeito. Às minhas novas sobrinhas Pietrine, Esther e Júlia, e aos meus cunhados Douglas e Albino Júnior, sintam-se abraçados.

Ao meu fiel companheiro de quatro patas, Nicolas, que hoje já é um senhorzinho. Cada momento vivido ao seu lado está guardado com ternura na memória.

A todos os meus familiares, tios, tias, primos e primas, agradeço com carinho, mesmo com as briguinhas e diferenças que toda família tem. O importante é que sempre sabemos perdoar, recomeçar e nos manter unidos.

Aos amigos da Faculdade de Engenharia de Pesca da UFAM, Flávio, João Paulo, Lorenzo, Diogo, Paulo, Aline Telles, que fase incrível vivemos juntos! Entre estudos, risadas e histórias inesquecíveis, construímos uma amizade que resiste ao tempo e à distância. Cada um de vocês tem um lugar muito especial no meu coração.

Aos amigos que a vida me presenteou, alguns próximos, outros distantes, saibam que todos vocês fazem parte da minha história. A amizade verdadeira permanece, mesmo quando os encontros se tornam raros.

Por fim, agradeço de coração a cada pessoa que cruzou meu caminho, seja por um instante ou por uma vida inteira. Todos vocês, de alguma forma, contribuíram para que eu chegasse até aqui. Levo cada gesto, cada palavra e cada apoio como parte dessa conquista.

Meu muito obrigado a todos...

Jean Felipe Silva de Abreu

Poema

*Eu hoje tive um pesadelo e levantei atento, a tempo
Eu acordei com medo e procurei no escuro alguém com seu carinho
E lembrei de um tempo
Porque o passado me traz uma lembrança
Do tempo que eu era criança
E o medo era motivo de choro
Desculpa pra um abraço ou um consolo*

*Hoje eu acordei com medo, mas não chorei
Nem reclamei abrigo
Do escuro, eu via um infinito sem presente
Passado ou futuro
Senti um abraço forte, já não era medo
Era uma coisa sua que ficou em mim*

*De repente, a gente vê que perdeu
Ou está perdendo alguma coisa
Morna e ingênua
Que vai ficando no caminho
Que é escuro e frio, mas também bonito
Porque é iluminado
Pela beleza do que aconteceu há minutos atrás*

Cazuza (1975)

RESUMO

A abundância do pirarucu é influenciada por uma diversidade de fatores ecológicos e antropogênicos. Compreender como diferentes fatores interagem com a abundância é fundamental para aprimorar as estratégias de manejo dos recursos pesqueiros. Sob essa perspectiva, o objetivo geral deste estudo foi avaliar a relação entre a abundância de pirarucu, os componentes da paisagem dos lagos de várzea da planície inundada amazônica e o comportamento socioambiental das comunidades ribeirinhas nas áreas de acordo de pesca no município de Coari, Amazonas, Brasil. No **Capítulo I**, buscamos responder quais são os elementos centrais presentes no conhecimento etnoictiológico dos manejadores, na aptidão agrícola e na gestão participativa das associações que desenvolvem o manejo do pirarucu. Nossos resultados evidenciaram elevado grau de conhecimento dos manejadores sobre o pirarucu, em concordância com os dados técnico-científicos disponíveis. A aptidão agrícola é predominantemente composta por sistemas produtivos familiares com baixa tecnificação, complementada pela atividade de manejo e pela pesca comercial multiespecífica. A avaliação da gestão participativa identificou assimetrias entre as associações, com destaque para fragilidades nas dimensões de monitoramento, sistema de vigilância, levantamento de estoque e capacidade produtiva. No **Capítulo II**, avaliamos três algoritmos de classificação supervisionada (*Maximum Likelihood*, *Spectral Angle Mapper* e *Random Forest*) para identificação dos componentes da paisagem (água aberta, macrófitas, floresta inundada e floresta não inundada) em ambiente de várzea amazônica. Foram utilizadas imagens do Landsat-8 e imagens aéreas de alta resolução espacial obtidas com drone, o processamento digital foi realizado no software QGIS. O algoritmo *Random Forest* obteve maior acurácia global (93,7%) e índice Kappa (0,92), seguido por *Maximum Likelihood* (74,8% e 0,92) e *Spectral Angle Mapper* (69,9% e 0,60), respectivamente. O algoritmo de classificação *Random Forest* mostrou-se mais robusto, mesmo em um cenário heterogêneo e de alta variação espectral, como é o caso da várzea amazônica. No **Capítulo III**, testamos a hipótese de que os componentes da paisagem e os aspectos socioambientais influenciam significativamente a abundância do pirarucu. Os dados foram analisados utilizando um modelo linear generalizado misto (GLMM) com distribuição binomial negativa, que explicou 96,8% da variação da abundância de pirarucu, sendo influenciada positivamente pelos componentes da paisagem (água aberta, macrófitas e floresta inundada) e pelos aspectos socioambientais (gestão participativa e conhecimento etnoictiológico). A integração entre a conservação dos ambientes de várzea e a participação direta das comunidades ribeirinhas é essencial para garantir a sustentabilidade da pesca manejada e a conservação da espécie.

ABSTRACT

The abundance of pirarucu is shaped by a variety of ecological and anthropogenic factors. Understanding how these factors interact with population abundance is essential for improving fisheries management strategies. From this perspective, the overarching objective of this study was to examine the relationship between pirarucu abundance, the landscape components of floodplain lakes in the Amazonian inundated plains, and the socioenvironmental behavior of riverine communities within fishing agreement areas in the municipality of Coari, Amazonas, Brazil. In **Chapter I**, we sought to identify the key elements present in the ethnoichthyological knowledge of fishery managers, agricultural suitability, and the participatory governance of associations engaged in pirarucu management. Our findings revealed a high level of local knowledge among managers, which was consistent with existing scientific literature. Agricultural suitability was found to be primarily composed of low-tech family-based production systems, supplemented by management activities and multispecies commercial fishing. The evaluation of participatory governance revealed disparities among the associations, with notable weaknesses in the dimensions of monitoring, surveillance systems, stock assessments, and productive capacity. In **Chapter II**, we assessed three supervised classification algorithms—Maximum Likelihood, Spectral Angle Mapper, and Random Forest—for identifying landscape components (open water, macrophytes, flooded forest, and non-flooded forest) in Amazonian floodplain environments. We used Landsat-8 satellite imagery, high-resolution aerial imagery obtained via drone, and conducted digital image processing using QGIS software. The Random Forest algorithm achieved the highest overall accuracy (93.7%) and Kappa index (0.92), followed by Maximum Likelihood (74.8% and 0.92) and Spectral Angle Mapper (69.9% and 0.60), respectively. Random Forest proved to be the most robust classification method, even in a heterogeneous landscape with high spectral variability such as the Amazonian floodplain. In **Chapter III**, we tested the hypothesis that landscape components and socioenvironmental variables significantly influence pirarucu abundance. Data were analyzed using a generalized linear mixed model (GLMM) with a negative binomial distribution, which explained 96.8% of the variance in pirarucu abundance. This variation was positively associated with landscape components (open water, macrophytes, and flooded forest) and socioenvironmental factors (participatory governance and ethnoichthyological knowledge). The integration of floodplain ecosystem conservation with the active participation of riverine communities is essential to ensure the sustainability of managed fisheries and the long-term preservation of the species.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I: Aspectos socioambientais no manejo comunitário do pirarucu (*Arapaima gigas*) no Médio-Solimões, Amazônia Brasileira:

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo com identificação das áreas de acordos de pesca e das comunidades que realizam o manejo comunitário do pirarucu no rio Copeá, Município de Coari, Amazonas, Brasil82

Figura 2. (A) Frequência relativa da atividade principal desenvolvida pelos atores sociais nas áreas de manejo; (B) Frequência relativa da área (ha) de plantio utilizada pelos manejadores dentro da área do acordo de pesca; (C) Frequência de citação das principais culturas e atividades desenvolvidas pelos manejadores nas áreas de acordo de pesca no município de Coari, Amazonas89

Figura 3. Gráfico de radar comparando os dez princípios fundamentais da gestão participativa da Associação União das Comunidades Indígenas e Não Indígenas do Rio Copeá (AUCINIRC) e da Associação Unidos Venceremos (ACUV) nas áreas de acordo de pesca do município de Coari, Amazonas93

CAPÍTULO II: Identificação de componentes da paisagem na várzea amazônica: uso de aerofotogrametria e sensoriamento remoto:

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo com identificação das áreas de acordos de pesca, das comunidades e dos lagos de várzea112

Figura 2. Ortomosaico dos ambientes aquáticos e amostra dos componentes da paisagem; (a) Lago Gaudêncio; (b) Lago Canivete; (c) Lago Navalha 1; (d) Lago Navalha 2; (e) Lago Marreca; (f) Lago Sociedade; (g) Água Aberta (WO); (h) Macrófita (MA); (i) Floresta Inundada (FF)118

Figura 3. Produtos utilizados para seleção das amostras de treinamento dos classificadores. (A) Composição Falsa-Cor (R6G5B4); (B) Modelo Digital de Elevação – MDE; (C) Índice de Diferença Normalizada da Água – NDWI; (D) Índice de Diferença Normalizada da Vegetação – NDVI119

Figura 4. Mapa de uso e ocupação do solo obtido da classificação supervisionada utilizando o algoritmo de *Random Forest* (RF)121

Figura 5. Mapa de uso e ocupação do solo obtido da classificação supervisionada utilizando o algoritmo de *Spectral Angle Mapper* (SAM)122

Figura 6. Mapa de uso e ocupação do solo obtido da classificação supervisionada utilizando o algoritmo de <i>Maximum Likelihood</i> (ML)	122
---	-----

CAPÍTULO III: Abundância de pirarucus (*Arapaima gigas*) em áreas de manejo comunitário: integrando os componentes da paisagem e o comportamento socioambiental das comunidades ribeirinhas:

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo com identificação das áreas de acordo de pesca, das comunidades e dos lagos de manejo onde realizam o manejo comunitário do pirarucu no Rio Copeá, Município de Coari, Amazonas, Brasil	137
--	-----

Figura 2. Classificação supervisionada com algoritmo Random Forest (RF) para imagens LANDSAT-8 entre os anos 2019 a 2023. (A) Imagem para o ano 2019; (B) ano de 2020; (C) ano de 2021; (D) ano de 2022; e (E) ano de 2023. Datum SIRGAS 2000/UTM 20S	147
--	-----

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I: Aspectos socioambientais no manejo comunitário do pirarucu (*Arapaima gigas*) no Médio-Solimões, Amazônia Brasileira:

Tabela 1. Tabela de cognição comparada sobre o conhecimento etnoictiológico dos pescadores da Associação União das Comunidades Indígenas e Não Indígenas do Rio Copeá (AUCINIRC) no Acordo de Pesca do Rio Copeá – Setor A e B e da Associação Unidos Venceremos (ACUV) no Acordo de Pesca do Médio e Baixo Rio Copeá, Município de Coari, Amazonas. O conhecimento etnoictiológico está apresentado em gráfico de frequência relativa (%) onde a cor (cinza claro) representa as respostas da (ACUV) e a cor (cinza escuro) as respostas da (AUCINIRC)85

CAPÍTULO II: Identificação de componentes da paisagem na várzea amazônica: uso de aerofotogrametria e sensoriamento remoto:

Tabela 1. Terminologias correspondentes às classes dos componentes da paisagem, contendo o tipo de classe e termos e palavras equivalentes112

Tabela 2. Valores admitidos para o índice de exatidão Kappa (K) e o Grau de Acordo que especifica a acurácia da classificação das imagens116

Tabela 3. Caracterização dos resultados obtidos a partir do mapeamento aerofotogramétrico com drone em seis ambientes aquáticos de várzea amazônica no período de cheia. São apresentados os dados de área mapeada, número de voos, tempo total de voo, número de imagens capturadas e resolução espacial dos ortomosaico gerados117

Tabela 4. Comparação da área e percentual das classes de paisagem para os classificadores *Maximum Likelihood* (ML), *Spectral Angle Mapper* (SAM) e *Random Forest* (RF). A acurácia global e o Índice Kappa são apresentadas para cada algoritmo, permitindo a avaliação da qualidade da classificação120

CAPÍTULO III: Abundância de pirarucus (*Arapaima gigas*) em áreas de manejo comunitário: integrando os componentes da paisagem e o comportamento socioambiental das comunidades ribeirinhas:

Tabela 1. Lagos de manejo incluídos no estudo, localizados no Rio Copeá, Município de Coari (AM), a tabela contém o nome dos lagos, as coordenadas geográficas, associação gestora e a área do lago.....138

Tabela 2. Contagens do pirarucu (indivíduos adultos e juvenis) realizadas de 2019 a 2023, nos lagos manejados do Acordo de Pesca do Rio Copeá – Setores A e B e do Acordo de Pesca do Médio e Baixo Rio Copeá, localizados no município de Coari, Amazonas, Brasil.....145

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

AA – Aptidão Agrícola

ACUV – Associação Comunitária Unidos Venceremos

AG – Acurácia Global

AIC – Akaike Information Criterion

AM – Amazonas

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil

APRC – Acordo de Pesca do Rio Copeá – Setores A e B

APMBRC – Acordo de Pesca do Médio e Baixo Rio Copeá

ATER – Assistência Técnica e Extensão Rural

AUCINIRC – Associação União das Comunidades Indígenas e Não Indígenas do Rio Copeá

CAR – Cadastro Ambiental Rural

CAF – Cadastro Nacional da Agricultura Familiar

CE – Conhecimento Etnoictiológico

CEP – Comitê de Ética em Pesquisa

CET – Conhecimento Ecológico Tradicional

CPP – Cartão do Produtor Primário

DNG – Digital Negative

DOS1 – Dark Object Subtration

FF – Floresta Inundada

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

GLMM – Generalized Linear Mixed Model

GNSS – Global Navigation Satellite System

GP – Gestão Participativa

IDAM – Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas

JPEG – Joint Photographic Experts Group

K – Kappa

LANDSAT – Land Remote Sensing Satellite

MA – Macrófitas

MAP – Método de Avaliação Participativa

MDE – Modelo Digital de Elevação

ML – Maximum Likelihood

MP – Megapixel

NDVI – Normalized Difference Vegetation Index

NDWI – Normalized Difference Water Index

NFF – Floresta Não Inundada

OW – Água aberta

PCA – Análise de Componentes Principais

PFNM – Produtos Florestais Não Madeireiros

PROA – Praticagem dos Rios Ocidentais da Amazônia

PRONAF – Programa Nacional da Agricultura Familiar

QGIS – Quantum Geographic Information System

RBAC-E – Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Espacial

RDS – Reserva de Desenvolvimento Sustentável

RESEX – Reserva Extrativista

RF – Random Forest

ROI – Region of Interest

SALTA-z – Solução Alternativa Coletiva Simplificada de Tratamento de Água

SAM – Spectral Angle Mapper

SCP – Semi-Automatic Classification Plugin

SEMA – Secretaria Estadual de Meio Ambiente

SEPROR – Secretaria de Produção Rural do Estado do Amazonas

SISANT – Sistema de Aeronaves Não Tripuladas

SR – Sensoriamento Remoto

SRTM – Shuttle Radar Topography Missions

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UPF – Unidade de Produção Familiar

USGS – United States Geological Survey

UTM – Universal Transverse Mercator

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	18
2. OBJETIVOS	21
2.1. Objetivo geral	21
2.2. Objetivos específicos	21
3. HIPÓTESES	22
4. REVISÃO DE LITERATURA	23
4.1. Biologia e ecologia do pirarucu (<i>Arapaima gigas</i>)	23
4.2. Acordo de pesca e manejo comunitário do pirarucu	25
4.3. Caracterização ambiental dos lagos de várzea amazônicos	28
4.4. Abundância de pirarucu em ambientes de várzea amazônica	30
4.5. Componentes da paisagem e assembleias de peixes	34
4.6. Sensoriamento remoto e processamento digital de imagem	37
4.7. Aerofotogrametria	40
4.8. Comportamento socioambiental: conhecimento etnoictiológico, gestão participativa e aptidão agrícola	44
5. REFERÊNCIAS	49

CAPÍTULO I: Aspectos socioambientais no manejo comunitário do pirarucu (<i>Arapaima gigas</i>) no Médio-Solimões, Amazônia Brasileira	74
Resumo	75
1. Introdução	76
2. Referencial Teórico	78
3. Metodologia	81
3.1. Área de estudo	81
3.2. Coleta de dados	82
3.3. Análise dos dados	83
4. Resultados e Discussões	84
5. Conclusão	95
Agradecimentos	96
Referências	96

CAPÍTULO II: Identificação de componentes da paisagem na várzea amazônica: uso de aerofotogrametria e sensoriamento remoto107

Resumo	108
1. Introdução	109
2. Metodologia	111
2.1. Área de estudo	111
2.2. Componentes da paisagem	112
2.3. Obtenção e processamento das imagens aéreas (aerofotogrametria)	113
2.4. Seleção, processamento e classificação da imagem de satélite	114
2.5. Análise de dados	116
3. Resultados	117
3.1. Aerofotogrametria	117
3.2. Imagem e amostras de treinamento	118
3.3. Classificação supervisionada	120
4. Discussão	123
5. Conclusão	125
Agradecimentos	126
Referências	126

CAPÍTULO III: Abundância de pirarucus (*Arapaima gigas*) em áreas de manejo comunitário: integrando os componentes da paisagem e o comportamento socioambiental das comunidades ribeirinhas133

Resumo	133
1. Introdução	134
2. Material e Métodos	137
2.1. Área de estudo	137
2.2. Amostras e procedimento de coleta	138
2.2.1 Lagos de manejo	138
2.2.2 Censo populacional e dados de contagem	139
2.2.3 Estimativa dos componentes da paisagem	140
2.2.4 Dados socioambientais	142
2.3. Análise de dados	143
3. Resultados	144
4. Discussão	149

Agradecimentos	154
Referências	155
CONSIDERAÇÕES FINAIS	163
APÊNDICE	166
Apêndice A – Diagnóstico da unidade de produção familiar (UPF)	166
Apêndice B – Termo de consentimento livre e esclarecido	169
ANEXO	172
Anexo A – Ofício nº 2270/2024/GS/SEMA	172
Anexo B – Dados das contagens de pirarucu (juvenis e adultos) no período de seca: realizadas entre 2018 e 2023	173

1. INTRODUÇÃO GERAL

A região amazônica abriga um dos maiores e mais complexos sistemas de zonas úmidas do mundo, com aproximadamente 840.000 km² de área e dezenas de quilômetros de dimensões laterais, cuja dinâmica ecológica, diversidade biológica e importância socioeconômica são amplamente reconhecidas (Mérona, 1993; Junk *et al.*, 2012; Hess *et al.*, 2015; Fleischmann *et al.*, 2023). Dentro desse contexto, os ambientes de várzea amazônica têm servido de cenário de múltiplas pesquisas e iniciativas de conservação e manejo sustentável de recursos naturais (McGrath *et al.*, 2008; Castello; Stewart, 2010; Oviedo; Bursztyn; Drummond, 2015).

Um dos exemplos mais emblemáticos é o manejo comunitário do pirarucu, que tem possibilitado a recuperação das populações naturais, o envolvimento direto das comunidades na tomada de decisões e a geração de renda para populações ribeirinhas (Viana *et al.*, 2004; Queiroz, 2005; Arantes; Garcez; Castello, 2006; Viana *et al.*, 2007; Castello *et al.*, 2009; Arantes *et al.*, 2010; Amaral; Almeida, 2013; Petersen *et al.*, 2016; Campos-Silva; Hawes; Peres, 2019). No entanto, a sustentabilidade do manejo comunitário do pirarucu depende não apenas de aspectos ecológicos, mas também de uma integração da estrutura da paisagem e dos fatores socioambientais na qual está inserido (Queiroz, 2000; Castello, 2008a; Castello *et al.*, 2009; Ostrom, 2009; Castello; Viana; Pinedo-Vasquez, 2011; Arantes *et al.*, 2013; Amaral; Almeida, 2013; Arantes *et al.*, 2022).

Atualmente, o estado do Amazonas conta com mais de 40 áreas de manejo comunitário do pirarucu, distribuídas entre Unidades de Conservação (UC's), Terras Indígenas (TI's) e áreas de Acordo de Pesca (AP's), em 23 municípios. Esse sistema de manejo possibilitou uma produção anual de cerca de 4.500 toneladas, gerando aproximadamente 25 milhões de reais em receitas para 4.000 famílias residentes nas comunidades ribeirinhas (Coletivo do Pirarucu, 2024). Em todas as localidades onde o manejo

comunitário do pirarucu foi implementado tem-se observado a recuperação da população natural (Arantes; Garcez; Castello, 2006; Castello *et al.*, 2009; Campos-Silva; Peres, 2016; Petersen *et al.*, 2016; Campos-Silva; Hawes; Peres, 2019).

O aumento da abundância do pirarucu têm sido associado a fatores ambientais, como volume, profundidade e conectividade dos lagos de várzea (Arantes *et al.*, 2013). Assim como, áreas de macrófitas aquáticas, chavascais e restingas (Arantes; Castello, 2013; Affonso *et al.*, 2013). Uma diversidade de estudos já relacionaram parâmetros populacionais da ictiofauna aos componentes da paisagem na região Amazônica (Castello, 2008a; Affonso *et al.*, 2013; Lobón-Cerviá *et al.*, 2015; Arantes *et al.*, 2017; Freitas *et al.*, 2018; Arantes *et al.*, 2019a; Pereira *et al.*, 2023). Componentes da paisagem como água aberta, macrófitas e floresta inundada podem influenciar o comportamento, a reprodução e a sobrevivência do pirarucu (Queiroz, 2000; Castello, 2008a; Arantes *et al.*, 2013).

Da mesma forma, fatores antropogênicos também podem exercer influência direta sobre a abundância de pirarucu (Andrade *et al.*, 2011; Arantes *et al.*, 2022). Segundo Arantes *et al.* (2022), que realizaram um estudo envolvendo 83 comunidades no estado do Pará, onde avaliaram seis princípios institucionais (limites definidos, congruência entre regras e condições locais, arranjo de ação coletiva, sistema de monitoramento, sanções graduais e mecanismos de resolução de conflitos), observaram que os princípios que exerceram maior influência sobre a capacidade de aumentar a densidade de pirarucu foram limites definidos e sanções graduais. Consideramos que a sustentabilidade dos acordos de pesca e do manejo comunitário do pirarucu é co-dependente do comportamento socioambiental nas comunidades e de suas organizações sociais (Amaral; Almeida, 2013; Castello *et al.*, 2013; Campos-Silva; Peres, 2016). Apesar da temática amplamente investigada, nenhum estudo buscou integrar de forma simultânea a influência dos componentes da paisagem e das variáveis socioambientais sobre a abundância de pirarucu. Essa lacuna pode dificultar a elaboração de políticas públicas

baseadas em estudos locais que abordem a complexidade dos sistemas socioecológicos amazônicos.

Nesse contexto, o primeiro eixo desta pesquisa aborda os aspectos socioambientais dos atores sociais e das organizações que realizam o manejo comunitário do pirarucu. Elementos como o conhecimento etnoictiológico dos manejadores, a aptidão agrícola das famílias e a gestão participativa das associações foram avaliados. O segundo eixo centrou-se na identificação e classificação dos componentes da paisagem, com ênfase na caracterização de componentes da paisagem como água aberta, macrófitas, floresta inundada e floresta não inundada. Para isso, foram utilizados dados de sensoriamento remoto e aerofotogrametria com uso de drone, além de técnicas de processamento digital de imagens com diferentes algoritmos de classificação supervisionada. No terceiro eixo, estabeleceu-se uma conexão direta entre os fatores socioambientais, os componentes da paisagem e a abundância de pirarucu nas áreas de acordo de pesca que realizam o manejo comunitário.

Diante desse cenário, o objetivo geral desta pesquisa foi avaliar a relação integrada entre a abundância de pirarucu, os componentes da paisagem dos lagos de várzea da planície inundada amazônica e o comportamento socioambiental das comunidades ribeirinhas em áreas de acordo de pesca no município de Coari, Amazonas, Brasil. A hipótese central testada é de que a abundância de pirarucu é positivamente influenciada pela área de cobertura dos componentes da paisagem no ambiente de várzea e por maiores níveis de comportamento socioambiental dos atores sociais e suas organizações. Nosso estudo poderá contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas, para a construção de modelos de manejo mais adaptativos, fundamentados em evidências científicas, capazes de responder aos desafios impostos pelas mudanças ambientais e pela pressão crescente sobre os recursos naturais da Amazônia.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar a relação entre a abundância de pirarucu (*Arapaima gigas*), os componentes da paisagem dos lagos de várzea da planície inundada Amazônica e o comportamento socioambiental das comunidades ribeirinhas nas áreas de acordo de pesca no município de Coari, Amazonas, Brasil.

2.2. Objetivos Específicos

Analisar se o conhecimento etnoictiológico dos manejadores, a aptidão agrícola dos atores sociais e a gestão participativa das associações exercem influência sobre a abundância de pirarucu manejado em áreas de acordo de pesca;

Identificar os componentes da paisagem em ambiente de várzea amazônica, utilizando fotografias aéreas obtidas por drone, imagens de satélite e técnicas de processamento digital de imagens;

Avaliar se os componentes da paisagem dos lagos de várzea amazônicos influenciam a abundância de pirarucu em áreas de acordo de pesca no município de Coari, Amazonas, Brasil.

3. HIPÓTESES

O presente estudo busca contribuir com informações acerca da abundância de pirarucu (*Arapaima gigas*) em áreas de acordo de pesca que realizam manejo comunitário, integrando a análise dos componentes da paisagem, por meio de sua identificação e quantificação, para a caracterização ambiental das planícies inundadas da várzea amazônica, utilizando técnicas de aerofotogrametria, sensoriamento remoto e processamento digital de imagens. Da mesma forma, avalia-se se o comportamento socioambiental das comunidades ribeirinhas, representado pelo conhecimento etnoictiológico dos manejadores, pela aptidão agrícola dos atores sociais e pela gestão participativa das associações exerce influência sobre a abundância de pirarucu.

As hipóteses testadas são:

H₀: O conhecimento etnoictiológico dos manejadores, a aptidão agrícola dos atores sociais e a gestão participativa das associações não influenciam a abundância de pirarucu em áreas de acordo de pesca;

H₁: O conhecimento etnoictiológico dos manejadores, a aptidão agrícola dos atores sociais e a gestão participativa das associações influenciam a abundância de pirarucu em áreas de acordo de pesca;

H₀: Os componentes da paisagem dos ambientes de várzea amazônica não podem ser identificados por meio de aerofotogrametria, sensoriamento remoto e processamento digital de imagens;

H₁: Os componentes da paisagem dos ambientes de várzea amazônica podem ser identificados por meio de aerofotogrametria, sensoriamento remoto e processamento digital de imagens;

H0: Os componentes da paisagem dos lagos de várzea amazônico não exercem influência sobre a abundância de pirarucu em áreas de acordo de pesca;

H1: Os componentes da paisagem dos lagos de várzea amazônico exercem influência sobre a abundância de pirarucu em áreas de acordo de pesca;

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Biologia e ecologia do pirarucu (*Arapaima gigas*)

O pirarucu (*Arapaima gigas*), pertencente à ordem Osteoglossiformes e à família Arapaimidae, habita principalmente as planícies inundadas da bacia do rio Amazonas, podendo ser encontrado em lagos, florestas inundadas, rios e drenagens costeiras do Brasil (Castello, 2008a; Arantes *et al.*, 2010). É conhecido como o maior peixe de escamas do mundo encontrado em ambiente de água doce, podendo atingir até três metros de comprimento e pesar mais de 200 kg (Queiroz, 2000).

Considerado uma espécie carnívora (Sanchez, 1969; McConnell; Lowe-McConnell, 1987), o pirarucu tem seu hábito alimentar abordado em diversos estudos (Sanchez, 1969; Junk, 1984; Castello; Stewart, 2010; Carvalho *et al.*, 2018). Na fase jovem, conhecidos como “bodecos” alimentam-se de pequenos invertebrados, como insetos, crustáceos e moluscos. Quando adultos, sua dieta consiste principalmente em peixes (Queiroz, 2000). Alguns dos principais itens alimentares consumidos pelo pirarucu são encontrados predominantemente nas zonas submersas das macrófitas aquáticas nos ambientes de várzea (Junk, 1984; Petry; Bayley; Markle, 2003; Hercos *et al.*, 2013). Além disso, os bancos de macrófitas aquáticas também são utilizados como berçários e refúgios contra predadores (Junk; Furch, 1993; Queiroz, 2000; Sánchez-Botero; Araújo-Lima, 2001; Schiesari *et al.*, 2003; Lopes *et al.*, 2011; Bulla *et al.*, 2011; Carvalho *et al.*, 2018).

Seu ciclo reprodutivo é demasiadamente complexo, envolvendo a formação de casais, a construção de ninhos e o cuidado parental com a prole (Queiroz, 2000). O pirarucu atinge a maturidade sexual entre quatro e cinco anos de idade, com peso entre 40 e 45 kg e comprimento total entre 165 e 168 cm (Queiroz, 2000; Lopes; Queiroz, 2009a; Coutinho, 2008; Arantes *et al.*, 2010). Sua biologia reprodutiva está intrinsicamente relacionada à flutuação dos níveis das águas, sendo influenciada pela diversidade de habitats aquáticos utilizados pela espécie ao longo do ciclo reprodutivo (Queiroz, 2000; Castello, 2008a; Arantes *et al.*, 2013; Arantes *et al.*, 2017). O pirarucu não apresenta dimorfismo sexual evidente, entretanto, durante o período reprodutivo, a espécie manifesta dicromatismo sexual, quando é possível diferenciar os indivíduos machos das fêmeas, por sua coloração avermelhada característica (Fontenele, 1948; Lopes; Queiroz, 2009b).

O pirarucu é classificado como uma espécie sedentária, e seus deslocamentos longitudinais (ao longo do canal principal do rio) ainda são pouco conhecidos (Goulding; Smith; Mahar, 1996; Castello, 2008a). Segundo o estudo de Queiroz (2000), que utilizou uma metodologia de marcação e recaptura, a espécie apresenta uma dispersão média de 13,7 km por ano. De acordo com Araripe *et al.* (2013), que empregaram uma abordagem genética para avaliar a dispersão da espécie nas planícies inundadas, encontraram uma diferenciação significativa entre estoques naturais separados por aproximadamente 1.300 km. Corroborando os estudos de variabilidade genética em escalas espaciais, que indicam que a troca genética é significativamente restrita em distâncias superiores a 2.500 km (Hrbek *et al.*, 2005; Hrbek; Crossa; Farias, 2007; Farias *et al.*, 2019). Entretanto, estudos periódicos descreveram, com riqueza de detalhes, os deslocamentos laterais do pirarucu ao longo das planícies inundadas da várzea amazônica (McConnell; Lowe-McConnell, 1987; Junk, 1984; Fernandez, 1997; Castello, 2008a; Castello, 2008b; Castello; Stewart; Arantes, 2013; Campos-Silva; Hawes; Peres, 2019; Gurdak *et al.*, 2022).

A “migração lateral” (entre o canal principal do rio e os lagos) do pirarucu nos ambientes de várzea amazônica segue a dinâmica do pulso de inundação (McConnell; Lowe-McConnell, 1987; Castello, 2008a). Durante o período de águas baixas (seca) nos lagos de várzea, os pirarucus adultos formam casais. Com o início da (enchente), os machos constroem seus ninhos à beira da floresta de restinga, onde as fêmeas depositam os ovócitos, logo após a fertilização, o casal se reveza na proteção e oxigenação dos ovos até a eclosão, com um período de incubação que dura cerca de uma semana. Após o nascimento das larvas, as fêmeas deixam os ninhos, e os machos se encarregam de cuidar das proles pelos próximos três meses, sendo o cuidado parental marcado pela natação das larvas nas proximidades da cabeça do macho. O deslocamento para os ambientes de florestas inundadas, chavascais e restingas ocorre no período de (cheia), motivado pela variedade e disponibilidade de itens que fazem parte da dieta alimentar da espécie, encontrados nas áreas de floresta inundada e nos bancos de macrófitas aquáticas. Com a (vazante), os adultos se separam dos juvenis (com cerca de 30-50 cm de comprimento total), e ambos começam a retornar para os ambientes lacustres, onde permanecem durante o final da vazante e o novo período de seca, encerrando o deslocamento lateral e recomeçam um novo ciclo reprodutivo (Castello, 2008a, b, c).

4.2. Acordo de pesca e manejo comunitário do pirarucu

O setor pesqueiro na Amazônia passou por significativa transformação a partir da década de 1960, com a criação da Superintendência do Desenvolvimento da Pesca (SUDEPE), responsável pela implementação do Plano Nacional de Desenvolvimento da Pesca (PNDP). Esse plano impulsionou o crescimento da produção de pescado por meio de incentivos fiscais e da incorporação de novas tecnologias, tais como a utilização de embarcações maiores, motores mais potentes, novos instrumentos e equipamentos de pesca, caixas isotérmicas mais eficientes, redes de *nylon*, bem como a implantação de indústrias de

beneficiamento e fábricas de gelo. Esses avanços levaram os estoques pesqueiros das principais espécies comerciais a níveis insustentáveis em grande parte da região amazônica (Bayley; Petrere Jr, 1989; McGrath *et al.*, 1993; Castro; McGrath, 2001; Oviedo; Bursztyn; Drummond, 2015).

Neste contexto, as operações de pesca expandiram-se para novas localidades, provocando o agravamento no número de conflitos entre os atores sociais que faziam uso do recurso, principalmente aqueles que realizavam a pesca de subsistência contra os que praticavam a pesca comercial (McGrath *et al.*, 2008; Oviedo; Bursztyn; Drummond, 2015). Esse cenário motivou as comunidades ribeirinhas a se organizarem e constituírem organizações sociais, “associações de pescadores/agricultores”, que foram estabelecidas com apoio da Igreja Católica, configurando as primeiras tentativas de ordenar a pesca, proteger os ambientes aquáticos próximos às comunidades e garantir o sustento das famílias ribeirinhas, dando origem aos primeiros “Acordos de Pesca” da região Amazônica (Lima-Ayres, 1999; Benatti; McGrath; Oliveira, 2003).

Pautados na gestão participativa (cogestão), os acordos de pesca são instrumentos de ordenamento pesqueiro local que estabelecem regras para o “uso sustentável” dos recursos pesqueiros, construídos com a participação direta dos pescadores em conjunto com Organizações da Sociedade Civil (OSC) e Instituições Governamentais. Neste documento, são acordados o período de pesca, os apetrechos autorizados, as espécies e quantidades permitidas, as condições para o uso dos ambientes aquáticos (preservação, subsistência, manejo e comercialização), baseadas no macrozoneamento participativo, bem como instituem restrições e punições aos transgressores (McGrath *et al.*, 1993; McGrath; Castro; Futemma, 1994; Furtado, 1993; Lima-Ayres, 1999; Castro, 2000). A gestão dos recursos pesqueiros realizada de forma descentralizada é uma metodologia moderna, pois possibilita o

funcionamento de um sistema de gestão participativa que envolve atores sociais, entidades e o Estado (Castro; McGrath, 2001; Oviedo; Bursztyn; Drummond, 2015).

Considerando a relevância deste instrumento para redução de conflitos sociais e conservação dos recursos pesqueiros, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) regulamentou os procedimentos para a criação dos acordos de pesca no estado do Amazonas, por meio da Instrução Normativa (IN) nº 29, de 31 de dezembro de 2002. Para a criação dos acordos de pesca foram estabelecidas as seguintes etapas: a) mobilização da comunidade; b) reuniões comunitárias; c) assembleias intercomunitárias; d) retorno das propostas discutidas; e) encaminhamentos; f) divulgação e publicidade; g) monitoramento; h) avaliação. Este modelo de gestão integra a conservação da biodiversidade com demandas sociais locais, gerando visíveis benefícios ecológicos, sociais, culturais e econômicos (Castro, 2002; McGrath *et al.*, 2008; Almeida; Lorenzen; McGrath, 2009; Oviedo; Bursztyn; Drummond, 2015; Campos-Silva; Peres, 2016; Freitas *et al.*, 2019; Campos-Silva *et al.*, 2020). Mais recentemente, a Instrução Normativa nº 002/2025, publicada pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA), regulamentou os critérios e procedimentos para a formulação e implantação desses acordos. A normativa estabelece diretrizes para participação comunitária, zoneamento dos ambientes aquáticos e regras específicas para o uso dos recursos pesqueiros, reforçando a necessidade de governança local, monitoramento contínuo e integração dos órgãos ambientais na fiscalização da pesca.

Os princípios da gestão participativa dos recursos pesqueiros foram replicados no manejo comunitário de pirarucu, orientados por bases técnica-científicas e pelo conhecimento tradicional dos pescadores (Queiroz, 2005; Castello *et al.*, 2009; Petersen *et al.*, 2016; Campos-Silva; Peres, 2016). A primeira experiência com o manejo comunitário de pirarucu no estado do Amazonas ocorreu em 1999, na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (RDS-Mamirauá), contando com a participação de cerca de 200 pescadores e

envolvendo um sistema de rodízio de 31 lagos de várzea. A primeira “cota de captura” para a pesca do pirarucu manejado foi de aproximadamente três mil toneladas (3.000 t.), concedida pelo IBAMA/AM (Bayley *et al.*, 1992; Viana *et al.*, 2004; Viana *et al.*, 2007; Castello *et al.*, 2009).

O manejo comunitário de pirarucu envolve uma série de etapas e procedimentos, em que os manejadores participam de capacitações técnicas (reuniões, palestras, oficinas e cursos), estabelecem regras de uso (apetrechos autorizados, espécies e quantidades capturadas, zoneamento e categorização de áreas), realizam estimativas de abundância (contagem), protegem os corpos d’água (vigilância), pescam e comercializam a produção (planejamento mercadológico). É um sistema de pesca comunitária baseado na divisão do trabalho (Viana *et al.*, 2007; Castello *et al.*, 2009; Campos-Silva; Peres, 2016). A pesca manejada de pirarucu no estado do Amazonas foi regulamentada pelo Decreto Estadual nº 36.083, de 23 de julho de 2015. Esse alicerce legal possibilita ações de comanejo para o uso sustentável dos recursos pesqueiros, proporcionando avanços significativos na recuperação das populações naturais de pirarucu, na conservação dos ambientes de várzea, na manutenção de práticas culturais (contagens) e na melhoria da qualidade de vida das populações ribeirinhas (Castello, 2004; Queiroz, 2005; Viana *et al.*, 2007; Amaral, 2009; Castello *et al.*, 2009; Arantes *et al.*, 2010; Andrade *et al.*, 2011; Amaral; Almeida, 2013; Petersen *et al.*, 2016; Campos-Silva; Hawes; Peres, 2019; Freitas *et al.*, 2020).

4.3. Caracterização ambiental dos lagos de várzea amazônicos

A bacia do rio Amazonas comporta uma das maiores e mais complexas zonas úmidas do mundo, representando um ambiente de suma importância para a conservação e manutenção do clima, biodiversidade, ciclos biogeoquímicos, transporte de material particulado, além de atividades humanas, tais como agricultura e pesca (Richey *et al.*, 1990; Dunne *et al.*, 1998;

Melack; Forsberg, 2001; Abril *et al.*, 2014; Armijos *et al.*, 2020). A zona úmida amazônica consiste em uma área de aproximadamente 840.000 km², cujas dimensões laterais podem atingir dezenas de quilômetros (Hess *et al.*, 2003; Junk *et al.*, 2012; Hess *et al.*, 2015; Melack, 2016). Uma grande parcela dessa área está sujeita a inundações periódicas e/ou sazonais pelo transbordamento dos afluentes que os cortam (Junk; Bayley; Sparks, 1989; Melack; Hess, 2010). A formação dos ecossistemas aquáticos está associada a habitats dinâmicos (temporais e espaciais), como florestas inundáveis, savanas, campos, rios e lagos (Melack; Coe, 2013; Hess *et al.*, 2015; Junk *et al.*, 2011; Reis *et al.*, 2019).

As planícies inundadas amazônicas são anualmente influenciadas pelo “pulso de inundação”, que apresenta uma característica monomodal, constituído por um período de chuvas intensas e um período de seca acentuada, com uma amplitude de até dez metros, promovendo processos erosivos e sedimentares, proporcionando a fragmentação periódica da floresta e alterando a disponibilidade de habitats (Junk; Bayley; Sparks, 1989; Sioli, 1991; Peixoto, 2007; Junk *et al.*, 2012; Reis *et al.*, 2019). A fase aquática (cheia) é marcada pelo transbordamento dos rios, o que ocasiona a intercomunicação entre os corpos d’água, ampliando a disponibilidade de ambientes aquáticos. Já na fase terrestre (seca), com a redução do volume de água, alguns dos ambientes aquáticos tornam-se isolados, principalmente os sistemas lacustres (Junk; Bayley; Sparks, 1989; Batista *et al.*, 2012).

Os lagos de várzea são paisagens aquáticas multiformes, localizadas nas depressões laterais da planície de inundação dos sistemas fluviais amazônicos, formadas por subunidades, conectadas por canais (canos, furos e paranás) a um sistema fluvial principal (Junk, 1984; Petry; Bayley; Markle, 2003). Os lagos fazem parte de um mosaico com diferentes formações geológicas, geomorfológicas e fluviais, com uma diversidade de tamanhos e formatos (redondos, alongados, em ferradura, dendríticos), com baixa profundidade na maioria dos casos, embora haja algumas exceções (Forsberg *et al.*, 1988; Sioli, 1991; Junk, 1997; Esteves,

1998; Dunne *et al.*, 1998; Hurd *et al.*, 2016). São ambientes altamente produtivos, onde o nitrogênio e o fósforo são os principais nutrientes limitantes da produção primária (Forsberg *et al.*, 1988; Furch; Junk, 1997).

A caracterização ambiental dos lagos de várzea amazônicos pode ser feita por meio da sua estrutura morfológica, morfométrica, biológica e limnológica (Bain; Hughes; Arend, 1999). Outra abordagem se dá por meio da estrutura e função da paisagem, também denominada “componentes da paisagem”, que podem ser estudados em diferentes escalas espaciais e temporais e/ou na sua combinação (Ward, 1989; Novo; Shimabukuro, 1997; Ward; Wiens, 2001; Ward; Malard; Tockner, 2002; Hess *et al.*, 2003; Silva; Costa; Melack, 2010; Renó *et al.*, 2011; Junk *et al.*, 2011; Junk *et al.*, 2012; Hess *et al.*, 2015). O primeiro mapa com alta resolução produzido para as zonas úmidas da Amazônia pode ser encontrado no estudo de Hess *et al.* (2003), que mapeou uma porção da Amazônia Central utilizando imagens de radar de abertura sintética (*Synthetic Aperture Radar – SAR*), usadas para mapear a extensão das áreas inundadas e a vegetação em condições de águas baixas e altas. Em outro estudo, Hess *et al.* (2015) identificaram e quantificaram cinco classes de componentes da paisagem, sendo: água aberta, vegetação herbácea, arbustos, floresta inundada e floresta não inundada.

4.4. Abundância de pirarucu em ambientes de várzea amazônica

Um dos principais parâmetros utilizados como referência para o planejamento de ações de conservação e uso sustentável dos recursos pesqueiros está relacionado a estudos demográficos de densidade e abundância. Estimativas realistas do tamanho das populações podem direcionar esforços para a sua conservação, bem como possibilitar a elaboração de modelos de dinâmica populacional e avaliações de tendências futuras nas populações (Castello; Stewart; Arantes, 2011; Richman *et al.*, 2014). Lamentavelmente, não temos dados

suficientes para estimar o tamanho da população natural de pirarucu para a região Amazônica, embora as informações disponíveis na literatura sugere que as populações estejam sobrexplotadas (Castello; Stewart, 2010).

A inexistência de dados referentes às populações naturais de pirarucu para a região foi um dos principais entraves a serem superados para o desenvolvimento do manejo desta espécie. A primeira “cota de captura”, que se refere à biomassa de pirarucu autorizada pelos órgãos ambientais para a Reserva de Desenvolvimento Sustentável de Mamirauá (RDS-Mamirauá), foi estabelecida por meio do índice de estimativa de produção (0,3 kg/ha/ano), utilizado para a Amazônia Peruana (Bayley *et al.*, 1992). Após oito anos de manejo experimental (1999 a 2006), a população de pirarucu na RDS-Mamirauá aumentou cerca de nove vezes (de 2.200 para 20.650 indivíduos), bem como as cotas de captura (de 120 para 1.249 indivíduos), um aumento de dez vezes (Castello *et al.*, 2009). O método convencional de marcação e recaptura, amplamente utilizado na avaliação das populações naturais de peixes e também aplicado às populações de pirarucu, era relativamente caro e demandava grande disponibilidade de recursos financeiros e humanos, devido à extensão territorial e ao “custo Amazônia” (Castello, 2004; Campos-Silva; Hawes; Peres, 2019).

Os pesquisadores que acompanhavam o manejo comunitário na RDS-Mamirauá observaram um método tradicional utilizado pelos pescadores para diferenciar indivíduos juvenis e adultos quando estes subiam à superfície da água para respirar. Essa expertise foi aplicada no desenvolvimento de uma nova metodologia para estimar a abundância de pirarucu (Viana *et al.*, 2007; Arantes; Castello; Garcez, 2007; Andrade *et al.*, 2011). Essa metodologia foi validada por Castello (2004) e ficou conhecida popularmente como “contagem de pirarucu”. Posteriormente, observou-se que outros pescadores poderiam desenvolver as habilidades necessárias para realizar a contagem do pirarucu, desde que passassem por capacitações técnicas com abordagens teóricas e práticas. Os resultados obtidos por meio das

contagens apresentaram variações menores (10 a 30%) quando comparados às estimativas de abundância determinadas pelo método de marcação e recaptura, sendo que a menor variação (2 a 20%) ocorreu quando a contagem de pirarucu foi realizada por grupos de pescadores (Arantes; Castello; Garcez, 2007; Viana *et al.*, 2007; Andrade *et al.*, 2011).

No estudo realizado por Arantes *et al.* (2006) na RDS-Mamirauá e RDS-Anamã (Setores: Jarauá, Tijuca e Coraci e Lago Preto/Maraã), verificou-se a densidade de pirarucu (nº de indivíduos/km²) para indivíduos juvenis e adultos. Utilizando dados de contagens entre os anos 1999 e 2005 (Jarauá) e 2001 a 2005 (para os demais), os pesquisadores observaram que em todas as localidades estudadas, houve crescimento nas densidades de pirarucu quando comparadas aos anos anteriores ao manejo, independentemente da extensão territorial (18,5 a 562,8 km²). A densidade populacional de pirarucu variou ao longo dos anos entre os juvenis (2,31 a 1.327,54 ind./km²) e adultos (0,64 a 1.067,36 ind./km²). Quanto ao percentual de crescimento das densidades, os valores foram de 20% (Coraci), 169% (Tijuca), 525% (Jarauá) e 1.039% (Lago Preto/Maraã) (Arantes; Garcez; Castello, 2006).

No estudo realizado por Campos-Silva e Peres (2016), durante oito anos em 83 lagos do rio Juruá (AM), os pesquisadores acompanharam as contagens anuais de pirarucu nos lagos localizados dentro de áreas de manejo (lagos protegidos, de subsistência e de acesso livre) e lagos fora dessas áreas. Para os lagos localizados dentro das áreas manejadas, as estimativas populacionais foram significativamente diferentes entre as três categorias de uso, apresentando, lagos protegidos (304,8 ind./ha), lagos de subsistência (34,1 ind./ha) e lagos de acesso livre (9,2 ind./ha), com uma densidade populacional média nos lagos protegidos (0,294 ind./ha) e lagos de acesso livre (0,002 ind./ha). As taxas de crescimento populacional anualizadas foram negativas para os lagos de acesso livre (-7,1%), mas invariavelmente positivas para os lagos de subsistência e protegidos (22,7% e 34,6%), respectivamente. Quando comparadas ao início do manejo comunitário, a população de pirarucu aumentou

213,3% em lagos protegidos e 193,5% em lagos de subsistência, já os lagos de acesso livre, houve redução ou estabilidade.

No estudo realizado por Petersen *et al.* (2016) na RDS-Piagaçu Purus (AM), os pesquisadores avaliaram as populações de pirarucu em áreas manejadas e não manejadas. Inicialmente, foi observada uma densidade populacional (0,01 ind./ha) para ambas as áreas. Ao final de seis anos, os lagos inseridos em áreas de manejo comunitário aumentaram sua densidade média para (0,08 ind./ha), um crescimento de 77% (Petersen *et al.*, 2016). Em outro estudo realizado no rio Juruá (AM), dados coletados em 21 lagos, localizados dentro e fora da Unidade de Conservação (RDS-Uacari e Reserva Extrativista do Médio Juruá), indicaram um aumento populacional de 425,2% dentro de áreas protegidas e 397,5% fora de áreas protegidas, evidenciando a recuperação populacional mesmo em áreas não protegidas (Campos-Silva; Hawes; Peres, 2019).

Uma diversidade de fatores ambientais e humanos pode influenciar negativamente a qualidade dos resultados para a determinação da abundância de pirarucu nos ambientes de várzea amazônica, tais como a indisponibilidade de pescadores experientes e treinados, a falta de recursos financeiros para a realização das contagens, a dificuldade de acesso aos ambientes manejados, a existência de pesca ilegal, a possibilidade de aumento das cotas de captura e a dispersão para outros ambientes devido a flutuação do nível das águas (Castello, 2004; Arantes; Castello; Garcez, 2007; Andrade *et al.*, 2011). Entretanto, o método de contagem de pirarucu chega a ser 200 vezes mais rápido de ser executado quando comparado ao método de marcação e recaptura (Castello, 2004; Castello *et al.*, 2009). Assim como, as cotas de captura (até 30% do total de pirarucu contados no ano anterior) continuam sendo autorizadas pelos órgãos ambientais com base na estimativa de abundância utilizando o método de contagem de pirarucu (Andrade *et al.*, 2011).

4.5. Componentes da paisagem e assembleias de peixes

A dinâmica sazonal da várzea amazônica possibilita a sobrevivência de muitas espécies de peixes (Welcomme, 1985; Castello; Isaac; Thapa, 2015; Goulding *et al.*, 2019). Diversos estudos verificaram a relação entre as assembleias de peixes e seus habitats, essenciais para a obtenção dos recursos necessários à sobrevivência, crescimento e reprodução (Brown, 1984; Araújo-Lima; Agostinho; Fabré, 1995; Goulding; Smith; Mahar, 1996; Gomes; Agostinho, 1997; Castello, 2008b, 2008c; Freitas *et al.*, 2014; Castello; Isaac; Thapa, 2015; Goulding *et al.*, 2019). Assim como há uma relação entre as assembleias de peixes e os componentes da paisagem, principalmente as classes de água aberta, macrófitas aquáticas e florestas inundadas (Silva; Costa; Melack, 2010; Renó *et al.*, 2011; Hercos *et al.*, 2013; Lobón-Cerviá *et al.*, 2015; Arantes *et al.*, 2017; Castello *et al.*, 2017; Freitas *et al.*, 2018; Arantes *et al.*, 2019b; Goulding *et al.*, 2019; Barros *et al.*, 2020; Pereira *et al.*, 2023).

No estudo realizado por Castello *et al.* (2017), os pesquisadores avaliaram o rendimento pesqueiro em 68 sistemas de lagos de várzea do baixo rio Amazonas e o relacionaram a cinco classes de componentes da paisagem (lago, floresta, arbusto, macrófitas aquáticas e vegetação herbácea), todas derivadas de um mosaico de imagens do *Japanese Earth Resources Satellite-1 (JERS-1)*. Dentre os componentes da paisagem, a “floresta” apresentou uma relação positiva com a produção pesqueira, sugerindo que a perda contínua da cobertura florestal das planícies inundadas da várzea amazônica causaria efeitos prejudiciais às assembleias de peixes. A manutenção das florestas de várzea assegura a continuidade das pescarias, bem como a subsistência e a renda das comunidades ribeirinhas.

Assim como Freitas *et al.* (2018), que pesquisaram o grau em que os componentes da paisagem dos lagos de várzea amazônica influenciavam as assembleias de peixes. O estudo foi realizado em 15 lagos na planície inundada da Amazônia Central, e os componentes da paisagem utilizados foram água aberta, herbácea inundada, arbustos inundados e florestas

inundadas. As classes utilizadas foram derivadas de imagens de radar de abertura sintética (*Synthetic Aperture Radar – SAR*) de banda L com 100 m. O estudo identificou a importância dos componentes da paisagem na determinação da diversidade das assembleias de peixes em lagos de várzea amazônica. A escala espacial também foi considerada significativa para a diversidade de peixes, uma vez que os efeitos da paisagem foram mais evidentes em escalas espaciais maiores. A riqueza total de espécies mostrou-se mais sensível às variações nas áreas da paisagem do que o número de espécies dentro das guildas, e a extensão espacial da classe de arbustos foi mais influente na diversidade de espécies de peixes.

Segundo Arantes *et al.* (2019a), que avaliaram os padrões espaciais da diversidade de peixes associados aos componentes da paisagem nos sistemas de lagos na planície de inundação do baixo rio Amazonas. Os componentes da paisagem utilizados foram floresta, vegetação herbácea e água aberta (lagos e canais secundários), identificados por meio de imagens (*Land Remote Sensing Satellite – LANDSAT*), com resolução espacial de 30 metros. Os resultados demonstraram que os padrões espaciais da diversidade de peixes estão associados à cobertura florestal, observando-se que os habitats com maior cobertura florestal tendem a apresentar maior biomassa total de peixes e de espécies com importância para a pesca comercial. A perda da cobertura florestal impacta negativamente a biomassa de peixes e a diversidade funcional das assembleias em escalas locais e regionais.

Bem como Pereira *et al.* (2023), que investigaram as potenciais relações entre as taxas de captura pesqueira e a extensão dos tipos de cobertura da terra em lagos das planícies inundadas médias e baixas do rio Amazonas. Foram utilizados e quantificados os componentes da paisagem em torno de 23 lagos, dentro de buffers de 1.000 e 2.000 metros, onde se observou a predominância de vegetação herbácea alagada na porção inferior a jusante e a predominância de arbustos e florestas alagadas a montante. Nos modelos apresentados, a região foi consistentemente a variável de maior importância relativa ($\Sigma w_i > 0,9$), indicando

uma maior taxa de captura pesqueira na região do médio Amazonas quando comparada ao baixo Amazonas. Os arbustos alagados, quantificados em menor escala, foram o tipo de cobertura do solo de maior influência, levando a maiores taxas de captura pesqueira, independentemente da região.

Observou-se nos estudos anteriores que as características biológicas e ecológicas do pirarucu também possuem forte relação com os ambientes de várzea amazônica (Queiroz, 2000; Castello, 2008a, 2008b, 2008c; Richard *et al.*, 2018; Campos-Silva; Hawes; Peres, 2019). Segundo Affonso (2012), que analisou a relação entre as características ambientais da planície de inundação e a densidade de pirarucu nos lagos da RDS-Mamirauá entre 1999 e 2009, a densidade de pirarucu é influenciada de forma diferenciada pelas variáveis ambientais a cada ano, tais como área do lago, distância do rio principal, proporção de restinga e chavascais e área de cobertura de macrófitas aquáticas. A cobertura de macrófitas aquáticas no período de cheia pode influenciar o número de indivíduos de pirarucu no ano seguinte, com maior ênfase nos indivíduos mais jovens. Além disso, a cobertura de macrófitas aumenta a probabilidade de sobrevivência dos pirarucus recém-eclodidos, fornecendo proteção e alimento durante os primeiros meses de vida.

Segundo Arantes *et al.* (2013), a abundância do pirarucu está positivamente relacionada ao volume, profundidade e conectividade dos lagos. A princípio, a razão pela qual o pirarucu preferi habitats profundos, grandes e conectados parece ser a sobrevivência, já que estes ambientes possuem menor suscetibilidade a eventos de secas extremas e proporcionam maior mobilidade e disponibilidade de recursos alimentares (Queiroz, 2000). Entretanto, poucos são estudos que relacionaram as populações naturais de pirarucu aos componentes da paisagem. Assim como, é importante a utilização de novas abordagens metodológicas para o entendimento da relação entre as populações naturais de pirarucu e os efeitos da heterogeneidade ambiental, uma vez que a espécie apresenta variações locais de suas

características populacionais (Arantes; Castello, 2013). Ou seja, o sensoriamento remoto é uma ferramenta que possibilita caracterizar, em diversas escalas espaciais e temporais, os ambientes por meio da identificação e quantificação dos componentes da paisagem, podendo essas informações ser utilizadas para o estudo das assembleias de peixes (Hess *et al.*, 2015; Castello *et al.*, 2017; Freitas *et al.*, 2018; Arantes *et al.*, 2019a; Goulding *et al.*, 2019; Barros *et al.*, 2020).

4.6. Sensoriamento remoto e processamento digital de imagem

O Sensoriamento Remoto (SR) é a ciência composta por técnicas para obtenção de imagens da superfície terrestre, utilizando sensores que realizam a captação e a medição da energia refletida pelos materiais “alvos” em resposta à interação com a energia eletromagnética (REM) (Schowengerdt, 2007; Silva *et al.*, 2008; Meneses; Almeida, 2012; Calijuri; Cunha, 2013; Gomes; Cubas, 2021). Os sensores possuem a capacidade de interagir com a REM em determinada faixa do espectro, podendo assim ser interpretados pelos usuários (Barbosa; Novo; Martins, 2019). Existem dois grupos de sensores utilizados no SR, os sensores passivos, que detectam a REM emitida ou refletida pelos objetos, e os sensores ativos, que emitem radiação própria para captar informações dos objetos (Novo, 2010; Santos, 2013; Meneses; Almeida, 2012).

Os satélites que atualmente orbitam a Terra apresentam uma variedade de sensores, tais como OLI (*Operational Land Imager*), MSS (*Multispectral Scanner System*), TM (*Thematic Mapper*), ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*), TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) e MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) (Formaggio; Sanches, 2017). A seleção do sensor a ser utilizado é baseada em quatro parâmetros principais, denominados resoluções, sendo: a) Resolução espacial, que determina o tamanho do menor objeto que pode ser identificado na imagem; b) Resolução espectral, que determina o número

de bandas do sensor, a largura das faixas em comprimento de onda e a posição das bandas quanto ao espectro eletromagnético; c) Resolução radiométrica, que define o número de níveis de radiância que o detector pode discriminar; d) Resolução temporal, que corresponde à frequência que o sensor revisita a área e obtém as imagens (Meneses; Almeida, 2012; Santos, 2013; Gomes; Cubas, 2021).

Uma das séries de satélites mais conhecidas é o *Land Remote Sensing Satellite* (LANDSAT), que teve início na década de 1960 e foi desenvolvido pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) para atuar em pesquisas de observação dos recursos naturais. Já foram lançados nove satélites da série LANDSAT, todos captando imagens multiespectrais. Atualmente, a plataforma LANDSAT-8 funciona com dois instrumentos imageadores: *Operational Land Imager* (OLI), contendo nove (09) bandas espectrais, incluindo a banda pancromática, e *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) com duas (02) bandas. O LANDSAT-8 possui resolução temporal de 16 dias e resolução espacial de 30 m banda multiespectral, 15 m para a banda pancromática e 100 m banda termal (USGS, 2018).

Os estudos de sensoriamento remoto compreendem duas etapas fundamentais, coleta e análise dos dados (Santos, 2013). Para a análise, a metodologia usualmente empregada é o Processamento Digital de Imagens (PDI), que consiste na aplicação de operações matemáticas e estatísticas que melhorar a qualidade espacial e espectral das imagens, tornando-as mais adequadas para determinada aplicação (Meneses; Almeida, 2012; Gomes; Cubas, 2021). Antes do processamento, é necessário realizar o pré-processamento das imagens, cuja finalidade é corrigir erros e distorções, como ruídos espúrios, interferências atmosféricas (erros radiométricos) e distorções geométricas relacionadas à geometria de imageamento. O pré-processamento constitui uma etapa importante do processamento de imagens, pois, sem ele, as imperfeições comprometer a qualidade da análise (Centeno, 2003; Moreira, 2005; Florenzano, 2007; Novo, 2010; Meneses; Almeida, 2012; Gomes; Cubas, 2021).

Os softwares especializados em PDI dividem as metodologias de análise de imagem em realce e classificação. Dentre a diversidade de métodos de classificação de imagens, destacam-se a classificação por regiões e por pixel (Meneses; Almeida, 2012). A análise de imagem baseada em pixel utiliza a informação espectral de cada pixel para identificar regiões homogêneas, analisando a probabilidade de o pixel pertencer a uma determinada classe específica. O resultado é um mapa digital de pixels classificados, representados por cores, onde cada pixel identifica classes específicas de alvos reais da natureza (Meneses; Almeida, 2012; Moffett; Gorelick, 2013; Cordeiro; Rossetti, 2015).

A classificação das imagens pode ser realizada de forma não-supervisionada, sem a participação de um analista ou supervisionada, com a participação do analista no processo de classificação (Mahdavi *et al.*, 2017; Gomes; Cubas, 2021). A classificação supervisionada é mais comumente utilizada em pesquisas e requer um conhecimento prévio das classes de alvos que serão estudadas (Campbell, 1996; Castillejo-González *et al.*, 2009). Os algoritmos utilizados necessitam de treinamento para poder distinguir uma classe das outras. Nesse processo, são escolhidas pequenas áreas ou pixels (amostras), representativos de determinado alvo, sendo que coletas de dados em campo auxiliam na identificação dos alvos (South; Qi; Lusch, 2004). Um bom treinamento se reflete em classificações mais acuradas e que realmente representam as categorias de alvos presente na superfície terrestre. Há vários algoritmos de classificação supervisionada, como distância mínima, paralelepípedo, distância de Mahalanobis e Máxima Verossimilhança (Lu; Weng, 2007; Meneses; Almeida, 2012). Uma das últimas etapas da classificação digital de imagens é a validação dos resultados obtidos. A acurácia da classificação depende de diversos fatores, como a complexidade do terreno, resolução espacial e espectral do sensor, o tipo de algoritmo de classificação e o conjunto de dados que representa os alvos terrestres, entre outros. Geralmente, a acurácia é representada por índices como (Acurácia Global, Índice Kappa e Tau), calculados a partir de

uma matriz de erro, que expressa a concordância entre o conjunto de amostras e a imagem classificada (Cohen, 1960; Gong; Howarth, 1990; Ma; Redmond, 1995; Brites; Soares; Ribeiro, 1996; Congalton, 2001; Foody, 2002).

No Brasil, as técnicas de sensoriamento remoto foram utilizadas inicialmente na década de 1940 nos primeiros mapeamentos temáticos. O Projeto Radambrasil é considerado um dos marcos mais significativos da aplicação do SR, tendo como objetivo representar espacialmente as classes fisionômicas da cobertura vegetal de todo o território nacional, além de realizar estudos sobre o meio ambiente e os recursos naturais, aplicados à geologia, geomorfologia e solos (Ponzoni; Shimabukuro; Kuplich, 2019). Pesquisas utilizando SR foram fundamentais para a compreensão dos processos hidrológicos, ecológicos e de uso e ocupação do solo na bacia Amazônica. Além disso, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) tem empregado essas técnicas para o monitoramento do desmatamento na Amazônia, por meio do Programa de Monitoramento do Desmatamento (PRODES), do Projeto TerraClass e mais recentemente do Projeto MapBiomas (Mertes *et al.*, 1995; INPE, 2019a, 2019b). Estudos com SR na região Amazônica utilizando imagens de radar aerotransportado são considerados referência até os dias atuais para novos mapeamentos realizados no país (Mertes *et al.*, 1995; Novo; Shimabukuro, 1997; Kasischke; Melack; Dobson, 1997; Sippe *et al.*, 1998; Hansen *et al.*, 2000; Siqueira *et al.*, 2000; Saatchi *et al.*, 2000; Chapman; Siqueira; Freeman, 2002; Hess *et al.*, 2003; Frappart *et al.*, 2005; Wilson *et al.*, 2007; Martinez; Toan, 2007; Melack; Hess, 2010).

4.7. Aerofotogrametria

Após os conflitos ocorridos no século XIX houve um desenvolvimento significativo das ferramentas utilizadas para representação e mapeamento terrestre, dando origem aos primeiros estudos de fotogrametria (Colwell, 1997; Silva, 2012). A fotogrametria pode ser

definida como a ciência utilizada para obtenção de informações sobre os objetos físicos, por meio de processos de gravação, medição e interpretação de imagens fotográficas e os padrões de energia eletromagnética radiante (Almeida *et al.*, 2016). Com o desenvolvimento da aviação, possibilitou a captação de fotografias aéreas da superfície terrestre, impulsionando o desenvolvimento de sistemas mecânicos, instrumentos com maior precisão e melhores conjuntos de lentes, dando início a aerofotogrametria (Loch; Lapolli, 1998; Silva, 2012; Almeida *et al.*, 2016).

A aerofotogrametria tem por finalidade a identificação de formas e determinação de objetos “alvos” terrestre por meio de fotografias aéreas. Atualmente é utilizada em inúmeras áreas e aplicações, tais como, projetos urbanísticos, construção de estradas, reconhecimento de áreas de risco, dimensionamento de jazidas de minérios, estudo de áreas de reflorestamentos, agricultura de precisão, dimensionamento de bacias hidrográficas, gestão de reservatórios, represas e usinas, entre outros (Almeida; Giongo, 2014; Singhal; Bansod; Mathew, 2018; Correa *et al.*, 2018; Gomes; Cubas, 2021). Apesar da aplicabilidade e dos benefícios que a aerofotogrametria possibilita, o uso de aeronaves tripuladas restringe-se ao mapeamento de grandes áreas, o que eleva os custos operacionais para aquisição de imagens (Jensen, 2009; Almeida; Giongo, 2014).

Diante dos altos custos operacionais a partir da utilização de aeronaves tripuladas, outros equipamentos vêm sendo utilizados para a realização da aerofotogrametria, como o uso dos (*Remotely Piloted Aircraft System – RPA*), termo utilizado internacionalmente pela Organização de Aviação Civil Internacional (OACI) para “Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas”. Uma variedade de nomenclaturas e siglas também são utilizadas, tais como, “*Veículos Aéreos Não Tripuláveis*” (VANT’s), “*zangão*” ou “*abelha rainha*”, o mais popularmente conhecido é “*drone*” (Osborn *et al.*, 2017; Buffon; Sampaio; Paz, 2018). Existem no mercado dois principais modelos de drones: os multirotores e os de asa fixa

(Gomes; Cubas, 2021). No Brasil, estes equipamentos são regulamentados pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). Segundo a ANAC existem três classificações distintas para os drones, como: Classe I (maiores que 150 kg); Classe II (entre 25 e 150 kg); Classe III (menores que 25 kg).

Podem ser embarcados nesses equipamentos uma gama de sensores e câmeras, incluindo câmeras hiperespectrais, térmicas e fotogramétrica (Gomes; Cubas, 2021). Os drones podem ser utilizados em estudos de diversas áreas do conhecimento, onde necessitam da realização do mapeamento, tais como, monitoramento de mudanças climáticas, avaliação de desastres, preservação do meio ambiente e exploração de recursos naturais (Eisenbeiss, 2009). Várias são as vantagens do uso de drones na aerofotogrametria, tais como: a) uso em situações de alto risco, sem pôr em perigo vidas humanas; b) voar em menor altitude, possibilitando um maior detalhamento dos alvos imageados, melhorando a resolução espacial; c) captação de imagens, voar mesmo com adversidade climáticas; d) rápida capacidade de obtenção de dados, isto é, melhor resolução temporal; e) redução dos custos operacionais envolvidos (Eisenbeiss, 2009; Jensen, 2009; Gomes; Cubas, 2021).

Enquanto a resolução espacial de imagens de satélites varia entre (30 a 1 m) e a resolução temporal (~20 dias), as imagens obtidas com drones podem apresentar resolução temporal (atemporal) e resolução hiperespacial (5 a 1 cm), o que permite a extração de características estruturais (forma, tamanho e textura) dos objetos estudados (Ferreira *et al.*, 2020). Entretanto, alguns drones apresentam uma limitação em relação à resolução espectral quando comparados a imagens de satélite, já que as imagens de drones normalmente possuem apenas três canais (RGB), fornecendo informações espectrais limitadas, gerando a necessidade de acoplar sensores multi e hiperespectrais aos equipamentos, onde a massa deste sensor influenciaria diretamente na sua dinâmica de voo (Osborn *et al.*, 2017; Ferreira *et al.*, 2020).

Para a realização de um levantamento aerofotogramétrico é necessário à elaboração de um plano de voo, este tem por finalidade orientar e dar uniformidade e precisão durante a operação de coleta de dados, proporcionando maior produtividade e economia de bateria. Os voos devem ser realizados com uma altura e tempo de duração conhecidos. Nas áreas imageadas devem estar locados pontos de controle terrestres, com coordenadas geográficas conhecidas (Osborn *et al.*, 2017). As operações de voo devem estar fora das zonas de restrição, conhecidas “*No Fly Zones*”, estas definidas pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL).

A aerofotogrametria proporciona uma alternativa para o estudo dos sistemas lacustres das planícies inundadas de várzea Amazônica, principalmente para identificação e quantificação de componentes da paisagem e monitoramento de espécies. Vários estudos já demonstram a eficiência do processamento de imagens aéreas obtidas por meio de drones, como no mapeamento e identificação de espécies, florestas e dosséis (Figueiredo *et al.*, 2016; Ferreira *et al.*, 2020), impactos ambientais (Longhitano, 2010), elaboração de mapas de uso e ocupação do solo (Cândido; Silva; Filho, 2015), estudos de hidrografia (Piégay *et al.*, 2020), levantamento de botos na Amazônia (Oliveira-da-Costa *et al.*, 2020), observação de tartarugas (Fagundes; Amend; Ferrara, 2022). Entretanto, não foram observados na literatura estudos utilizando drone para identificação de componentes da paisagem nas planícies inundadas de várzea Amazônicas, bem como, a relação destes componentes da paisagem com a abundância de pirarucu em áreas de manejo comunitário.

4.8. Comportamento socioambiental: conhecimento etnoictiológico, gestão participativa e aptidão Agrícola

A etnoictiologia é um segmento da etnobiologia, entendida como o estudo das inter-relações e interações entre grupos de humanos (etnias, sociedades, povos e civilizações) e o mundo dos peixes (Bahuchet, 1992; Begossi, 1993; Marques, 2012). Ou, simplesmente, o estudo da inserção dos peixes em uma determinada cultura (Posey, 1987), e/ou descrição do saber das populações sobre os peixes, considerando aspectos como classificação das espécies, reprodução, alimentação e migração (Begossi, 1993). A etnoictiologia foi inicialmente estudada por Morrill (1967), que analisou a pesca do povo Cha-Cha (povo caribenho de origem francesa), e Anderson Jr. (1967), que observou a classificação dos peixes pelos “*Boat People*”, pescadores artesanais de Hong Kong. No Brasil, um dos estudos pioneiros foi o de Maranhão (1975), e, a partir da década de 1990, houve um crescimento significativo de publicações e o surgimento de grupos de pesquisa abordando a etnoictiologia (Begossi; Garavello, 1990; Marques, 1991; Silvano; Begossi, 2005; Silvano *et al.*, 2006; Marques, 2012; Souza; Freitas; Garcez, 2015).

Para Marques (2012), a etnoictiologia pode ser concebida sob duas óticas, uma desenvolvida a partir das atividades concretas dos pescadores por meio de experiências pessoais, com enfoque predominantemente cognitivo, permeando no campo dos “saberes” e outra, mais ampla, como a busca pela compreensão do fenômeno de interação entre o homem e os peixes, englobando tanto aspectos cognitivos quanto comportamentais. Os métodos atualmente propostos para o estudo da etnoictiologia combinam o conhecimento tradicional dos pescadores com o conhecimento científico obtido por meio da coleta de dados, incluindo: a) aplicação de questionários e entrevistas com pescadores experientes, abordando aspectos como dieta, comportamento, habitat e reprodução dos peixes; b) construção de hipóteses a partir das informações obtidas com os pescadores e testá-las por meio de investigação

pesqueira ou ictiológica (Marques, 2012). Esse tipo de pesquisa tem demonstrado o profundo conhecimento dos pescadores e possibilita um rápido levantamento de informações sobre os recursos pesqueiros, somando-se às informações técnica-científica (Marques, 1991; Silvano; Valbo-Jorgensen, 2008).

A troca de conhecimentos e experiências entre pescadores e pesquisadores é de grande importância para a tomada de decisões na gestão dos recursos pesqueiros (Begossi, 1993; Begossi, 1999; Costa-Neto; Marques, 2000). Segundo a “*Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO), aproximadamente 34% dos estoques pesqueiros mundiais estão sobreexplorados, apesar da implementação de medidas de gestão e manejo dos recursos pesqueiros (FAO, 2020). Acredita-se que muitos desses problemas poderiam ser mitigados com a participação ativa dos pescadores fosse empregado em uma estratégia de manejo (Pomeroy, 1995; Castello *et al.*, 2015). O método utilizado para determinar a abundância do pirarucu em áreas de manejo comunitário é um exemplo significativo da aplicação do conhecimento tradicional dos pescadores.

O método de contagem de pirarucu validado por Castello (2004) é baseado na capacidade dos pescadores artesanais possuem de contar/identificar os indivíduos no momento em que sobem à superfície da coluna d’água para respirar. Os ambientes aquáticos recenseados são divididos em unidades amostrais (UAs), que variam entre 0,01 a 2 hectares, considerando as dificuldades (presença de bancos de macrófitas aquáticas e vegetações as margens dos ambientes aquáticos) encontradas para visualizar o pirarucu e/ou ouvir sua respiração “boiada”. Os pescadores contam, durante 20 minutos, o número de pirarucus maiores que 1 metro (1,0 m) de comprimento total. A estimativa do tamanho do peixe é feita pela observação da região dorsal e pela audição de sua respiração. Os pirarucus são classificados em juvenis, peixes entre 1,0 e 1,5 metros de comprimento e adultos, peixes

maiores que 1,5 metros (Arantes; Castello; Garcez, 2007; Viana *et al.*, 2007; Andrade *et al.*, 2011; Campos-Silva; Peres, 2016).

No estudo realizado por Lopes e Queiroz (2009b), os pesquisadores utilizaram o conhecimento tradicional dos pescadores da RDS-Mamirauá para determinação do sexo do pirarucu, após analisarem as respostas de 15 pescadores experientes envolvidos no manejo. De um total de 109 indivíduos amostrados, 64 tiveram o sexo diagnosticado corretamente pelo grupo de pescadores, apresentando resultados similares ao acaso. Os pesquisadores concluíram que, apesar deste conhecimento tradicional dos pescadores ser fundamental para viabilizar a pesca manejadas da espécie, ele não é funcional para a determinação sexual. Mesmo utilizando critérios consistentes, como a coloração do peixe, significativamente favorável para identificação de indivíduos machos, aparentemente esses critérios não são aplicados corretamente pelos pescadores.

Segundo Silva (2017), que estudou o manejo comunitário do pirarucu na Ilha da Paciência (Iranduba-AM) a partir do conhecimento tradicional dos pescadores, identificou-se que: a) Pesca, a captura e os apetrechos estão relacionados as espécies e ao período do ciclo hidrológico; b) Fatores bioecológicos, a alimentação do pirarucu é composta por peixes, crustáceos e moluscos; c) Migração, os deslocamentos laterais são influenciados pelo nível das águas; d) Reprodução, a desova do pirarucu é comumente observada no período de enchente e que os machos realizam o cuidado parental; e) Primeira maturação, os pescadores ainda possuem dúvidas quanto ao comprimento. Conclui-se que grande parte das informações coletadas junto aos pescadores está de acordo com a literatura científica especializada.

O sucesso do manejo comunitário do pirarucu depende, em grande parte, do conhecimento e das habilidades dos pescadores locais e tem se mostrado eficaz na recuperação das populações da espécie e na melhoria da qualidade de vida das populações ribeirinhas (Seixas; Berkes, 2003; Arantes; Garcez; Castello, 2006; Viana *et al.*, 2007; Lima;

Batista, 2012). Entretanto, apenas incluir comunidades locais no processo de gestão não é suficiente para promover a conservação dos recursos pesqueiros, sendo necessário: i) identificar os indivíduos das comunidades que possuem conhecimento aprofundado sobre os recursos naturais; ii) desenvolver abordagens para avaliar o conhecimento local de forma sistemática; iii) monitorar a eficácia do manejo participativo na preservação e conservação dos recursos pesqueiros (Castello; Viana; Pinedo-Vasquez, 2011). Essa abordagem do manejo comunitário do pirarucu integra não apenas aspectos biológicos, econômicos e sociais, mas também políticos, institucionais, culturais e organizacionais (Amaral; Torres; Peralta, 2013).

As abordagens chamadas institucionalistas buscam estudar o papel das instituições, normas, valores, regras e culturas que organizam as interações econômicas, sociais e políticas na sociedade. Essas premissas se contrapõem ao individualismo metodológico, seguido pela abordagem convencional neoclássica (Amaral, 2007). As associações e cooperativas constituem os dois tipos de associativismos mais comuns encontrados no meio rural e pesqueiro, onde os associados, de forma voluntária, unem-se com propósito de alcançar um objetivo comum, além de atender aos seus interesses individuais (Gerlach; Batalha, 2003).

As relações interpessoais dentro das organizações vão moldando a sua história e valores, contribuindo para a criação de sua identidade. Daí a necessidade de se avaliar sistematicamente a gestão participativa das associações de manejadores para identificar e quantificar fragilidades que prejudicam diretamente o manejo comunitário do pirarucu (Ostrom, 2009; Castello *et al.*, 2009; Almeida; Lorenzen; McGrath, 2009; Amaral; Queiroz, 2011; Amaral; Almeida, 2013). Segundo Arantes *et al.* (2022), que avaliaram seis princípios institucionais (limites definidos, congruência entre regras e condições locais, arranjo de ação coletiva, sistema de monitoramento, sanções graduais e mecanismos de resolução de conflitos) em comunidades no estado do Pará, dois princípios exerceram maior influência na recuperação das populações naturais de pirarucu, sendo limites definidos e sanções graduais.

Historicamente, as populações tradicionais desta região obtêm seus recursos, principalmente financeiros, por meio da polivalência do extrativismo, da agricultura familiar, da pesca, da caça e do artesanato. Ou seja, suas estratégias de sobrevivência estão sempre atreladas à utilização dos recursos naturais disponíveis. Segundo Pereira *et al.* (2015), a multifuncionalidade e pluriatividade da agricultura familiar no Amazonas não decorrem necessariamente da combinação de atividades agrícolas e não agrícolas, mas sim da simultaneidade de uso diversos recursos naturais e ecossistemas (terra firme e várzea) e de atividades produtivas que integram a agricultura, pecuária, caça, pesca e recursos florestais, tais como os Produtos Florestais Não Madeireiros (PFNM) (Schneider, 2003; Noda; Nascimento Noda, 2003; Fraxe *et al.*, 2011; Martins *et al.*, 2012).

A pesca na região Amazônica é uma atividade destinada basicamente à alimentação e ao comércio, sendo enquadrada em diferentes categorias (industrial, comercial multi e monoespecífica, ornamental, reservatórios, esportiva e subsistência), conforme critérios econômicos, geográficos e o grau de profissionalização dos atores sociais envolvidos (Barthem *et al.*, 1997; Batista *et al.*, 2004; Santos; Santos, 2005; Freitas; Rivas, 2006). O grau de profissionalização na pesca pode conflitar com o desenvolvimento de outras atividades produtivas (agropecuárias) dentro de um núcleo familiar, uma vez que, na maioria dos casos, essa atividade exige a intensificação do trabalho masculino adulto. Segundo Pereira *et al.* (2015), famílias que trabalham com a pesca comercial (especializada) investem 39% a mais do seu tempo produtivo em comparação com aquelas que praticam pesca de subsistência (não especializada).

As comunidades tradicionais, incluindo as de pescadores, são essencialmente conservacionistas e aliadas naturais da manutenção da biodiversidade, graças a uma combinação histórica de adaptação cultural e valores éticos (Diegues, 1996). Acredita-se que a sustentabilidade dos acordos de pesca e do manejo comunitário de pirarucu é codependente

do comportamento socioambiental destas comunidades (Campos-Silva; Peres, 2016). Estudos com abordagens metodológicas pautada no conhecimento socioambiental possibilitam acesso rápido a informações importantes relacionados a espécie pesquisada. Quando somadas aos conhecimentos técnico-científicos, possibilitam uma sinergia singular na tentativa de conservar os recursos pesqueiros na Amazônia (Posey, 1987; Begossi, 1993; Marques, 1991; Castello, 2004; Silvano; Valbo-Jorgensen, 2008; Marques, 2012).

5. REFERÊNCIAS

ABRIL, G.; MARTINEZ, J. M.; ARTIGAS, L. F.; TURCQ, P. M.; BENEDETTI, M. F.; VIDAL, L.; MEZIANE, T.; KIM, J. H.; BERNARDES, M. C.; SAVOYE, N.; DEBORD, J.; SOUZA, E. L.; ALBÉRIC, P.; SOUZA, M. F. L.; ROLAND, F. Amazon River carbon dioxide outgassing fuelled by wetlands. **Nature**, v, 505, p. 395-398, 2014.

AFFONSO, A. G. **Relação entre parâmetros ambientais e a densidade de pirarucu nos lagos de várzea de Mamirauá: uma análise multi-sensor**. 2012. 147p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos: INPE, 2012.

AFFONSO, A. G.; QUEIROZ, H. L.; NOVO, E. M. L. M. Influência da cobertura de macrófitas sobre a abundância de pirarucus em lagos da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. In: FIGUEIREDO, E. S. A. (Org.). **Biologia, conservação e manejo participativo de pirarucus na Pan-Amazônia**. Tefé, Amazonas, Brasil, 2013. p. 213-236.

ALMEIDA, I. C.; COSTA, G. C.; SILVA, D. C.; MEDEIROS, J. R. B. Estudo sobre o uso de veículos aéreo não tripulado (VANT) para mapeamento aéreo com fins de elaboração de projetos viários. **VI Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**. Recife-PE, 2016.

ALMEIDA, T. M.; GIONGO, P. R. Fotointerpretação aplicada na identificação do uso do solo na região de Ribeirão Preto – SP. **8ª Jornada Acadêmica da Universidade Estadual de Goiás – UEG**, v. 8, n. 1, p. 1-7, 2014.

ALMEIDA, O. T.; LORENZEN, K.; MCGRATH, D. G. Fishing agreements in the lower Amazon: for gain and restraint. **Fisheries Management and Ecology**, v. 16, n. 1, p. 61–67, 2009.

AMARAL, E.; ALMEIDA, O. Produtividade e eficiência econômica da pesca de pirarucu (*Arapaima gigas*) nas áreas de manejo das Reservas Anamã e Mamirauá. In: FIGUEIREDO, E. S. A. (Org.). **Biologia, conservação e manejo participativo de pirarucus na Pan-Amazônia**. Tefé, Amazonas, Brasil, 2013. p. 151-162.

AMARAL, E. S. R. A comunidade e o mercado: Os desafios na comercialização de pirarucu manejo das reservas Mamirauá e Anamã, Amazonas – Brasil. **UAKARI**, v. 3, n. 2, p. 7-17, 2007.

AMARAL, E. S. R. **O Manejo comunitário de pirarucu (*Arapaima gigas*) como alternativa econômica para os pescadores das RDS's Amanã e Mamirauá, Amazonas, Brasil**. 2009. 85p. Dissertação (Mestrado em Gestão dos Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia) – Núcleo do Meio Ambiente, Universidade Federal do Pará, Belém. 2009.

AMARAL, E.; QUEIROZ, H. Estabelecimento de cotas sustentáveis de pirarucu (*Arapaima gigas*) com base em outros indicadores além das contagens. In: **SEMINÁRIO ANUAL DE PESQUISA DO IDSM**, 2011, Tefé. Anais... Tefé: IDSM, 2011.

AMARAL, E.; TORRES, A. C.; PERALTA, N. A avaliação participativa como ferramenta para tomadas de decisão em processos de manejo de pirarucu (*Arapaima gigas*). In: FIGUEIREDO, E. S. A. (Org.). **Biologia, conservação e manejo participativo de pirarucus na Pan-Amazônia**. Tefé, Amazonas, Brasil, 2013. p. 213-236.

ANDERSON JR., E. N. **The ethnoichthyology the Hong Kong Boat People**. 1967. Tese (Doutorado / Ph.D.) – Universidade de Berkeley, Califórnia, 1967.

AMAZONAS. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Instrução Normativa nº 002, de 3 de fevereiro de 2025**. Manaus: SEMA, 2025.

ANDRADE, L.; AMARAL E.; SILVA N.; QUEIROZ H. Recounts pirarucu: a method for evaluating the quality of the pirarucu counts. **Scientific Magazine UAKARI**, v. 7, n. 1, p. 29 - 40, 2011.

ARANTES, C. C.; WINEMILLER, K. O.; ASHER, A.; CASTELLO, L.; HESS, L. L.; PETRERE-JR, M. P. Floodplain land cover affects biomass distribution of fish functional diversity in the Amazon River. **Scientific Reports/Nature Research**, v. 9, n. 1, p. 1-13, 2019a.

ARANTES, C. C.; WINEMILLER, K. O.; PETRERE, M.; FREITAS, C. E. C. F. Spatial variation in aquatic food webs in the Amazon River floodplain. **Freshwater Science**, v. 38, n. 1, p. 213-228, 2019b.

ARANTES, C. C.; CASTELLO, L. Implicações da biologia, ecologia e contagens para o manejo do pirarucu. In: FIGUEIREDO, E. S. A. (Org.). **Biologia, conservação e manejo participativo de pirarucus na Pan-Amazônia**, Tefé, Amazonas, Brasil, 2013. p. 33-42.

ARANTES, C. C.; CASTELLO, L.; BASURTO, X.; ANGELI, N.; SENE-HAPER, A.; MCGRATH, D. G. Institutional effects on ecological outcomes of community-based management of fisheries in the Amazon. **Ambio**, v. 51, n. 3, p. 678-690, 2022.

ARANTES, C. C.; CASTELLO, L.; CETRA, M.; SCHILLING, A. Environmental influences on the distribution of arapaima in Amazon floodplains. **Environmental Biology of Fishes**, v. 96, p. 1257-1267, 2013.

ARANTES, C. C.; CASTELLO, L.; GARCEZ, D. S. Variation among counts of *Arapaima gigas* (Schinz) (Osteoglossomorpha, Osteoglossidae) done by fishers individually in Mamirauá, Brazil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 2, n. 3, p. 263-269, 2007.

ARANTES C. C.; CASTELLO, L.; STEWART, D. J.; CETRA, M.; QUEIROZ H. L. Population density, growth and reproduction of arapaima in an Amazonian river-floodplain. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 19, p. 455–465, 2010.

ARANTES, C. C.; GARCEZ, D. S.; CASTELLO, L. Densidades de pirarucu (*Arapaima gigas*, Teleostei, Osteoglossidae) em lagos das Reservas de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá e Amanã, Amazonas, Brasil. **Scientific Magazine UAKARI**, v. 2, p. 37-43, 2006.

ARANTES, C. C.; WINEMILLER, K.; PETRERE-JR, M.; CASTELLO, L.; FREITAS, C. E. C HESS, L. Relationships between forest cover and fish diversity in the Amazon River. **Journal of Applied Ecology**, v. 55, n. 1, p. 386–395, 2017.

ARARIPE, J.; REGO, P. S. D.; QUEIROZ, H.; SAMPAIO, I.; SCHNEIDER, H. Dispersal Capacity and Genetic Structure of *Arapaima gigas* on Different Geographic Scales Using Microsatellite Markers. **PLoS ONE**, v. 8, n. 1: e54470, 2013.

ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M.; AGOSTINHO, A. A.; FABRÉ, N. N. Trophic aspects of fish communities in Brazilian rivers and reservoirs. In: TUNDISI, J. G.; BICUDO, C. E. M.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (Org.). **Limnology in Brazil**. Rio de Janeiro: ABC/SBL, 1995. p. 105-136.

ARMIJOS, E.; CRAVE, A.; ESPINOZA, J. C.; FILIZOLA, N.; ESPINOZA-VILLAR, R.; AYES, I.; FONSECA, P.; FRAIZY, P.; GUTIERREZ, O.; VAUCHEL, P. Rainfall control an Amazon sediment flux: synthesis from 20 years of monitoring. **Environmental Research Communications**, v. 2 (051008), 2020.

BAHUCHET, S. Esquisse de l'ethnoichthyologie des Yasa du Cameroun. **Anthropos**, v. 87, p. 511-520, 1992.

BAIN, M. B.; HUGHES, T. C.; AREND, K. K. Trends in Methods for Assessing Freshwater Habitats. **Fisheries Habitat**, v. 24, n. 4, p. 16-21, 1999.

BARBOSA, C. C. F.; NOVO, E. M. L. M.; MARTINS, V. S. **Introdução ao sensoriamento remoto de sistemas aquáticos: princípios e aplicações**. 1. ed. São José dos Campos: INPE, 2019. 161 p.

BARROS, D. F.; PETRERE JR, M.; LECOURS, V.; BUTTURI-GOMES, D.; CASTELLO, L.; ISAAC, V. J. Effects of deforestation and other environmental variables on floodplain fish catch in the Amazon. **Fisheries Research**. v. 230, p. 1-7, 2020.

BARTHEM, R. B.; PETRERE JR, M.; ISSAC, V.; RIBEIRO, M. C. L. D. B.; MCGRATH, D. G.; VIEIRA, I. J.; BARCO, M. V. A pesca na Amazônia: problemas e perspectivas para o seu manejo. In: VALLADARES-PÁDUA, C. E.; BODMER, R. E. (Org.). **Manejo e conservação de vida silvestre no Brasil**, Rio de Janeiro: MCT/ CNPq/ Sociedade Civil Mamirauá, 1997, p. 173-185.

BATISTA, V. S.; ISAAC, V. J.; FABRÉ, N. N.; ALONSO, J. C.; ALMEIDA, O. T.; RIVERO, S.; JÚNIOR, J. N. O.; RUFFINO, M. L.; SILVA, C. O.; SAINT-PAUL, U. **Peixes e pesca na Solimões-Amazonas: uma avaliação integrada**. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis/Pro-Várzea, Brasília, p. 276, 2012.

BATISTA, V. S.; ISSAC, V. J.; VIANA, J. P. 2004. Exploração e manejo dos recursos pesqueiros da Amazônia. In: RUFFINO, M. L. (Org.). **A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira**. Manaus: ProVárzea/IBAMA, 2004. 268 p.

BAYLEY, P. B.; PETRERE JR, M. Amazon Fisheries: Assessment Methods, Current Status, and Management Options, In: DODGE, D. P. (Org.). **Proceeding of the International Large River Symposium**. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences. Ottawa, 1989. p. 385-398.

BAYLEY, P. B.; VÁZQUEZ, F.; GHERSI, P.; SOINI, P.; PIÑEDO, M. Environmental Review of the Pacaya-Samiria National Reserve in Peru and assessment of Project (527-0341). **Report for the Nature Conservancy**. Washington, 1992.

BEGOSSI, A. Ecologia Humana: um enfoque das relações homem-ambiente. **Interciência**. v. 18, n 3, p. 121-132, 1993.

BEGOSSI, A. Scale of interactions of Brazilian populations (Caiçaras and Caboclos) with resources and institutions. **Human Ecology Review**, v. 6, n. 1, p. 1-7, 1999.

BEGOSSI, A.; GARAVELLO, J. C. Notes on the ethnoichthyology of fishermen from the Tocantins river (Brazil). **Acta Amazônica**, v. 20, p. 341-351, 1990.

BENATTI, J. H.; MCGRATH, D. G.; OLIVEIRA, A. C. M. Políticas Públicas e Manejo Comunitário de Recursos Naturais na Amazônia. **Ambiente & Sociedade**, v. 6, n. 2, p. 137-154, 2003.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. **Instrução Normativa nº 29, de 31 de dezembro de 2002**. Brasília: IBAMA, 2002. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/IBAMA/IN0029-311202.PDF>. Acesso em: 17 jun. 2025.

BRITES, R. S.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S. Verificação da Exatidão em Classificações de uma Imagem Orbital Mediante a Utilização de Três Índices. **Revista Árvore/Brazilian Journal of Forest Science**, v. 20, n. 3, p. 415-424, 1996.

BROWN, J. H. On the Relationship between Abundance and Distribution of Species. **The American Naturalist**, v. 124, n. 2, p. 255-279, 1984.

BUFFON E.; SAMPAIO, T. PAZ, O. Veículo aéreo não tripulado (VANT): aplicação na análise de inundações em áreas urbanas. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, n. 13, p. 85-108, 2018.

BULLA, C. K.; GOMES, L. C.; MIRANDA, L. E.; AGOSTINHO, A. A. The ichthyofauna of drifting macrophyte mats in the Ivinhema River, upper Paraná River basin, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 9, n. 2, p. 403-409, 2011.

CALIJURI, M. C.; CUNHA, D. G. F. **Engenharia Ambiental: conceitos, tecnologia e gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. 787p.

CAMPBELL, J. B. **Introduction to remote sensing**. New York: Guilford Press, 1996.

CAMPOS-SILVA, J. V.; HAWES, J. E.; FREITAS, C. T.; ANDRADE, P. C. M.; PERES, C. A. Community-Based Management of Amazonian Biodiversity Assets. In: BALDAUF, C. (Org.). **Participatory Biodiversity Conservation**, Springer, 2020. p. 99-111.

CAMPOS-SILVA, J. V.; HAWES, J. E.; PERES, C. A. Population recovery, seasonal site fidelity, and daily activity of pirarucu (*Arapaima* spp.) in an Amazonian floodplain mosaic. **Freshwater Biology**, p. 1-10, 2019.

CAMPOS-SILVA, J. V.; PERES, C. A. Community-based management induces rapid recovery a high-value tropical freshwater fishery. **Nature/Scientific Report**, v. 6, n. 34745, 2016.

CÂNDIDO, A. K. A. A.; SILVA, N. M.; FILHO, A. C. P. Imagens de Alta Resolução Espacial de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) no Planejamento do Uso e Ocupação do Solo. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 38, p. 147-156, 2015.

CARVALHO, F.; POWER, M.; FORSBERG, B. R.; CASTELLO, L.; MARTINS, E. G.; FREITAS, C. E. C. Trophic Ecology of *Arapaima* sp. in a ria lake-river-floodplain transition zone of the Amazon. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 27, p. 237-246, 2018.

CASTELLO, L.; ARANTES, C. C.; MCGRATH, D. G.; STEWART, D. J.; SOUSA, F. S. Understanding fishing-induced extinctions in the Amazon. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 25, n. 5, 2015.

CASTELLO, L.; ISAAC, V. J.; THAPA, R. Flood pulse effects on multispecies fishery yields in the Lower Amazon. **Royal Society Open Science**, v. 2, n. 11, 2015.

CASTELLO, L. A method to count pirarucu: fishers, assessment and management. **North American Journal of Fisheries Management**, v. 24, p. 379-389, 2004.

CASTELLO, L. Lateral migration of *Arapaima gigas* in floodplains of the Amazon. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 17, p. 38-46, 2008a.

CASTELLO, L. Nesting habitat of *Arapaima gigas* (Schinz) in Amazonian floodplains. **Journal of Fish Biology**, v. 72, n. 6, p. 1520-1528, 2008b.

CASTELLO, L. Nests of pirarucu *Arapaima gigas* in floodplains of the Amazon: habitat and relation to spawner abundance. **Journal of Fish Biology**, v. 72, p. 1-9, 2008c.

CASTELLO, L.; HESS, L.; THAPA, R.; ARANTES, C. C.; MCGRATH, D. G.; RENO, V.; ISAAC, V. Fishery yields vary with land cover on the Amazon River floodplain. **Fish and Fisheries**, v. 19, n. 2, p. 431-440, 2017.

CASTELLO, L.; MCGRATH, D. G.; HESS, L. L.; COE, M. T.; LEFEBVRE, P. A., PETRY, P.; MACEDO, M. N.; RENO, V. F.; ARANTES, C. C. The vulnerability of Amazon freshwater ecosystems. **Conservation Letters**, p. 1-13, 2013.

CASTELLO, L.; STEWART, D. J. Assessing CITES non-detriment findings procedures for *Arapaima* in Brazil. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 26, p. 49-56, 2010.

CASTELLO, L.; STEWART, D. J.; ARANTES, C. C. O que sabemos e precisamos fazer a respeito da conservação do pirarucu (*Arapaima* spp.) na Amazônia. In: FIGUEIREDO, E. S. A. (Org.). **Biologia, conservação e manejo participativo de pirarucus na Pan-Amazônia**. Tefé, Amazonas, Brasil, 2013. p. 17-31.

CASTELLO, L.; STEWART, D. J.; ARANTES, C. C. Modeling population dynamics and conservation of arapaima in the Amazon. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 21, n. 3, p. 623–640, 2011.

CASTELLO, L.; VIANA, J. P.; PINEDO-VASQUEZ, M. Participatory Conservation and Local Knowledge in the Amazon Várzea: The Pirarucu Management Scheme in Mamirauá. In: PINEDO-VASQUEZ, M.; RUFFINO, M.; PADOCH, C.; BRONDÍZIO, E. (Org.). **The Amazon Várzea**, Springer, Dordrecht, 2011. p. 259-273.

CASTELLO, L.; VIANA, J. P.; WATKINS, G.; PINEDO-VASQUEZ, M.; LUZADIS, V. A. Lessons from integrating fishers of arapaima in small-scale fisheries management at the Mamirauá Reserve, Amazon. **Environmental Management**, v. 43, n. 2, p. 197–209, 2009.

CASTILLEJO-GONZÁLEZ I. L.; LÓPEZ-GRANADOS F.; GARCÍA-FERRER A.; PEÑA-BARRAGÁN J. M.; JURADO-EXPÓSITO M.; ORDEN M. S.; GONZÁLEZ-AUDICANA M. Object - and pixel-based analysis for mapping crops and their agroenvironmental associated measures using QuickBird imagery. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 68, p. 207-215, 2009.

CASTRO, F. **Fishing Accords: The Political Ecology of Fishing Intensification in the Amazon**. 2000. 347p. Dissertation (Doctor of Philosophy) – Indiana University, Bloomington. 2000.

CASTRO, F. From Myths to Rules: The Evolution of Local Management in the Amazonian Floodplain. **Environment and History**, v. 8, n. 2, p. 197-206, 2002.

CASTRO, F.; MCGRATH, D. O manejo comunitário de lagos na Amazônia parcerias estratégicas. **Biodiversidade, Pesquisa e Desenvolvimento na Amazônia**, v. 6, n. 12, p. 112-126, 2001.

CENTENO, J. A. S. **Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais**. 1. Ed. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; Departamento de Geomática, 2003.

CHAPMAN, B.; SIQUEIRA, P.; FREEMAN, A. The JERS Amazon Multi-season Mapping Study (JAMMS): observation strategies and data characteristics. **International Journal Remote Sensing**, v. 23, n. 7, p. 1427-1446, 2002.

COHEN, J. A. Coefficient of Agreement for Nominal Scales. **Educational and Psychological Measurement**, v. 20, n. 1, p. 37-46, 1960.

OLETIVO DO PIRARUCU. **Carta aberta dos representantes das organizações manejadoras, instituições de assessoria técnica e de apoio do manejo sustentável do pirarucu no cenário da seca extrema de 2024**. Amazonas: Coletivo do Pirarucu, 2024. Disponível em: <https://coletivodopirarucu.org.br/>. Acesso em: 17 jun. 2025.

COLWELL, R. N. History and Place of Photographic Interpretation. In: PHILIPSON, W. R. (Org.). **Manual of Photographic Interpretation**. 2. ed. Bethesda, Maryland: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 1997, p. 3-47.

CONGALTON, R. G. Accuracy assessment and validation of remotely sensed and other spatial information. **International Journal of Wildland Fire**, v. 10, n. 4, p. 321-328, 2001.

CORDEIRO, C. L. O.; ROSSETTI, D. F. Mapping vegetation in a late Quaternary landform of the Amazonian wetlands using object-based image analysis and decision tree classification. **International Journal of Remote Sensing**, v. 36, n. 13, p. 3397-3422, 2015.

CORREA, D. L.; VASCONCELOS, M. A. M.; BITTENCOURT, P. C. S.; RODRIGUES, J. Index Set Green Cover Method for Automated Identification of Vegetation. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v. 5, n. 8, p. 83-86, 2018.

COSTA-NETO, E.; MARQUES, J. G. Faunistic resources used as medicines by artesanal fishermen from Siribinha Beach, State of Bahia, Brazil. **Journal of Ethnobiology**, v. 20, n. 1, p. 93-109, 2000.

COUTINHO, E. S. S. **A Dinâmica populacional do pirarucu (*Arapaima gigas*) na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (RDSM), Amazônia**. 2008. 191p. Tese (Doutorado em Modelagem Computacional), Laboratório Nacional de Computação Científica, Petrópolis, 2008.

DIEGUES, A. C. As populações humanas em áreas naturais protegidas da Mata Atlântica. **Acervo Socio Ambiental**, p. 1-15, 1996.

DUNNE, T.; MERTES, L. A. K.; MEADE, R. H.; RICHEY, J. E.; FORSBERG, B. R. Exchanges of sediment between the flood plain and channel of the Amazon River in Brazil. **The Geological Society of America Bulletin**, v. 110, n. 4, p. 450-467, 1998.

EISENBEISS, H. **UAV Fotogrametria**. 2009. 105p. Dissertação (Geodésia e Fotogrametria), Institut Mitteilungen Zurich, Suíça, 2009.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998, 226 p.

FAGUNDES, C. K.; AMEND, M.; FERRARA, C. R. The Use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) to Study a Freshwater Turtle Population in the Brazilian Amazon. **Herpetological Conservation and Biology**, n. 17, v. 1, p. 43-50, 2022.

FARIAS, I. P.; WILLISM S.; LEÃO, A.; VERBA, J. T.; CROSSA, M.; FORESTI, F.; SAMPAIO, I.; HRBEK, T. The largest fish in the world's biggest river: Genetic connectivity and conservation of *Arapaima gigas* in the Amazon and Araguaia-Tocantins drainages. **PLoS ONE**, v. 14, n. 8, 2019.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture. 2020. **Sustainability in action**. Roma. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/ca9229en>. Acessado em: 31 ago. 2020.

FERNANDEZ, C. C. Lateral migration of fishes in Amazon floodplains. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 6, p. 36-44, 1997.

FERREIRA, M. P.; ALMEIDA, D. R. A.; PAPA, D. A.; MINERVINO, J. B. S.; VERAS, H. F. P.; FORMIGHIERI, A.; SANTOS, C. A. N.; FERREIRA, M. A. D.; FIGUEIREDO, E. O.; FERREIRA, E. J. L. Individual tree detection and species classification of Amazonian palms using UAV images and depp learning. **Forest Ecology and Management**, v. 475, p.1-11, 2020.

FIGUEIREDO, E. O.; OLIVEIRA, M. D.; FIGUEIREDO, S. D. M.; OLIVEIRA, M. V. N. Uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP) no Planejamento Florestal. **Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável**, p. 214, 2016;

FLEISCHMANN, A. S.; PAPA, F.; HAMILTON, S. K.; FASSONI-ANDRADE, A.; WONGCHUIG, S.; ESPINOZA, J. C.; COLLISCHONN, W. Increased floodplain inundation in the Amazon since 1980. **Environmental Research Letters**, v. 18, n. 3, p. 034024, 2023.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 1. Ed. São Paulo: Oficinas de Textos, 2007.

FONTENELE, O. Contribuição para o conhecimento da biologia do pirarucu, *Arapaima gigas* (Cuvier), em cativeiro (Actinopterygii, Osteoglossidae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 8, n. 4, p. 445-459, 1948.

FOODY, G. M. Status of land cover classification accuracy assessment. **Remote Sensing of Environment**, v. 80, p. 185-201, 2002.

FORMAGGIO, A. R.; SANCHES, I. D. **Sensoriamento Remoto em Agricultura**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 288 p.

FORSBERG, B. R.; DEVOL, A. H.; RICHEY, J. E.; MARTINELLI, I. A.; SANTOS, H. Factors controlling nutrients concentrations in Amazon Floodplain Lakes. **Limnology and Oceanography**, v. 33, n. 1, p. 41-56, 1988.

FRAPPART, F.; SEYLER, F.; MARTINEZ, J. M.; LEON, J. G.; CAZENAVE, A. Floodplain water storage in the Negro River basin estimated from microwave remote sensing of inundation area and water level. **Remote Sensing of Environment**, v. 99, n. 4, p. 387-399, 2005.

FRAXE, T. J.; PEREIRA, H. S.; WITKOSKI, A. C. Comunidades ribeirinhas amazônicas: modos de vida e uso dos recursos naturais. **Reggo**, p. 98130-7129, 2011.

FREITAS, C. E. C.; LAURENSEN, L.; YAMAMOTO, K. C.; FORSBERG, B. R.; PETRERE JR, M.; ARANTES, C.; SIQUEIRA-SOUZA, F. K. Fish species richness is associated with the availability of landscape components across seasons in the Amazonian floodplain. **Peerj**, 6:e5080, p. 1-16, 2018.

FREITAS, C. E. C.; SIQUEIRA-SOUZA, F. K.; FLORENTINO, A. C.; HURD, L. E. The importance of spatial scales to analysis of fish diversity in Amazonian floodplain lakes and implications for conservation. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 23, n. 3, p. 470–477, 2014.

FREITAS, C. E. C.; RIVAS, A. A. F. A Pesca e os Recursos Pesqueiros na Amazônia Ocidental. **Ciência e Cultura**, v. 58, n. 3, p. 30-32, 2006.

FREITAS, C. T.; ESPÍRITO-SANTO, H. M. V.; CAMPOS-SILVA, J. V.; PERES, C. A.; LOPES, P. F. M. Resource co-management as a step towards gender equity in fisheries. **Ecological Economics**, v. 176, p. 1-9, 2020.

FREITAS, C. T.; LOPES, P. F. M.; CAMPOS-SILVA, J. V.; NOBLE, M. M.; DYBALL, R.; PERES, C. A. Co-management of culturally important species: A tool to promote biodiversity conservation and human well-being. **People and Nature**, v. 2, n. 1, p. 61-81, 2019.

FURCH, K.; JUNK, W. J. Physicochemical Conditions in the Floodplains. In: JUNK, W. J. (Ed.). **The Central Amazon Floodplain. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)**. Springer, Berlin: Heidelberg, 1997. p. 69-107.

FURTADO, L. “Reservas pesqueiras”, uma alternativa de subsistência e de preservação ambiental: reflexões a partir de uma proposta de pescadores do Médio Amazonas. In: FURTADO, L.; LEITÃO, W.; MELLO, A. F. (Org.). **Povos das Águas: Realidade e Perspectiva na Amazônia**. Coleção Eduardo Galvão, PR/MCT/CNPq, MPEG, Belém, 1993. p. 243-276.

GERLACH, F. R.; BATALHA, M. O. **Associação ou cooperativa? Implicações do associativismo para o meio rural**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, Juiz de Fora. 2003.

GOMES, L. C.; AGOSTINHO, A. A. Influence of the flooding regime on the nutritional state and juvenile recruitment of the curimba, *Prochilodus scrofa*, Steindachner, in upper Paraná River, Brazil. **Fisheries Management and Ecology**, v.4, n. 4, p. 263-274, 1997.

GOMES, J. V. P.; CUBAS, M. G. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto**. 1ª Ed., Curitiba: InterSaberes, 2021.

GONG, P.; HOWARTH, P. J. The Use of Structural Information for Improving Land-Cover Classification Accuracies at the Rural-Urban Fringe. **Photogrammetric Engineering e Remote Sensing**, v. 56, n. 1, p. 67-73, 1990.

GOULDING, M.; VENTICINQUE, E.; RIBEIRO, M. L. B.; BARTHEM, R. B.; LEITE, R. G.; FORSBERG, B.; PETRY, P.; SILVA-JÚNIOR, U. L.; FERRAZ, P. S.; CAÑAS, C.

Ecosystem-based management of Amazon fisheries and wetlands. **Fish and Fisheries**, v. 20, n. 1, p. 138-158, 2019.

GOULDING, M.; SMITH, N. J. H.; MAHAR, D. J. **Floods of fortune: Ecology and economy along the Amazon**. New York: Columbia University Press, 1996.

GURDAK, D. J.; STEWART, D. J.; KLIMLEY, A. P.; THOMAS, M. Local fisheries conservation and management works: implications of migrations and site fidelity of *Arapaima* in the Lower Amazon. **Environmental Biology of Fishes**, v. 105, p. 2119-2132, 2022.

HANSEN, M. C.; DEFRIES, R. S.; TOWNSHEND, J. R. G.; SOHLBERG, R. Global land cover classification at 1 km spatial resolution using a classification tree approach. **International Journal of Remote Sensing**, v. 21, n. 6-7, p. 1331-1364, 2000.

HERCOS, A. P.; SOBANSKY, M.; QUEIROZ, H. L.; MAGURRAN, A. E. Local and regional rarity in a diverse tropical fish assemblage. **Proceedings of The Royal Society B: Biological Sciences**, v. 280, n. 1751, p. 1-7, 2013.

HESS, L. L.; MELACK, J. M.; AFFONSO, A. G.; BARBOSA, C.; GASTIL-BUHL, M.; NOVO, E. M. L. Wetlands of the Lowland Amazon Basin: Extent, Vegetative Cover, and Dual-season Inundated Area as Mapped with JERS-1 Synthetic Aperture Radar. **Wetlands**, v. 35, p. 745-756, 2015.

HESS, L. L.; MELACK, J. M.; NOVO, E. M. L. M.; BARBOSA, C. C. F.; GASTIL, M. Dual season mapping of wetland inundation and vegetation for the central Amazon basin. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, p. 404-428, 2003.

HRBEK, T.; CROSSA, M.; FARIAS, I. P. Conservation strategies for *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) and the Amazonian várzea ecosystem. **Brazilian Journal of Biology**, v. 67, n. 4, p. 909-917, 2007.

HRBEK, T.; FARIAS, I. P.; CROSSA, M.; SAMPAIO, I.; PORTO, J. I. R.; MEYER, A. Population genetic analysis of *Arapaima gigas*, one of the largest freshwater fishes of the

Amazon basin: implications for its conservation. **Animal Conservation Forum**, v. 8, n. 3, p. 297-308, 2005.

HURD, L. E.; SOUZA, R. G. S.; SIQUEIRA-SOUZA, F. K.; COOPER, G. J.; KAHN, J. R.; FREITAS, C. E. C. Amazon floodplain fish communities: habitat connectivity and conservation in a rapidly deteriorating environment. **Biological Conservation**, v. 195, p. 118–127, 2016.

INPE. Instituto nacional de Pesquisas Espaciais. 2019a. **Projeto PRODES: Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por satélite**. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>> Acesso em: 10 janeiro 2023.

INPE. Instituto nacional de Pesquisas Espaciais. 2019b. **Projeto TerraClass**. Disponível em: <http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/dados_terraclass.php> Acesso em: 10 janeiro 2023.

JENSEN, J. **Sensoriamento Remoto e Ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

JUNK, W. J. Ecology of the várzea, floodplain of Amazonian white-water rivers. In: JUNK, W. J. **The Amazon: Limnology and Landscape Ecology of a Mighty Tropical River and its Basin**, Dordrecht, Boston, Lancaster, 1984. p. 215-224.

JUNK, W. J.; FURCH, K. A general review of tropical South America floodplains. **Wetlands Ecology and Management**, v. 2, n. 4, p. 231-238, 1993.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; SCHONGART, J.; COHN-HAFT, M.; ADENEY, J. M.; WITTMANN, F. A classification of major naturally-occurring Amazonian wetlands. **Wetlands**, v. 31, p. 623-640, 2011.

JUNK, W. J. **The Central Amazon Floodplain: ecology of a pulsing system**. Springer Science & Business, 1997. 526 p.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; SCHÖNGART, J.; WITTMANN, F. A classification of major natural habitats of Amazonian white-water river floodplains (várzea). **Wetlands Ecology and Management**, v. 20, p. 461-475, 2012.

JUNK, W.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems. **Canadian Journal of Fishers and Aquatic Sciences**, v. 106, p. 110-127, 1989.

KASISCHKE, E. S.; MELACK, J. M.; DOBSON, M. C. The use of imaging radars for ecological applications – A review. **Remote Sensing of Environment**, v. 59, n. 2, p. 141-156, 1997.

LIMA-AYRES, D. Equity, sustainable development and biodiversity preservation: Some questions on the ecological partnership in the Brazilian Amazon. In: PADOCH, C.; AYRES, J. M.; PINEDO-VASQUEZ, M.; Henderson, A. (Org.). **Várzea: Diversity, Development, and Conservation of Amazonia's Whitewater Floodplain**. New York: The New York Botanical Garden Press, 1999. p. 247-263.

LIMA, L. G.; BATISTA, V. S. Estudos etnoictiológicos sobre o pirarucu *Arapaima gigas* na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 3, p. 337-344, 2012.

LOBÓN-CERVIÁ, J.; HESS, L. L.; MELACK, J. M.; ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M. The importance of forest cover for fish richness and abundance on the Amazon floodplain. **Hydrobiologia**, v. 750, n. 1, p. 245–255, 2015.

LOCH, C.; LAPOLLI, E. M. **Elementos básicos da fotogrametria e sua utilização**. Ed. UFSC, Florianópolis – SC, 1998.

LONGHITANO, G. A. **Vants para sensoriamento remoto: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas**. 2010. 148p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

LOPES, A.; PAULA, J. D.; MARDEGAN, S. F.; HAMADA, N.; PIEDADE, M. T. F. Influência do hábitat na estrutura da comunidade de macroinvertebrados aquáticos associados

às raízes de *Eichhornia crassipes* na região do Lago Catalão, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 41, p. 493-502, 2011.

LOPES, K.; QUEIROZ, H. L. Uma revisão das fases de desenvolvimento gonadal de pirarucus *Arapaima gigas* (Schinz, 1822). **Uakari**, v. 5, n. 1, p. 39-48, 2009a.

LOPES, K.; QUEIROZ, H. L. Avaliação do conhecimento tradicional dos pescados da RDSM aplicado à identificação do sexo de pirarucus. **Uakari**, v. 5, n. 2, p. 59-66, 2009b.

LU, D.; WENG, Q. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. **International Journal of Remote Sensing**, v. 28, n. 8, p. 823-870, 2007.

MA, Z.; REDMOND, R. L. Tau coefficients for accuracy assessment of classification of remote sensing data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Bethesda, v. 61, n.4, p.453-439, 1995.

MCCONNELL, R.; LOWE-MCCONNELL, R. H. **Ecological Studies in Tropical Fish Communities**. New York: Cambridge University Press, Cambridge, 1987. 382 p.

MAHDAVI, S.; SALEHI, B.; GRANGER, J.; AMANI, M.; BRISCO, B.; HUANG, W. Remote sensing for wetland classification: a comprehensive review. **GIScience & Remote Sensing**, v. 55, n. 5, 2017.

MARANHÃO, T. P. **Náutica e classificação ictiológica em Icarai, Ceará: um estudo em antropologia cognitiva**. 1975. 166p. Dissertação (Mestrado em Antropologia Social) – Universidade de Brasília, Brasília, 1975;

MARQUES, J. G. W. **Aspectos ecológicos na etnoictiologia dos pescadores do complexo Estuarino-Lagunar Mundaú-Manguaba, Alagoas**. 1991. 292p. Tese (Pós-Graduação em Ecologia), Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1991.

MARQUES, J. G. W. Etnoictiologia: Pescando pescadores nas águas da transdisciplinariedade. **Revista Ouricuri**, v. 2, n. 2, p. 9-36, 2012.

MARTINEZ, J. M.; TOAN, T. L. Mapping of flood dynamics and spatial distribution of vegetation in the Amazon floodplain using multitemporal SAR data. **Remote Sensing of Environment**, v. 108, p. 209-223, 2007.

MARTINS, W. M.; DE OLIVEIRA MARTINS, L. M.; PAIVA, F. S.; DE OLIVEIRA MARTINS, W. J.; JÚNIOR, S. F. L. Agrobiodiversidade nos quintais e roçados ribeirinhos na comunidade Boca do Môa–Acre. **Biotemas**, v. 25, n. 3, p. 111-120, 2012.

MCGRATH, D. G.; CARDOSO, A.; ALMEIDA, O. T.; PEZZUTI, J. Constructing a policy and institutional framework for an ecosystem-based approach to managing the Lower Amazon floodplain. **Environment, Development and Sustainability**, v. 10, p. 677-695, 2008.

MCGRATH, D. G.; CASTRO, F.; FUTEMMA, C.; AMARAL, B. D.; CALABRIA, J. Fisheries and the evolution of resource management on the lower Amazon floodplain. **Human Ecology**, v. 21, n. 2, p. 167-195, 1993.

MCGRATH, D. G.; CASTRO, F.; FUTEMMA, C. Reservas de lago e o manejo comunitário da pesca no Baixo Amazonas: uma avaliação preliminar. In: D'INCAO, M. A.; SILVEIRA, I. M., (Org.). **Amazônia e a crise da modernização**. Museu Paraense Emilio Goeldi, 1994. p. 389-402.

MELACK, J. M. Aquatic Ecosystems. In: NAGY, L.; FORSBERG, B.; ARTAXO, P. (Org.). **Interactions Between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basis**. Ecological Studies, Springer, Berlin, v. 227, 2016, p. 119-148.

MELACK, J. M.; FORSBERG, B. R. Biogeochemistry of Amazon Floodplain Lakes and Associated Wetlands. In: MCCLAIN, M. E.; VICTORIA, R.; RICHEY, J. E. (Org.). **The Biogeochemistry of the Amazon Basin**, Oxford University Press: New York, 2001.

MELACK, J. M.; HESS, L. L. Remote sensing of the distribution and extend of wetlands in the Amazon basin. In: JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T.; WITTMANN, F.; SCHONGART, J.; PAROLIN, P. (Org.). **Amazonian floodplain forests**, Springer ed. Dordrecht: Springer, 2010. p. 43-59.

MELACK, J. M.; COE, M. T. Climate change and the floodplain lakes of the Amazon basin. **Climatic change and global warming of inland waters: Impacts and Mitigation for Ecosystems and Societies**, p. 295-310, 2013.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagem de sensoriamento remoto**. Brasília: CNPQ/UNB, 2012. 276 p.

MERTES, L. A. K.; DANIEL, DANIEL, D. L.; MELACK, J. M.; NELSON, B.; MARTINELLI, A.; FORSBERG, B. R. Spatial patterns of hydrology, geomorphology, and vegetation on the floodplain of the Amazon River in Brazil from a remote sensing perspective. **Geomorphology**, v. 13, p. 215-232, 1995.

MÉRONA, B. Pesca e Ecologia dos Recursos Aquáticos na Amazônia. In: FURTADO, L.; LEITÃO, W.; MELO, A. F. (Org.). **Realidade e Perspectivas na Amazônia**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. MCT/CNPq/Museu/Goeldi, Belém-PA, 1993. p. 292.

MOFFETT, K. B.; GORELICK, S. M. Distinguishing wetland Vegetation and channel features with object-based image segmentation. **International Journal of Remote Sensing**, v. 34, n. 4, p. 1332-1354, 2013.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologia de Aplicação**. 1. Ed. Viçosa: Editora da UFV, 2005.

MORRILL, W. T. Ethnoichthyology of the Cha-Cha. **Ethonology**, v. 6, p. 405-417, 1967.

NODA, H.; DO NASCIMENTO NODA, S. Agricultura familiar tradicional e conservação da sócio-biodiversidade amazônica. **Interações (Campo Grande)**. v. 4, n. 6, p. 1-12, 2003.

NOVO, E. M. L. M.; SHIMABUKURO, Y. E. Identification and mapping of the Amazon habitats using a mixing model. **International Journal of Remotes Sensing**, v. 18, n. 3, p. 663-670, 1997.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 4. São Paulo: Edgar Blucher, 2010.

OSBORN, J.; DELL, M.; STONE, C.; IQBA, I.; LACEY, M.; LUCIEER, A.; MCCOULL, C. Photogrammetry for forest inventory: Planning Guidelines, **Australian Government Department of Agriculture, Fisheries and Forestry**, v. 1, p. 1-86, 2017.

OSTROM, E. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. **Science**, v. 325, n. 5939, p. 419-422, 2009.

OVIEDO, A. F. P.; BURSZTYN, M.; DRUMMOND, J. A. Agora sob nova administração: acordos de pesca nas várzeas da Amazônia Brasileira. **Ambiente & Sociedade**, v. 18, p. 119-138, 2015.

OLIVEIRA-DA-COSTA, M.; MARMONTEL, M.; ROSA, D. S. X.; COELHO, A.; WICH, S.; GUERRA, F. M.; TRUJILLO, F. Effectiveness of unmanned aerial vehicles to detect Amazon dolphins. **Oryx**, v. 54, n. 5, p. 696-698, 2020.

PEIXOTO, J. M. A. **Monitoramento da Dinâmica da Geomorfologia Fluvial da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, por meio de Técnicas de Sensoriamento Remoto**. 2017. 132p. Dissertação (Pós-graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Manaus, 2017.

PEREIRA, D. V.; ARANTES, C. C.; SOUZA, K. N. S.; FREITAS, C. E. C. Relationships between fishery catch rates and land cover along a longitudinal gradient in floodplains of the Amazon River. **Fisheries Research**, v. 258, n. 106521, 2023.

PEREIRA, H. S.; VINHOTE, M. L. A.; ZINGRA, A. F. C.; TAKEDA, W. M. A Multifuncionalidade da Agricultura Familiar no Amazonas: Desafios para a inovação sustentável. **Revista Terceira Margem Amazônia**, v. 1, n. 5, p. 59-74, 2015.

PETERSEN, T. A.; BRUM, S. M.; ROSSONI, F.; SILVEIRA, G. F. V.; CASTELLO, L. Recovery of Arapaima sp. populations by community-based management in floodplains of the Purus River, Amazon. **Journal of Fish Biology**, v. 89, p. 241-249, 2016

PETRY, P.; BAYLEY, P. B.; MARKLE, D. F. Relationships between fish assemblages, macrophytes and environmental gradients in the Amazon River floodplain, **Journal of Fish Biology**, v. 63, p. 547-579, 2003.

PIÉGAY, H.; ARNAUD, F.; BELLETTI, B.; BERTRAND, M.; BIZZI, S.; CARBONNEAU, P.; DUFOUR, S.; LIÉBRAUT, F.; RUIZ, VILLANUEVA, V. R.; SLATER, L. Remotely sensed rivers in the Anthropocene: states of the art and prospects. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 45, p. 157-188, 2020.

POMEROY, R. S. Community-based and co-management institutions for sustainable coastal fisheries management in Southeast Asia. **Ocean & Coastal Management**, v. 27, n. 3, p. 143-162, 1995.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. 2. Ed. São Paulo: Oficinas de Textos, 2019.

POSEY, D. A. Etnobiologia: Teoria e prática. In: RIBEIRO, D. **Suma Etnológica Brasileira**. Petrópolis: Vozes/FINEP, v. 1, 1987. p. 15-25.

QUEIROZ, H. L. A reserva de desenvolvimento sustentável Mamirauá. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 54, p. 183-203, 2005.

QUEIROZ, H. L. **Natural history and conservation of pirarucu, *Arapaima gigas*, at the Amazonian várzea: Red giants in muddy waters**. 2000. 226p. Ph.D. Thesis, St. Andrews: University of St. Andrews. 2000.

REIS, V.; HERMOSO, V.; HAMILTON, S. K.; BUNN, S. E.; FLUET-CHOUINARD, E.; VENABLES, B.; LINKE, S. Characterizing seasonal dynamics of Amazonian wetlands for conservation and decision making. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 29, n. 7, p. 1073-1082, 2019.

RENÓ, V. F.; NOVO, E. M. L. M.; SUEMITSU, C.; RENNÓ, C. D.; SILVA, T. S. F. Assessment of deforestation in the Lower Amazon floodplain using historical Landsat MSS/TM imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, n. 12, p. 3446-3456, 2011.

RICHARD, J. C.; CASTELLO, L.; GURDAK, D. J.; PEOPLES, B. K.; ANGERMEIER, P. L. Size-structured habitat selection by arapaima in floodplain lakes of the Lower Amazon. **Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst**, v. 28, p. 1403-1413, 2018.

RICHEY, J. E.; HEDGES, J. I.; DEVOL, A. H.; QUAY, P. D.; VICTORIA, R.; MARTINELLI, L.; FORSBERG, B. R. Biogeochemistry of carbon in the Amazon River. **Limnology and Oceanography**, v. 35, n. 2, p. 352-371, 1990.

RICHMAN, N.; GIBBONS, J. M.; TURVEY, S. T.; AKAMATSU, T.; AHMEND, B.; MAHABUD, E.; SMITH, B. D.; JONES, J. P. G. To See or Not to See: Investigating Detectability of Ganges River Dolphins Using a Combined Visual-Acoustic Survey. **PLoS ONE**, v. 9, n. 5, 2014.

SAATCHI, S. S.; NELSON, B.; PODEST, E.; HOLT, J. Mapping land cover types in the Amazon Basin using 1 km JERS-1 mosaic. **International Journal of Remote Sensing**, v. 21, n. 6-7, p. 1201-1234, 2000;

SANCHEZ, J. R. “El paiche” aspectos de su hitstoria naturaly aprovechamiento. **Revista de Caza y Pesca**, v. 10, p. 17–61, 1969.

SÁNCHEZ-BOTERO J. I.; ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M. As macrófitas aquáticas como berçário para a ictiofauna da várzea do Rio Amazonas. **Acta Amazonica**, v. 31, n. 3, p. 437-447, 2001.

SANTOS, G. M.; SANTOS, A. C. M. Sustentabilidade da pesca na Amazônia. **Dossiê Amazônia Brasileira II/Estudos Avançados**, v. 19, n. 54, p. 165-182, 2005.

SANTOS, A. R. **Apostila de Sensoriamento Remoto**. Espirito Santo: Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, 2013, 87 p.

SEIXAS, C. S.; BERKES, F. Learning from fishers: local knowledge for management design and assessment. In: VIEIRA, P. F. (Org.). **Conservação da Diversidade Biológica e Cultural em Zonas Costeiras: enfoques e experiências na América Latina e no Caribe**. EPED Editora, Florianópolis, 2003. p. 333-372.

SCHNEIDER, S. Teoria social, agricultura familiar e pluriatividade. **Revista brasileira de ciências sociais**, v. 18, n. 51, p. 99-122, 2003.

SCHIESARI, L.; ZUANON, J.; AZEVEDO-RAMOS, C.; GARCIA, M.; GORDO, M.; MESSIAS, M.; MONTEIRO, E. Macrophyte rafts as dispersal vectors for fishes and amphibians in the Lower Solimões River, Central Amazon. **Journal of Tropical Ecology**, v. 19, p. 333-336, 2003.

SCHOWENGERDT, R. A. **Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing**. 3. Ed. New York: Academic Press, 2007.

SILVA, M. J. A. S. **Conhecimento Tradicional no Manejo do Pirarucu *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) na Ilha da Paciência, Município de Iranduba, Amazonas**. 2017. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Pesqueiras nos Trópicos) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019.

SILVA, D. C. Evolution of photogrammetry in Brazil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 64, n. 4, p. 749-765, 2012.

SILVA, T. S. F.; COSTA, M. P. F.; MELACK, J. M. Spatial and temporal variability of macrophyte cover and productivity in the eastern Amazon floodplain: A remote sensing approach. **Remote Sensing of Environment**, v. 114, p. 1998-2010, 2010.

SILVA, T. S. F.; COSTA, M. P. F.; MELACK, J. M.; NOVO, E. M. L. Remote sensing of aquatic vegetation: theory and applications. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 140, p. 131-145, 2008.

SILVANO, R. A. M.; BEGOSSI, A. Local knowledge on a cosmopolitan fish Ethnoecology of *Pomatomus saltatrix* (Pomatomidae) in Brazil and Australia. **Fisheries Research**, v. 71, p. 43-59, 2005.

SILVANO, R. A. M.; VALBO-JORGENSEN, J. Beyond fishermen's tales: contributions of fishers' local ecological knowledge to fish ecology and fisheries management. **Environment, Development and Sustainability**, v. 10, p. 657, 2008.

SILVANO, R. A. M.; MACCORD, P. F. L.; LIMA, R. V.; BEGOSSI, A. When Does this Fish Spawn? Fishermen's Local Knowledge of Migration and Reproduction of Brazilian Coastal Fishes. **Environmental Biology of Fishes**, v. 76, p. 371-386, 2006.

SINGHAL, G.; BANSOD, B.; MATHEW, L. Unmanned Aerial Vehicle classification, Applications and challenges: A Review. **Preprints**, p. 1-19, 2018.

SIOLI, H. **Amazônia: Fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais**. Vozes ed. Petrópolis, RJ: Backhuys Publishers, 1991. 72 p.

SIPPE, S. J.; HAMILTON, S. K.; MELACK, M.; NOVO, E. M. M. Passive microwave observations of inundations area and the area/stage relation in the Amazon River floodplain. **International Journal of Remote Sensing**, v. 19, n. 16, p. 3055-3074, 1998.

SIQUEIRA, P.; HENSLEY, S.; SHAFFER, S.; HESS, L.; MCGARRAGH, G.; CHAPMAN, B.; FREEMAN, A. A Continental-Scale Mosaic of the Amazon Basin Using JERS-1 SAR. **Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 38, n. 9, p. 2638-2644, 2000.

SOUTH, S.; QI, J.; LUSCH, D. P. Optimal classification methods for mapping agricultural tillage practices. **Remote Sensing of Environment**, v. 91, p. 90-97, 2004.

SOUZA, L. A.; FREITAS, C. E. C.; GARCEZ, R. Relação entre guildas de peixes, ambientes e apetrechos de pesca baseados no conhecimento tradicional de pescadores da Amazônia central. **Boletim Instituto de Pesca**, v. 41, n. 3, p. 633-644, 2015.

USGS. United States Geological Survey. 2018. **What are the band designations for the Landsat satellites**. Disponível em: <<https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites>> Acessado em: 18 set. 2020.

VIANA, J. P.; CASTELLO, L.; DAMASCENO, J. M. B.; AMARAL, E. S. R.; ESTUPIÑÁN, G. M. B.; ARANTES, C.; BATISTA, G. S.; GARCEZ, D. S.; BARBOSA, S. Manejo Comunitário do Pirarucu *Arapaima gigas* na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá - Amazonas, Brasil, In: PRATES, A. P.; BLANC, D. (Org.). **Áreas Aquáticas**

Protegidas como Instrumento de Gestão Pesqueira. Série Áreas Protegidas do Brasil, Volume 4. Ministério do Meio Ambiente e IBAMA. Brasília-DF, 2007.

VIANA, J. P.; DAMASCENO, J. M.; CASTELLO, L.; CRAMPTON, W. G. R. Economic Incentives for Sustainable Community Management of fishery Resources in the Mamirauá Sustainable Development Reserve, Amazonas, Brazil. In: SILVIUS, K. M.; BODMER, R.; FRAGOSO, J. M. V. (Ed.). **People in Nature: wildlife conservation in South and Central America.** New York: Columbia University Press, 2004. p. 139-154.

WARD, J. V. The four-dimensional nature of lotic ecosystems. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 8, n. 1, 1989.

WARD, J. V.; WIENS, J. A. Ecotones of riverine ecosystems: Role and typology, spatio-temporal dynamics and river regulation. **International Journal of Ecohydrology & hydrobiology**, v. 1, p. 25-36, 2001.

WARD, J. V.; MALARD, F.; TOCKNER, K. Landscape ecology: a framework for integrating pattern and process in river corridors. **Landscape Ecology**, v. 17, p. 35-45, 2002.

WELCOMME, R. L. **River fisheries.** FAO Fisheries Technical Paper. Rome, Italy, n. 262, 1985. 339 p.

WILSON, M.; BATES, P.; ALSDORF, D.; FORSBERG, B.; HORRITT, M.; MELACK, J.; FRAPPART, F.; FAMIGLIETTI, J. Modeling large-scale inundation of Amazonian seasonally flooded wetlands. **Geophysical Research Letters**, v. 34, n. 15, p. 1-6, 2007.

CAPÍTULO I

Artigo Publicado: REVISTA OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA

LATINOAMERICANA

ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS NO MANEJO COMUNITÁRIO DO PIRARUCU (*Arapaima gigas*) NO MÉDIO-SOLIMÕES, AMAZÔNIA BRASILEIRA

SOCIO-ENVIRONMENTAL ASPECTS OF COMMUNITY-BASED MANAGEMENT OF PIRARUCU (*Arapaima gigas*) IN THE MIDDLE SOLIMÕES, BRAZILIAN AMAZON

ASPECTOS SOCIOAMBIENTALES DEL MANEJO COMUNITARIO DEL PIRARUCÚ (*Arapaima gigas*) EN EL MEDIO SOLIMÕES, AMAZONÍA BRASILEÑA

Jean Felipe Silva de Abreu

Mestre em Ciências Pesqueiras nos Trópicos – CIPET/UFAM

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM

Endereço: Manaus, Amazonas, Brasil

E-mail: jean.abreu@ifam.edu.br

Hilário Ramiro de Abreu Filho

Especialista em Inspeção de Produtos de Origem Animal e Defesa Sanitária – UNISE

Instituição: Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas

Endereço: Manaus, Amazonas, Brasil

E-mail: hilariofilho65@gmail.com

Carlos Edwar de Carvalho Freitas

Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental – USP

Instituição: Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Endereço: Manaus, Amazonas, Brasil

E-mail: freitasc50@gmail.com

Kedma Cristine Yamamoto

Doutora em Ciências Pesqueiras nos Trópicos – CIPET/UFAM

Instituição: Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Endereço: Manaus, Amazonas, Brasil

E-mail: kcyamamoto@gmail.com

RESUMO

Acreditamos que o comportamento socioambiental esteja diretamente relacionado à sustentabilidade do manejo do pirarucu. Nesse sentido, buscamos avaliar quais são os elementos centrais presentes no conhecimento etnoictiológico dos manejadores, na aptidão agrícola e na gestão participativa das associações que desenvolvem o manejo do pirarucu. A pesquisa foi realizada em duas áreas de acordo de pesca, envolvendo sete comunidades ribeirinhas e duas associações locais (AUCINIRC e ACUV). A metodologia baseou-se em entrevistas com aplicação de formulário estruturado e uma ferramenta de avaliação de gestão, para analisar o perfil dos manejadores, conhecimento etnoictiológico, aptidão agrícola e gestão participativa. Nossos resultados evidenciaram elevado grau de conhecimento dos manejadores sobre o pirarucu, com concordância aos dados técnicos-científicos disponíveis, demonstrando o potencial do conhecimento ecológico tradicional para subsidiar a gestão dos recursos pesqueiros. A aptidão agrícola é predominantemente formada de sistemas produtivos familiares com baixa tecnificação, complementada pelo manejo e a pesca comercial multiespecífica, sendo essencial para a segurança alimentar e geração de renda. A avaliação da gestão participativa identificou assimetrias entre as associações, com destaque para fragilidades nas dimensões monitoramento, sistema de vigilância, levantamento de estoque e capacidade produtiva, especialmente na ACUV. Conclui-se que o fortalecimento institucional das associações e a integração entre os saberes locais e conhecimentos científicos são fundamentais para consolidação do manejo comunitário do pirarucu, com potencial notável de promover a conservação dos recursos pesqueiros e o desenvolvimento socioeconômico das populações amazônicas.

Palavras-chave: Cogestão, desenvolvimento sustentável, etnoictiologia, recursos pesqueiros, agricultura familiar, extrativismo.

ABSTRACT

We believe that socio-environmental behavior is directly related to the sustainability of pirarucu management. In this context, we sought to evaluate the key elements present in the ethnoichthyological knowledge of resource users, agricultural aptitude, and participatory management within the associations responsible for pirarucu management. The research was conducted in two fishing agreement areas, involving seven riverside communities and two local associations (AUCINIRC and ACUV). The methodology was based on structured interviews and the application of a management assessment tool to analyze the profile of the resource users, their ethnoichthyological knowledge, agricultural aptitude, and participatory management. Our results revealed a high level of knowledge about pirarucu among the managers, consistent with available technical-scientific data, demonstrating the potential of traditional ecological knowledge to support fisheries resource management. Agricultural aptitude is predominantly characterized by low-tech family production systems, complemented by pirarucu management and multispecies commercial fishing, which are essential for food security and income generation. The assessment of participatory management identified asymmetries between the associations, highlighting weaknesses in monitoring, surveillance systems, stock assessment, and productive capacity—particularly in ACUV. We conclude that institutional strengthening of associations and the integration of local and scientific knowledge are essential for consolidating community-based pirarucu management, with notable potential to promote the conservation of fishery resources and the socioeconomic development of Amazonian populations.

Keywords: Co-management, sustainable development, ethnoichthyology, fishery resources, family farming, extractivism.

RESUMEN

Creemos que el comportamiento socioambiental está directamente relacionado con la sostenibilidad del manejo del pirarucú. En este sentido, buscamos evaluar cuáles son los elementos centrales presentes en el conocimiento etnoictiológico de los manejadores, la aptitud agrícola y la gestión participativa de las asociaciones que desarrollan el manejo del pirarucú. La investigación se realizó en dos áreas de acuerdo de pesca, involucrando a siete comunidades ribereñas y dos asociaciones locales (AUCINIRC y ACUV). La metodología se basó en entrevistas mediante un formulario estructurado y una herramienta de evaluación de gestión para analizar el perfil de los manejadores, su conocimiento etnoictiológico, aptitud agrícola y gestión participativa. Nuestros resultados evidenciaron un alto grado de conocimiento de los manejadores sobre el pirarucú, en concordancia con los datos técnico-científicos disponibles, demostrando el potencial del conocimiento ecológico tradicional para sustentar la gestión de los recursos pesqueros. La aptitud agrícola está compuesta predominantemente por sistemas de producción familiar con bajo nivel de tecnificación, complementados por el manejo y la pesca comercial multiespecífica, siendo esenciales para la seguridad alimentaria y la generación de ingresos. La evaluación de la gestión participativa identificó asimetrías entre las asociaciones, destacándose debilidades en las dimensiones de monitoreo, sistema de vigilancia, evaluación de stock y capacidad productiva, especialmente en la ACUV. Se concluye que el fortalecimiento institucional de las asociaciones y la integración entre los saberes locales y el conocimiento científico son fundamentales para la consolidación del manejo comunitario del pirarucú, con un notable potencial para promover la conservación de los recursos pesqueros y el desarrollo socioeconómico de las poblaciones amazónicas.

Palabras clave: Cogestión, desarrollo sostenible, etnoictiología, recursos pesqueros, agricultura familiar, extractivismo.

1 INTRODUÇÃO

O manejo comunitário do pirarucu (*Arapaima gigas*) proporciona diversos benefícios ecológicos e ambientais, como a redução da pressão da pesca ilegal sobre os estoques disponíveis e a recuperação das populações naturais de pirarucu (Arantes *et al.*, 2006; Castello *et al.*, 2009; Petersen *et al.*, 2016; Campos-Silva *et al.*, 2019), a manutenção de práticas culturais como as contagens de pirarucu (Castello, 2004; Arantes *et al.*, 2007; Andrade *et al.*, 2011), o aumento da renda das famílias participantes (Viana *et al.*, 2007; Castello *et al.*, 2009; Amaral; Almeida, 2013; Petersen *et al.*, 2016; Campos-Silva; Peres, 2016), bem como, representa uma fonte de renda inovadora para mulheres manejadoras e o reconhecimento sem precedentes da participação feminina das atividades pesqueiras (Freitas *et al.*, 2020).

Entretanto, faz-se necessária uma nova abordagem ao manejo pesqueiro tradicional que se baseia principalmente em informações biológicas e ecológicas para a determinação de cotas de exploração, desconsiderando aspectos sociais (Castello *et al.*, 2009; Arantes *et al.*,

2022). Variáveis sociais, econômicas e políticas devem ser consideradas no processo de manejo participativo dos recursos pesqueiros (Ostrom, 2009; Castello *et al.*, 2009; Almeida *et al.*, 2009; Amaral *et al.*, 2013; Arantes *et al.*, 2022). É fundamental compreender aspectos socioambientais relacionados à cogestão de recursos pesqueiros, tais como o conhecimento tradicional dos pescadores, as atividades agrícolas desenvolvidas pelos atores sociais e a gestão participativa das associações que realizam a pesca manejada do pirarucu em áreas de acordo de pesca na região amazônica. Considerando a heterogeneidade das comunidades, a dependência dos recursos naturais para assegurar a subsistência das famílias e a carência de instituições governamentais são aspectos que justificam a necessidade deste estudo (Begossi, 1999; Castello *et al.*, 2013; Arantes *et al.*, 2022).

A etnoictiologia é um segmento do Conhecimento Ecológico Tradicional (CET) que descreve a sabedoria das populações humanas tradicionais sobre os peixes, levando em conta os fatores como formas, classificação, reprodução e migração (Anderson-Jr, 1967; Begossi; Garavello, 1990; Marques, 2012). A utilização desta ferramenta possibilita a sintetização de informações importantes sobre uma determinada espécie ou comunidades de peixes e associá-la a conhecimentos técnico-científicos pode contribuir no processo de gestão dos estoques pesqueiros (Silvano; Begossi 2005; Silvano; Valbo-Jorgensen 2008; Marques, 2012). O método para determinação da abundância de pirarucu “método de contagem” em áreas manejadas é um exemplo significativo da aplicação do conhecimento tradicional dos pescadores (Castello, 2004). Assim como, a identificação do pirarucu macho no período reprodutivo pela intensidade e ocupação maior da superfície do corpo com coloração avermelhada (Lopes; Queiroz, 2009b).

Historicamente, as populações tradicionais amazônicas dispõem dos recursos essenciais para sua subsistência por meio da polivalência do extrativismo, da agricultura familiar, da pesca, da caça e do artesanato, ou seja, suas estratégias sempre estão associadas a utilização dos recursos naturais disponíveis (Schneider, 2003; Noda; Nascimento Noda, 2003; Pereira *et al.*, 2006; Fraxe; Pereira; Witkoski, 2011; Martins *et al.*, 2012). Segundo Pereira *et al.* (2015) a multifuncionalidade e a pluriatividade da agricultura familiar na Amazônia não decorrem necessariamente da combinação de atividades agrícolas e não agrícolas, mas sim, da simultaneidade do uso diversos recursos naturais e ecossistemas (terra firma e várzea). A pesca é destinada, basicamente, à alimentação e ao comércio, alternando-se de acordo com critérios econômicos, geográficos e o grau de profissionalização dos atores sociais (Barthem *et al.*, 1997; Batista *et al.*, 2004; Santos; Santos, 2005; Freitas; Rivas, 2006). Atividades agrossilvipastoris dentro das áreas de manejo comunitário do pirarucu podem conflitar com o

grau de profissionalização dos pescadores/manejadores e consequentemente influenciar aspectos socioambientais na gestão deste recurso.

A efetividade do manejo comunitário do pirarucu depende em grande parte do conhecimento e das habilidades dos pescadores (Viana *et al.*, 2007; Lima; Batista, 2012). Pois envolve uma série de etapas e procedimentos, onde os manejadores participam de capacitações técnicas (reuniões, palestras, oficinas e cursos), estabelecem regras de uso (apetrechos autorizados, espécies e quantidades capturadas e zoneamento e categorização de áreas), realizam estimativas de abundância (contagem), protegem corpos d'água (vigilância), pescam e comercializam a produção (planejamento mercadológico). É um sistema baseado na divisão dos trabalhos (Viana *et al.*, 2007; Castello *et al.*, 2009, Amaral *et al.*, 2013, Campos-Silva; Peres, 2016). Entretanto, apenas incluir as comunidades locais no processo de cogestão não é suficiente para promover a conservação dos recursos pesqueiros (Benatti; McGrath; Oliveira, 2003, Castello *et al.*, 2011). Daí a necessidade de se avaliar sistematicamente a gestão participativa das associações para identificar e quantificar fragilidades que prejudicam diretamente o manejo comunitário do pirarucu (Amaral; Queiroz, 2011; Amaral *et al.*, 2013).

Acreditamos que a sustentabilidade dos acordos de pesca e do manejo comunitário do pirarucu é codependente do comportamento socioambiental presente nas comunidades e suas organizações sociais (Amaral *et al.*, 2013; Campos-Silva; Peres, 2016). Nesse sentido, queremos avaliar quais os elementos centrais no conhecimento etnoictiológico dos manejadores, na aptidão agrícola e na gestão participativa das associações que realizam o manejo comunitário do pirarucu em áreas de acordo de pesca na região do médio-Solimões. Esta abordagem metodológica baseada no conhecimento socioambiental associada ao conhecimento técnico-científico possibilita uma sinergia no esforço de conservar os recursos pesqueiros na Amazônia.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A etnoictiologia é um segmento da etnobiologia, entendida como o estudo das inter-relações e interações entre grupos de humanos (etnias, sociedades, povos e civilizações) e o mundo dos peixes (Bahuchet, 1992; Begossi, 1993). Para Marques (2012), a etnoictiologia pode ser concebida sob duas óticas, uma desenvolvida a partir das atividades concretas dos pescadores por meio de experiências pessoais, com enfoque predominantemente cognitivo, permeando no campo dos “saberes” e outra, mais ampla, como a busca pela compreensão do fenômeno de interação entre o homem e os peixes, englobando tanto aspectos cognitivos

quanto comportamentais. Os métodos atualmente propostos para o estudo da etnoictiologia combinam o conhecimento tradicional dos pescadores com o conhecimento científico obtido por meio da coleta de dados, incluindo: a) aplicação de questionários e entrevistas com pescadores experientes, abordando aspectos como dieta, comportamento, habitat e reprodução dos peixes; b) construção de hipóteses a partir das informações obtidas com os pescadores e testá-las por meio de investigação pesqueira ou ictiológica (Marques, 2012).

Esse tipo de pesquisa tem demonstrado o profundo conhecimento dos pescadores e possibilita um rápido levantamento de informações sobre os recursos pesqueiros, somando-se às informações técnica-científica (Marques, 1991; Silvano; Valbo-Jorgensen, 2008). A troca de conhecimentos e experiências entre pescadores e pesquisadores é de grande importância para a tomada de decisões na gestão dos recursos pesqueiros (Begossi, 1993; Begossi, 1999; Costa-Neto; Marques, 2000). O método utilizado para determinar a abundância do pirarucu em áreas de manejo comunitário é um exemplo significativo da aplicação do conhecimento tradicional dos pescadores.

No estudo realizado por Lopes e Queiroz (2009b), os pesquisadores utilizaram o conhecimento tradicional dos pescadores da RDS-Mamirauá para determinação do sexo do pirarucu, após analisarem as respostas de 15 pescadores experientes envolvidos no manejo. De um total de 109 indivíduos amostrados, 64 tiveram o sexo diagnosticado corretamente pelo grupo de pescadores, apresentando resultados similares ao acaso. Segundo Silva (2019), que estudou o manejo comunitário do pirarucu na Ilha da Paciência (Iranduba-AM) a partir do conhecimento tradicional dos pescadores, identificou-se que: a) Pesca, a captura e os apetrechos estão relacionados as espécies e ao período do ciclo hidrológico; b) Fatores bioecológicos, a alimentação do pirarucu é composta por peixes, crustáceos e moluscos; c) Migração, os deslocamentos laterais são influenciados pelo nível das águas; d) Reprodução, a desova do pirarucu é comumente observada no período de enchente e que os machos realizam o cuidado parental; e) Primeira maturação, os pescadores ainda possuem dúvidas quanto ao comprimento. Conclui-se que grande parte das informações coletadas junto aos pescadores está de acordo com a literatura científica especializada.

O sucesso do manejo comunitário do pirarucu depende, em grande parte, do conhecimento e das habilidades dos pescadores locais e tem se mostrado eficaz na recuperação das populações da espécie e na melhoria da qualidade de vida das populações ribeirinhas (Seixas; Berkes, 2003; Arantes; Garcez; Castello, 2006; Viana *et al.*, 2007; Lima; Batista, 2012). Entretanto, apenas incluir comunidades locais no processo de gestão não é suficiente para promover a conservação dos recursos pesqueiros, sendo necessário: i)

identificar os indivíduos das comunidades que possuem conhecimento aprofundado sobre os recursos naturais; ii) desenvolver abordagens para avaliar o conhecimento local de forma sistemática; iii) monitorar a eficácia do manejo participativo na preservação e conservação dos recursos pesqueiros (Castello; Viana; Pinedo-Vasquez, 2011). Essa abordagem do manejo comunitário do pirarucu integra não apenas aspectos biológicos, econômicos e sociais, mas também políticos, institucionais, culturais e organizacionais (Amaral; Torres; Peralta, 2013).

As abordagens chamadas institucionalistas buscam estudar o papel das instituições, normas, valores, regras e culturas que organizam as interações econômicas, sociais e políticas na sociedade. Essas premissas se contrapõem ao individualismo metodológico, seguido pela abordagem convencional neoclássica (Amaral, 2007). As associações e cooperativas constituem os dois tipos de associativismos mais comuns encontrados no meio rural e pesqueiro, onde os associados, de forma voluntária, unem-se com propósito de alcançar um objetivo comum, além de atender aos seus interesses individuais (Gerlach; Batalha, 2003).

As relações interpessoais dentro das organizações vão moldando a sua história e valores, contribuindo para a criação de sua identidade. Daí a necessidade de se avaliar sistematicamente a gestão participativa das associações de manejadores para identificar e quantificar fragilidades que prejudicam diretamente o manejo comunitário do pirarucu (Ostrom, 2009; Castello *et al.*, 2009; Almeida; Lorenzen; McGrath, 2009; Amaral; Queiroz, 2011; Amaral; Almeida, 2013). Segundo Arantes *et al.* (2022), que avaliaram seis princípios institucionais (limites definidos, congruência entre regras e condições locais, arranjo de ação coletiva, sistema de monitoramento, sanções graduais e mecanismos de resolução de conflitos) em comunidades no estado do Pará, dois princípios exerceram maior influência na recuperação das populações naturais de pirarucu, sendo limites definidos e sanções graduais.

Historicamente, as populações tradicionais desta região obtêm seus recursos, principalmente financeiros, por meio da polivalência do extrativismo, da agricultura familiar, da pesca, da caça e do artesanato. Ou seja, suas estratégias de sobrevivência estão sempre atreladas à utilização dos recursos naturais disponíveis. Segundo Pereira *et al.* (2015), a multifuncionalidade e pluriatividade da agricultura familiar no Amazonas não decorrem necessariamente da combinação de atividades agrícolas e não agrícolas, mas sim da simultaneidade de uso diversos recursos naturais e ecossistemas (terra firme e várzea) e de atividades produtivas que integram a agricultura, pecuária, caça, pesca e recursos florestais, tais como os Produtos Florestais Não Madeireiros (PFNM) (Schneider, 2003; Noda; Nascimento Noda, 2003; Fraxe; Pereira; Witkoski, 2011; Martins *et al.*, 2012).

A pesca na região Amazônica é uma atividade destinada basicamente à alimentação e

ao comércio, sendo enquadrada em diferentes categorias (industrial, comercial multi e monoespecífica, ornamental, reservatórios, esportiva e subsistência), conforme critérios econômicos, geográficos e o grau de profissionalização dos atores sociais envolvidos (Barthem *et al.*, 1997; Batista *et al.*, 2004; Santos; Santos, 2005; Freitas; Rivas, 2006). O grau de profissionalização na pesca pode conflitar com o desenvolvimento de outras atividades produtivas (agropecuárias) dentro de um núcleo familiar, uma vez que, na maioria dos casos, essa atividade exige a intensificação do trabalho masculino adulto. Segundo Pereira *et al.* (2015), famílias que trabalham com a pesca comercial (especializada) dedicam 39% mais do seu tempo produtivo em comparação com aquelas que praticam pesca de subsistência (não especializada).

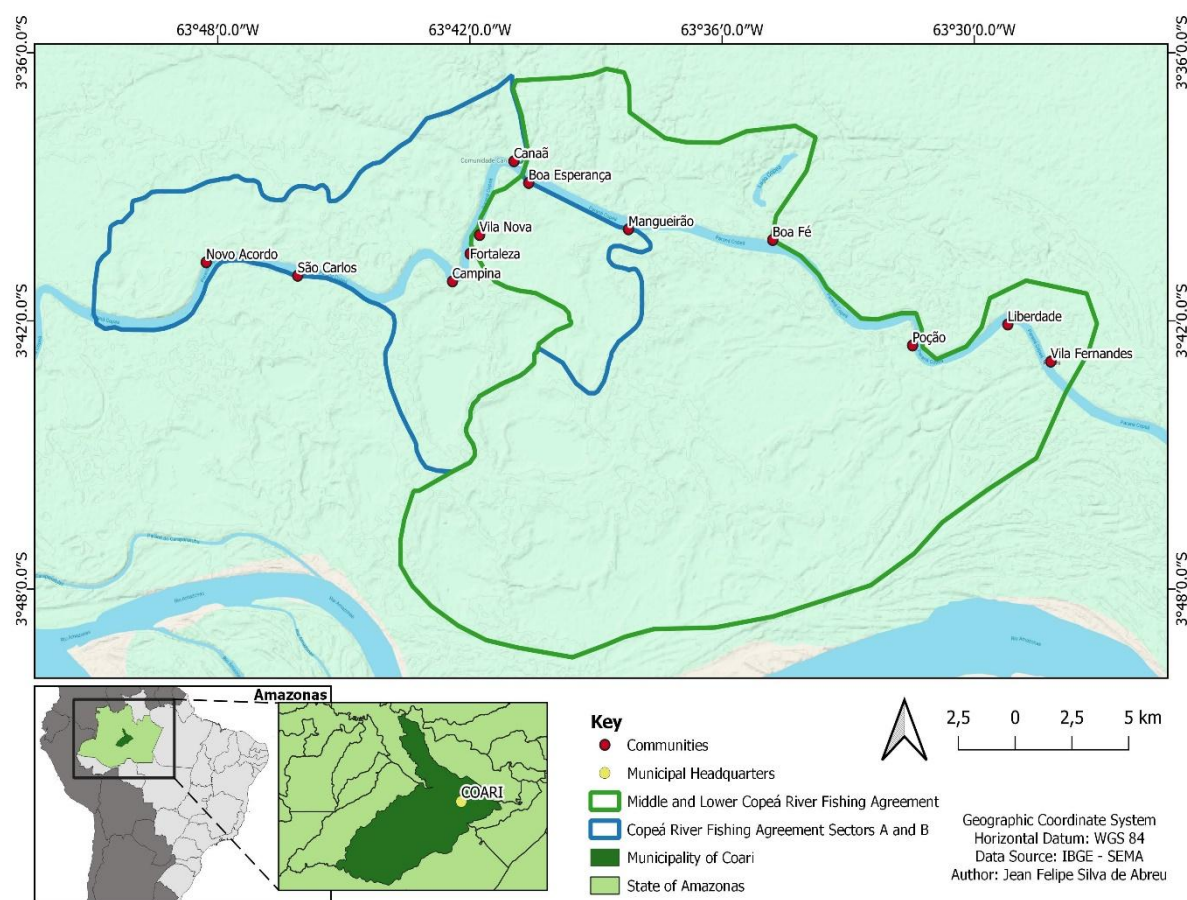
As comunidades tradicionais, incluindo as de pescadores, são essencialmente conservacionistas e aliadas naturais da manutenção da biodiversidade, graças a uma combinação histórica de adaptação cultural e valores éticos (Diegues, 1996). Acredita-se que a sustentabilidade dos acordos de pesca e do manejo comunitário de pirarucu é codependente do comportamento socioambiental destas comunidades (Campos-Silva; Peres, 2016). Estudos com abordagens metodológicas pautada no conhecimento socioambiental possibilitam acesso rápido a informações importantes relacionados a espécie pesquisada. Quando somadas aos conhecimentos técnico-científicos, possibilitam uma sinergia singular na tentativa de conservar os recursos pesqueiros na Amazônia (Posey, 1987; Begossi, 1993; Marques, 1991; Castello, 2004; Silvano; Valbo-Jorgensen, 2008; Marques, 2012).

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em duas áreas de acordo de pesca que desenvolvem o manejo comunitário do pirarucu no rio Copeá, município de Coari, Amazonas, Brasil. São: i) Acordo de Pesca do Rio Copeá – Setores A e B, gerido pela Associação União das Comunidades Indígenas e Não Indígenas do Rio Copeá (AUCINIRC); ii) Acordo de Pesca do Médio e Baixo Rio Copeá, gerido pela Associação Comunitária Unidos Venceremos (ACUV). Na região residem aproximadamente 230 famílias distribuídas em doze (12) comunidades (SEMA, 2022). Das quais foram visitadas sete (07) comunidades: 1) São Francisco da Vila Fernandes; 2) São Sebastião da Liberdade; 3) Santa Maria do Poção; 4) Nossa Senhora do Perpetuo Socorro da Boa Fé; 5) Boa Esperança; 6) São José da Fortaleza; 7) São João do Campina (Figura 1).

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo com identificação das áreas de acordos de pesca e das comunidades que realizam o manejo comunitário do pirarucu no rio Copeá, Município de Coari, Amazonas, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos Autores.

3.2 COLETA DE DADOS

Para a coleta de dados foram realizadas doze (12) excursões de campo, entre os meses de (março/2022 e dezembro/2024). Os dados primários foram obtidos por meio da realização de entrevistas com utilização de formulários estruturado denominado “*Diagnóstico da Unidade de Produção Familiar – UPF*” aplicados aos manejadores. As entrevistas tiveram duração de 30 a 50 minutos, onde cada ator social entrevistado representava um núcleo familiar. Os critérios de inclusão para participação no estudo foram, ser maior de 18 anos, desenvolver atividade de manejo e integrar uma associação de manejadores. O formulário utilizado possuía perguntas abertas e fechadas e apresentava a seguinte estrutura: I) Perfil do Produtor/Pescador; II) Infraestrutura, Habitação e Saúde; III) Sistema de Produção e Comercialização; IV) Características Biológicas, Ecológicas, Ambientais e Antropogênicas; V) Assistência Técnica e Extensão Rural, Associativismo e Crédito Rural. Todos os atores sociais participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Esta

pesquisa foi autorizada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), junto a Plataforma Brasil (CAAE: 64090922.0.0000.5020).

3.3 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados primários coletados em campo foram tabulados e inseridos em uma planilha eletrônica elaborada no (Excel/Office 2021) para construção do “*banco de dados*”. Os dados do perfil dos atores sociais e da aptidão agrícola foram analisados utilizando estatística descritiva qualiquantitativa (frequência relativa e frequência de citação), medidas de tendência central (média) e dispersão de dados (desvio padrão) (Zar, 1999). Os dados mais relevantes para o estudo foram apresentados por meio de figuras e tabelas.

Para analisar o conhecimento etnoictiológico dos manejadores de pirarucu nas áreas de acordo de pesca foi construída uma tabela de cognição comparada proposta por (Marques, 2012; Silvano; Valbo-Jorgensen, 2008). A tabela apresenta a variável estudada, resposta dos manejadores, conhecimento técnico-científico encontrado na literatura e o nível de assertividade (percepção/probabilidade de percepção) entre o conhecimento etnoictiológico e a literatura. O nível de percepção foi classificado em alto (66,7% a 100%), médio (33,4% a 66,6%) e baixo (0% a 33,3%) adaptado de (Silvano; Valbo-Jorgesen, 2008). Foi realizada uma revisão bibliográfica nas plataformas *Web of Science* e *Google Scholar* entre (março/2024 e fevereiro/2025) para obtenção de dados técnico-científico sobre o pirarucu. Os critérios de inclusão utilizados foram: (i) periódicos científicos, (ii) ocorrência de palavras-chave, (iii) estudos realizados na Amazônia, (iv) publicações dos últimos 20 anos e (v) publicações em inglês, espanhol e português. Foram utilizados artigos acadêmicos, notas técnicas, relatórios, livros especializados, dissertações e teses relacionados ao tema estudado.

Para avaliar a gestão participativa das associações que realizam o manejo comunitário do pirarucu foi utilizado o Método de Avaliação Participativa (MAP) adaptado de Amaral e Queiroz (2011) e Amaral *et al.* (2013). O método consiste em avaliar os princípios fundamentais com bases nas seguintes dimensões: (a) organização coletiva; (b) obediência às regras; (c) zoneamento; (d) sistema de vigilância; (e) levantamento de estoque; (f) capacidade produtiva; (g) monitoramento; (h) distribuição dos benefícios; (i) avaliação participativa. Para cada uma das dez dimensões citadas foi atribuído um peso (0 a 10), o valor da dimensão é proveniente da média das respostas no (UPF) dos manejadores em cada associação (AUCINIRC e ACUV), sendo o valor final do nível de gestão participativa o resultado da soma das dez dimensões. Os resultados encontrados para cada dimensão foram utilizados para

gerar um gráfico de radar que apresenta as principais fragilidades da gestão participativa do manejo comunitário do pirarucu.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram entrevistados um total de 86 atores sociais, sendo 22 da AUCINIRC que faz a gestão do Acordo de Pesca do Rio Copeá – Setores A e B e 64 da ACUV que faz a gestão do Acordo de Pesca do Médio e Baixo Rio Copeá. Estima-se que 230 famílias residam nessas duas áreas de manejo, ou seja, este estudo contou com a participação de (37,39%) do total de famílias.

Os atores sociais da AUCINIRC apresentaram idades entre 22 e 60 anos (média $37,73 \pm 12,02$). A atividade de pesca é iniciada entre infância e adolescência com idades entre 5 e 18 anos (média $12,38 \pm 03,12$), geralmente ensinada pelos pais, avós, irmãos e tios. A renda com o manejo do pirarucu vem aumentando, o valor varia de (R\$ 1.192,57 a 4.605,95) com uma média (R\$ $3.328,25 \pm 1.324,37$) dependendo das atividades que cada manejador realiza durante ano. Os atores sociais da ACUV apresentaram idades entre 21 e 65 anos (média $41,13 \pm 12,38$). A atividade de pesca também é iniciada entre infância e adolescência com idades variando entre 5 e 25 anos (média $11,52 \pm 03,67$). A renda com a pesca do pirarucu também aumentou (R\$ 412,16 a 1.979,05) com uma média (R\$ $1.297,13 \pm 752,44$) por manejador.

A renda média proveniente da comercialização do pirarucu manejado vem aumentando a cada ano. O método de divisão do recurso é baseado na participação do manejador nas diversas etapas do manejo, tais como, vigilância, pesca, transporte, monitoramento e comercialização, podendo ser debitada falta pela não participação em alguma das ações realizadas, bem como acréscimos para os manejadores mais atuantes e participativos. Corroborando com o estudo de Amaral e Almeida (2013) que observaram que o manejo do pirarucu trouxe retorno econômico positivo para os pescadores das localidades Jarauá, Tijuca, Coraci e Maraã no ano de 2018 na RDS-Mamirauá.

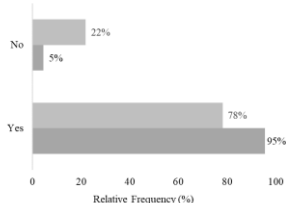
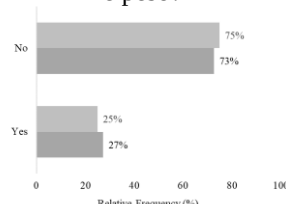
Os entrevistados da AUCINIRC e da ACUV na sua ampla maioria eram do sexo masculino (77% e 84%). Cerca de (18% e 30%) eram solteiros, (36% e 23%) casados, (0% e 3%) divorciados e (45% e 44%) mantêm relacionamento em outras formas de união (união estável/amasiado). As famílias são compostas com em média ($5,45 \pm 02,15$ e $4,64 \pm 02,17$) membros. Em relação a escolaridade, foi observado que (5% e 13%) não são alfabetizados, (27% e 36%) fundamental incompleto, (23% e 6%) fundamental completo, (0% e 8%) ensino médio incompleto, (36% e 30%) ensino médio completo e apenas (9% e 8%) possui formação

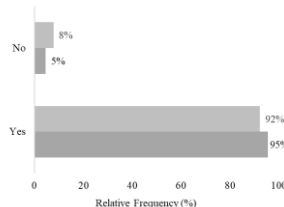
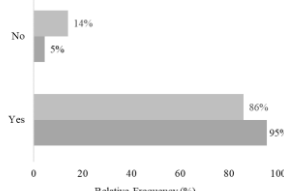
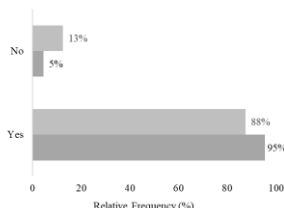
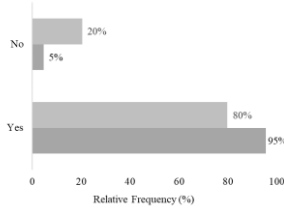
de nível técnico/profissionalizante ou superior. Com relação ao tempo de residência nas comunidades (50% e 52%) dos entrevistados residem a mais de 30 anos.

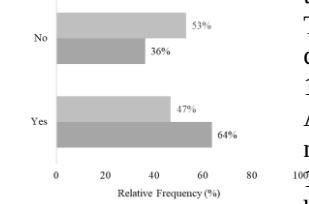
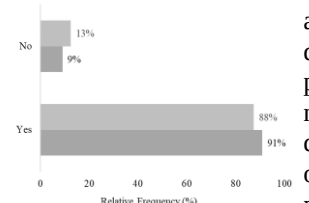
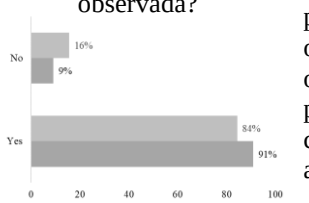
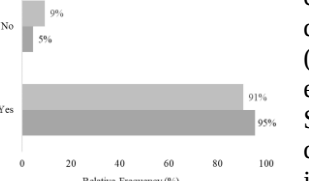
Resultados semelhantes são encontrados nos estudos (Oliveira *et al.*, 2008; Freitas *et al.*, 2020; Oliveira *et al.*, 2022; Guinato *et al.*, 2023). Apesar da participação ser majoritariamente masculina, cabe ressaltar a atuação das mulheres da AUCINIRC que representam (23%) dos associados e que desenvolvem várias atividades durante o manejo do pirarucu, principalmente durante a vigilância e o monitoramento do pirarucu, participando da coleta de dados biométricos, evisceração e limpeza do pirarucu. Segundo Freitas *et al.* (2020) em várias comunidades as mulheres participam oficialmente do manejo comunitário do pirarucu, onde recebem recursos financeiros, uma revolução em uma atividade econômica geralmente dominada pelos homens.

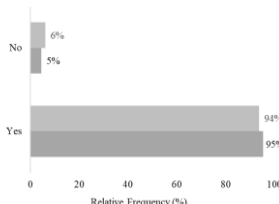
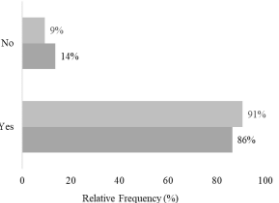
Os principais resultados para o conhecimento etnoictiológico dos pescadores que realizam o manejo comunitário do pirarucu são observados na Tabela 1.

Tabela 1. Tabela de cognição comparada sobre o conhecimento etnoictiológico dos pescadores da Associação União das Comunidades Indígenas e Não Indígenas do Rio Copeá (AUCINIRC) no Acordo de Pesca do Rio Copeá – Setor A e B e da Associação Unidos Venceremos (ACUV) no Acordo de Pesca do Médio e Baixo Rio Copeá, Município de Coari, Amazonas. O conhecimento etnoictiológico está apresentado em gráfico de frequência relativa (%) onde a cor (cinza claro) representa as respostas da (ACUV) e a cor (cinza escuro) as respostas da (AUCINIRC).

Variável	Conhecimento Etnoictiológico	Conhecimento Técnico-científico	Nível
Abundância de pirarucu	A quantidade de pirarucu mudou após o manejo?  Relative Frequency (%)	A densidade de pirarucu juvenis e adultos (número de indivíduos/km²) aumentou (20% a 1.039%) na RDS-Mamirauá e RDS-Anamã (Arantes <i>et al.</i>, 2006). Após oito anos de manejo a população de pirarucu na RDS-Mamirauá aumentou (2.200 para 20.650 indivíduos) cerca de nove vezes (Castello <i>et al.</i>, 2009). População de pirarucu aumentou (213,3%) em lagos protegidos e (193,5%) em lagos de subsistência no Rio Juruá – AM (Campos-Silva; Peres, 2016). A densidade média de pirarucu (indivíduos/ha) aumentou (77%) após seis anos de manejo na RDS-Piagaçu Purus (Petersen <i>et al.</i>, 2016).	Alto
Peso e comprimento	Sabe quanto o pirarucu cresce? Até que tamanho e peso?  Relative Frequency (%)	Segundo Axelrod <i>et al.</i> (1962) o comprimento total máximo do pirarucu frequentemente mencionado é 2,5 metros. Segundo Queiroz e Sardinha (1999) o comprimento máximo estimado utilizando nove classes de idade de pirarucu foi de 311,7 cm. Segundo Queiroz (2000) o pirarucu pode pesar mais de 200 kg. Segundo Arantes <i>et al.</i> (2010) o comprimento total médio do pirarucu para ambiente com baixa densidade foi de (172,7 cm) e para ambientes com alta densidade de (188,9 cm), onde o maior exemplar apresentou 220 cm, bem como, estima-se o crescimento total assintótico em 248 cm (Arantes <i>et al.</i>, 2010)	Baixo

Hábito alimentar/Itens alimentares /Dieta	Sabe o que o pirarucu gosta de comer?  <table><tr><th>Resposta</th><th>Frequência Relativa (%)</th><th>Frequência Cumulativa (%)</th></tr><tr><td>Sim</td><td>92%</td><td>95%</td></tr><tr><td>Não</td><td>8%</td><td>5%</td></tr></table>	Resposta	Frequência Relativa (%)	Frequência Cumulativa (%)	Sim	92%	95%	Não	8%	5%	O pirarucu é piscívoro, suas presas são, geralmente, peixes pequenos e abundantes, especialmente os detritívoros e onívoros (Sanchez, 1969). Segundo Queiroz e Sardinha (1999) juvenis maiores que 50 cm se alimentam principalmente de microcrustáceos. Segundo Queiroz (2000) os principais grupos de presas do pirarucu são: peixes, insetos, crustáceos e moluscos. Segundo Santos <i>et al.</i> (2006) o pirarucu é um peixe carnívoro. Em indivíduos adultos também são encontrados camarões e insetos (Oliveira <i>et al.</i> 2005). Segundo Watson <i>et al.</i> (2013) que utilizou isótopos de nitrogênio, sugere que o pirarucu é um peixe onívoro.	Alto
Resposta	Frequência Relativa (%)	Frequência Cumulativa (%)										
Sim	92%	95%										
Não	8%	5%										
Habitats	Existe lagos que tem mais pirarucu que os outros? Porque você acha que tem mais pirarucu?  <table><tr><th>Resposta</th><th>Frequência Relativa (%)</th><th>Frequência Cumulativa (%)</th></tr><tr><td>Sim</td><td>86%</td><td>95%</td></tr><tr><td>Não</td><td>14%</td><td>5%</td></tr></table>	Resposta	Frequência Relativa (%)	Frequência Cumulativa (%)	Sim	86%	95%	Não	14%	5%	Habita a maioria dos ecossistemas aquáticos de baixo gradiente (terras baixas) da bacia Amazônica, incluindo florestas (inundadas) rios, lagos e drenagens costeiras (Castello; Stewart, 2010). No estudo de Arantes <i>et al.</i> (2013) os habitats selecionados pelo pirarucu são geralmente maiores, profundos e conectados por canais com maior vazão. Segundo Campos-Silva <i>et al.</i> (2019) o pirarucu é sensível à poluição sonora (barulho produzindo motor de popa) e só pode ser encontrado em locais silenciosos.	Alto
Resposta	Frequência Relativa (%)	Frequência Cumulativa (%)										
Sim	86%	95%										
Não	14%	5%										
Deslocamento lateral (migração)	O pirarucu muda de lugar/lago (realiza migração)? Se sim, pra onde?  <table><tr><th>Resposta</th><th>Frequência Relativa (%)</th><th>Frequência Cumulativa (%)</th></tr><tr><td>Sim</td><td>88%</td><td>95%</td></tr><tr><td>Não</td><td>13%</td><td>5%</td></tr></table>	Resposta	Frequência Relativa (%)	Frequência Cumulativa (%)	Sim	88%	95%	Não	13%	5%	Na várzea Amazônica o pirarucu segue a dinâmica do pulso de inundação (Lowe-McConnell, 1987). Durante o período de águas baixas (seca) os pirarucus adultos formam casais. Com o início da (enchente) o pirarucu se reproduz e cuidam dos filhotes. O deslocamento para ambientes de florestas inundadas, chavascas e restingas se dá no período de (cheia), em busca de alimento. Com a (vazante) os pirarucus adultos e juvenis retornam para os ambientes lacustres, onde permanecem até o novo período de seca (Castello 2008a, b e c). Utilizando uma metodologia de rastreamento por rádio observou-se que o pirarucu percorre muitos quilômetros entre lagos, riachos, floresta inundada e canal principal do rio e (83%) dos indivíduos rastreados retornaram no ano seguinte ao mesmo lago onde foram monitorados.	Alto
Resposta	Frequência Relativa (%)	Frequência Cumulativa (%)										
Sim	88%	95%										
Não	13%	5%										
Sexagem/ Dimorfismo sexual	Sabe diferenciar o pirarucu macho da fêmea? Se sim, como?  <table><tr><th>Resposta</th><th>Frequência Relativa (%)</th><th>Frequência Cumulativa (%)</th></tr><tr><td>Sim</td><td>80%</td><td>95%</td></tr><tr><td>Não</td><td>20%</td><td>5%</td></tr></table>	Resposta	Frequência Relativa (%)	Frequência Cumulativa (%)	Sim	80%	95%	Não	20%	5%	O pirarucu não apresenta caracteres sexuais secundários que permita a correta diferenciação entre os sexos. Ou seja, a determinação entre os sexos por critérios visuais só é possível no período reprodutivo, quando a coloração vermelha do macho se torna mais intensa, deixando-o mais colorido em relação a fêmea (Fontenele, 1948). Segundo Queiroz (2000) a cor vermelha é mais protuberante nos machos, observações sobre características do corpo, tais como, corpo comprido e fino não foram encontrados na literatura. Os espécimes machos apresentam maior intensidade de coloração vermelha e também maior superfície do corpo ocupada pela coloração, quando comparados	Alto
Resposta	Frequência Relativa (%)	Frequência Cumulativa (%)										
Sim	80%	95%										
Não	20%	5%										

		com as fêmeas (Lopes; Queiroz 2009b). Segundo Monteiro <i>et al.</i> (2010) a coloração avermelhada mais intensa está presente nos machos durante o período reprodutivo. Outras observações sobre características do corpo, tamanho da cabeça, corpo comprido e fino não foram encontrados na literatura (Queiroz, 2000; Pereira <i>et al.</i> , 2021).										
Comprimento de primeira maturação	Sabe qual o tamanho que o pirarucu começa a se reproduzir? Se sim, qual o tamanho?  <table><tr><th>Resposta</th><th>Barra 1 (%)</th><th>Barra 2 (%)</th></tr><tr><td>No</td><td>53%</td><td>36%</td></tr><tr><td>Yes</td><td>47%</td><td>64%</td></tr></table>	Resposta	Barra 1 (%)	Barra 2 (%)	No	53%	36%	Yes	47%	64%	O pirarucu começa a reproduzir com comprimento total médio de 165 cm (Flores, 1980). Segundo Queiroz (2000) o pirarucu atinge sua maturidade sexual entre quatro e cinco anos de idade, pesando entre 40-45 kg e medindo entre 165-168 cm de comprimento total. Segundo Godinho <i>et al.</i> (2005) no rio Tocantins (GO), as fêmeas atingem o comprimento de primeira maturação em 145-154 cm e os machos 115-124 cm. Segundo Arantes <i>et al.</i> (2010) as fêmeas do pirarucu no rio Solimões atinge maturidade sexual a partir 164 cm de comprimento total em ambiente com baixa densidade e 157 cm de comprimento total em ambiente com alta densidade.	Médio
Resposta	Barra 1 (%)	Barra 2 (%)										
No	53%	36%										
Yes	47%	64%										
Período reprodutivo	Qual a época que o pirarucu se reproduz/desova?  <table><tr><th>Resposta</th><th>Barra 1 (%)</th><th>Barra 2 (%)</th></tr><tr><td>No</td><td>13%</td><td>9%</td></tr><tr><td>Yes</td><td>88%</td><td>91%</td></tr></table>	Resposta	Barra 1 (%)	Barra 2 (%)	No	13%	9%	Yes	88%	91%	O período de reprodução do pirarucu está relacionado com o período chuvoso e o período pode variar conforme ocorrem às chuvas na Amazônia (Queiroz; Sardinha, 1999). Segundo Queiroz (2000) na RDS-Mamirauá o pirarucu adulto formam casais e se reproduzem entre dezembro e maio de cada ano, coincidindo com período chuvoso. Segundo Castello (2008c) os ninhos de pirarucu são construídos nas margens das florestas que cercam os lagos temporários ou permanentes e seus canais de conexão, podendo ser encontrado sob diques florestais em locais rasos e arenosos.	Alto
Resposta	Barra 1 (%)	Barra 2 (%)										
No	13%	9%										
Yes	88%	91%										
Comportamento reprodutivo	O pirarucu muda o comportamento quando está na época da desova? Se sim, qual a mudança observada?  <table><tr><th>Resposta</th><th>Barra 1 (%)</th><th>Barra 2 (%)</th></tr><tr><td>No</td><td>16%</td><td>9%</td></tr><tr><td>Yes</td><td>84%</td><td>91%</td></tr></table>	Resposta	Barra 1 (%)	Barra 2 (%)	No	16%	9%	Yes	84%	91%	Há indícios que o pirarucu possa fazer múltiplas desovas em um mesmo ano (Luling, 1964). Ciclo reprodutivo demasiadamente complexo, perpassando pela formação de casais, construção de ninhos e cuidado parental com a prole (Queiroz 2000). Segundo Castello (2008c) o comportamento reprodutivo do pirarucu torna-o mais vulnerável a pesca especializada, principalmente os machos, que enquanto cuidam dos filhotes viram alvos fáceis para os arpões dos pescadores.	Alto
Resposta	Barra 1 (%)	Barra 2 (%)										
No	16%	9%										
Yes	84%	91%										
Estádio gonadal	Já viu a ova do pirarucu? Se sim, como ela é?  <table><tr><th>Resposta</th><th>Barra 1 (%)</th><th>Barra 2 (%)</th></tr><tr><td>No</td><td>9%</td><td>5%</td></tr><tr><td>Yes</td><td>91%</td><td>95%</td></tr></table>	Resposta	Barra 1 (%)	Barra 2 (%)	No	9%	5%	Yes	91%	95%	A primeira descrição das características morfológicas gonadais de fêmeas de pirarucu foi realizada por Flores (1980), que as classificou em cinco estádios de desenvolvimento: estágio 1 (virgem), estágio 2 (desenvolvimento), estágio 3 (desenvolvido), estágio 4 (grávido) e estágio 5 (desovado). Segundo Godinho <i>et al.</i> (2005), descreveram quatro estádios gonadais: Imaturo, Maturação inicial, Maturação avançada e Desovado. A forma, o volume, a coloração, a irrigação	Alto
Resposta	Barra 1 (%)	Barra 2 (%)										
No	9%	5%										
Yes	91%	95%										

		sanguínea dos ovários e diâmetro dos ovócitos visíveis variam nos diferentes estádios de maturidade. No estágio IV (Maduro) a maior parte dos ovócitos maduros têm coloração verde-escura, influenciando a coloração gonadal inteira. A gônada apresenta também outros ovócitos, de coloração rosa-amarelada, com diâmetro menor (Lopes; Queiroz 2009a).											
Cuidado parental	O pirarucu cuida dos filhotes? Se sim, quais os cuidados os pais possuem?  <table> <tr> <th>Response</th> <th>Relative Frequency (%)</th> </tr> <tr> <td>No</td> <td>6%</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>5%</td> </tr> <tr> <td>Yes</td> <td>94%</td> </tr> <tr> <td>Yes</td> <td>95%</td> </tr> </table>	Response	Relative Frequency (%)	No	6%	No	5%	Yes	94%	Yes	95%	Com o início da enchente os machos constroem seus ninhos a baixa da floresta de restinga, onde as fêmeas depositam os ovócitos, após a fertilização, o casal de reserva na proteção e oxigenação dos ovos até a eclosão, o período que dura cerca de uma semana. Após o nascimento das larvas, as fêmeas deixam os ninhos e os machos se encarregam de cuidar das proles pelos próximos três meses, sendo o cuidado parental marcado pela natação das larvas nas proximidades da cabeça do macho (Castello 2008a, b e c).	Alto
Response	Relative Frequency (%)												
No	6%												
No	5%												
Yes	94%												
Yes	95%												
Habitats dos filhotes/juvenis	E os filhotes onde podem ser encontrados?  <table> <tr> <th>Response</th> <th>Relative Frequency (%)</th> </tr> <tr> <td>No</td> <td>9%</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>14%</td> </tr> <tr> <td>Yes</td> <td>91%</td> </tr> <tr> <td>Yes</td> <td>86%</td> </tr> </table>	Response	Relative Frequency (%)	No	9%	No	14%	Yes	91%	Yes	86%	Segundo Affonso <i>et al.</i> (2013) verificou-se uma alta correlação entre a abundância do pirarucu e a área de macrófita no período de cheia. Campos-Silva <i>et al.</i> (2019) os pescadores da RESEX-Médio Juruá observaram que os juvenis de pirarucu migram em grupos durante a estação chuvosa, deixando os lagos em direção aos ambientes formados com a elevação do nível das águas, principalmente a floresta inundada.	Alto
Response	Relative Frequency (%)												
No	9%												
No	14%												
Yes	91%												
Yes	86%												

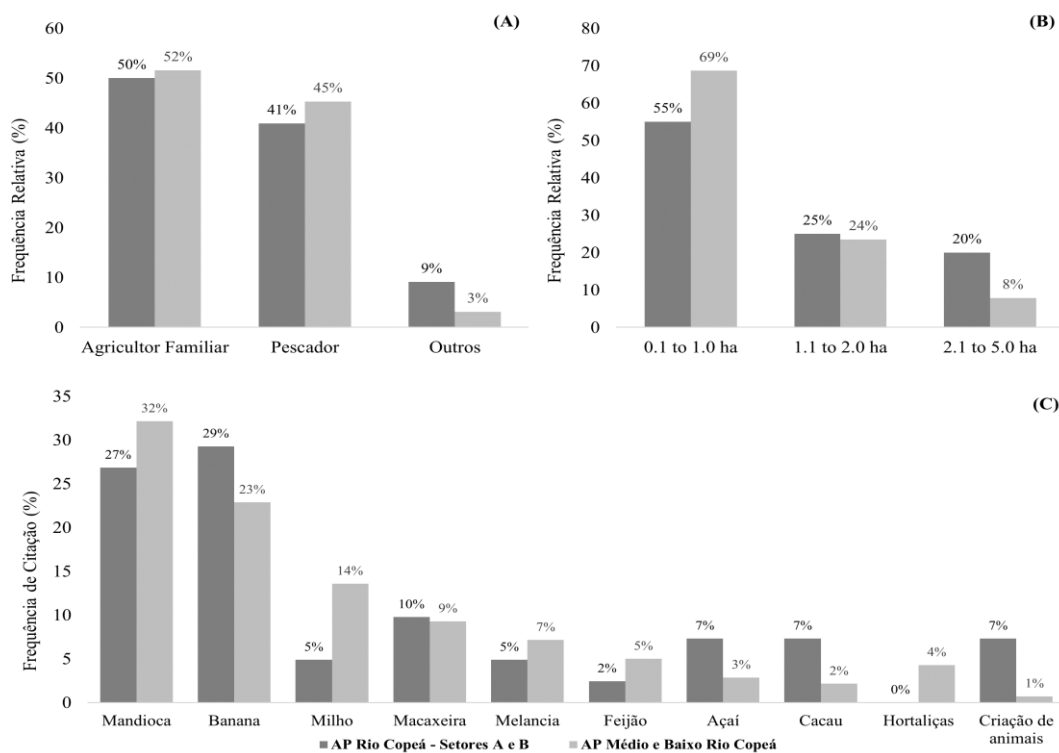
Fonte: Elaborado pelos autores.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nosso estudo evidencia um alto nível de conhecimento etnoictiológico dos manejadores de pirarucu das associações AUCINIRC e ACUV e representa uma importante fonte de informações sobre os aspectos da biologia e ecologia da espécie. O conhecimento etnoictiológico sobre o pirarucu apresentou alto grau de concordância com as informações técnico-científicas encontradas na literatura. Das 12 variáveis estudadas dez apresentaram alto nível de assertividade, sendo elas, abundância de pirarucu, hábito alimentar, habitats, deslocamento lateral, sexagem/dimorfismo sexual, período reprodutivo, comportamento reprodutivo, estágio gonadal, cuidado parental, habitats dos filhotes/juvenis e as demais, comprimento mínimo de reprodução e peso e comprimento máximo apresentaram nível médio e baixo de assertividade, respectivamente. Nossos resultados corroboram com estudos já realizados na região amazônica que demonstram conhecimento etnoecológico dos manejadores/pescadores sobre a estratégia de vida do pirarucu (Campos-Silva *et al.*, 2019; Pereira *et al.*, 2021).

Os principais resultados para a aptidão agrícola dos atores sociais que residem nas comunidades dentro das áreas de acordo de pesca e que realizam o manejo comunitário do pirarucu são observados na Figura 2.

Figura 2. (A) Frequência relativa da atividade principal desenvolvida pelos atores sociais nas áreas de manejo; (B) Frequência relativa da área (ha) de plantio utilizada pelos manejadores dentro da área do acordo de pesca; (C) Frequência de citação das principais culturas e atividades desenvolvidas pelos manejadores nas áreas de acordo de pesca no município de Coari, Amazonas.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A atividade principal pode ser caracterizada pela importância econômica da atividade na composição da renda familiar, assim, quando questionados qual atividade principal desenvolviam, os entrevistados se autodeclararam como (50% e 52%) agricultores familiares, (41% e 45%) pescadores e (9% e 3%) outros, na sua maioria servidores públicos (educação e saúde) da prefeitura municipal. Cabe ressaltar que nenhum entrevistado se declarou extrativista (Figura 2A). Mais da metade dos entrevistados afirmaram que a atividade principal desenvolvida é a agricultura familiar, seguido pela atividade de pesca. Resultados semelhantes são descritos nos estudos (Batista *et al.*, 1998; Adams *et al.*, 2005; Oliveira *et al.*, 2008; Peralta; Lima, 2010; Coomes *et al.*, 2010; Newton *et al.*, 2011; Lira; Chaves 2016; Queiroz *et al.*, 2018; Oliveira *et al.* 2022). Utilizados como referência a legislação brasileira (Lei n.º 11.326/2006) que estabelece os critérios utilizados para o enquadramento de agricultor familiar: utilizar predominantemente de mão de obra da família, renda mínima proveniente da atividade agrícola, deter pequena propriedade rural com área não superior a quatro módulos fiscais e gerenciar o empreendimento rural com sua família (BRASIL, 2006).

O manejo comunitário do pirarucu vem sendo desenvolvido a mais de sete anos na

região, envolvendo um número maior de comunitários e promovendo o aumento da renda das famílias, o que contribuiu para a autodeclaração dos atores sociais como pescadores (Viana *et al.*, 2004; Viana *et al.*, 2007; Castello *et al.*, 2009; Amaral; Almeida, 2013; Campos-Silva; Peres, 2016). Assim como a pesca manejada, a pesca comercial multiespecífica representa uma importante fonte de geração de emprego e renda para as comunidades ribeirinhas (Isaac; Barthem, 1995; Batista *et al.*, 1998; Amaral, 2009; Peralta; Lima, 2010; McGrath *et al.*, 2015; Ferreira; Guedes, 2017; Guinato *et al.*, 2023). Cabe ressaltar que nenhum ator social se declarou extrativista, mesmo utilizando os produtos florestais não madeireiros (PFNM) para subsistência e composição de renda da família. Apesar da importância desta atividade já observada em outras comunidades e regiões (Richards, 1993; Homma, 2012; Silva *et al.*, 2016; Sousa Silva *et al.*, 2019; Giatti *et al.*, 2021).

As áreas destinadas ao plantio de culturas agrícolas variaram de (0,1 a 5,0 hectares) com uma predominância de pequenas áreas com até (1,0 hectare), que representaram (55% e 69%), seguidos por áreas com até 2,0 hectares (25% e 24%) e somente (20% e 8%) das áreas utilizadas nas plantações eram maiores do que 3,0 hectares. A maior área destinada ao plantio agrícola observado foi de 5,0 hectares (Figura 2B). As atividades agrícolas são desenvolvidas predominantemente em pequenas áreas com até dois hectares, localizadas próximas a sede das comunidades. Os agricultores familiares implementam os chamados “roça/roçados” que são locais selecionados por suas características edafoclimáticas, e que preferencialmente não sofram influência das águas durante o período de cheia (Serrao *et al.*, 1996; Aguiar *et al.*, 2009; Castro *et al.*, 2009; Costa *et al.*, 2024). Essas áreas são utilizadas pelos agricultores por vários anos consecutivos, passando por períodos de descanso “pousio” ou rotatividade de cultura (Noda *et al.*, 2001; Castro *et al.*, 2009). Segundo Pereira *et al.* (2015), os agricultores familiares devem otimizar o uso da diversidade espacial das paisagens de várzea e de terra firme como parte de suas estratégias de subsistência.

As principais culturas agrícolas e atividades desenvolvidas pelos manejadores são observados na (Figura 2C). A produção de mandioca representa (27% e 32%), banana (29% e 23%), milho (5% e 14%), macaxeira (10% e 9%), melancia (5% e 7%), feijão (2% e 5%), açaí (7% e 3%), cacau (7% e 2%), hortaliças (0% e 4%) e criação de animais (7% e 1%). As principais atividades agrícolas desenvolvidas pelos manejadores da AUCINIRC e da ACUV foram mandioca/macaxeira (*Manihot esculenta* Crantz), banana (*Musa* spp.), milho (*Zea mays* L.), melancia (*Citrulus lanatus*), feijão (*Vigna* sp), hortaliças, bem como o extrativismo do açaí (*Euterpe precatoria* Mart.) e do cacau (*Theobroma cacao* L.) e a criação de pequenos animais (aves e suínos). Os caboclo-ribeirinhos desenvolveram técnicas de produção que são

repassadas por gerações (Aguiar *et al.*, 2009; Castro *et al.*, 2009). Essas técnicas de produção estão diretamente relacionadas a cada fase do pulso de inundação (enchente, cheia, vazante e seca) dos ambientes de várzea amazônica (Noda *et al.*, 2001; Castro *et al.*, 2009; Costa *et al.*, 2024). Neste cenário, as atividades agrícolas desenvolvidas nas áreas de acordo de pesca podem ser classificadas em sistemas de produção extensivos, com baixa produtividade, sem uso corretivos agrícolas e fertilizantes.

A mandioca é a cultura agrícola mais plantada, utilizada principalmente para produção de “*farinha de mandioca*”, servindo de alimento básico e principal fonte de carboidratos na dieta alimentar dos ribeirinhos, onde seu excedente podendo ser comercializado no centro urbano para compor a renda da família (Murrieta; Dufour, 2004; Dias; Leonel, 2006). A banana é cultivada preferencialmente em áreas mais altas, sem influência das inundações anuais, também é utilizada na alimentação das famílias, sendo que o excedente também é comercializado na sede do município de Coari/AM (Clement *et al.*, 2001; McGrath *et al.*, 2005).

O plantio de milho, melancia e feijão está diretamente relacionado ao regime de flutuação do nível das águas, plantadas nos chamados “*baixo*” ou restingas baixas, sendo cultivada principalmente no período da vazante (julho/setembro) (Ayres, 1995; Swales, 1999; Pereira *et al.*, 2006; Martins *et al.*, 2012). Políticas públicas desenvolvidas pela Secretaria de Produção Rural do Estado do Amazonas (SEPROR) visam aumentar as áreas produtivas por meio da distribuição de sementes, principalmente de milho e feijão.

A manutenção das comunidades está fortemente ligada a atividades de subsistência (agricultura, caça, pesca e extrativismo) utilizando subsistemas (roça, quintal, lago) vital a sustentabilidade dos povos amazônicos que vivem na floresta (Pereira *et al.*, 2006; Castro *et al.*, 2009; Freitas *et al.*, 2020). No nosso estudo a atividade extrativista é constituída principalmente pela a “*produção*” de açaí e cacau, que geralmente são coletados das áreas de terra firme e comercializados no período da safra (janeiro/abril), respectivamente (Newton *et al.*, 2011; Homma, 2012; Martinot *et al.*, 2017; Homma, 2017; Costa *et al.*, 2024). O extrativismo do açaí e cacau tem um importante papel socioeconômico para o município de Coari (AM), pois contribui diretamente para sustentação econômica das populações ribeirinhas, gerando emprego e renda com baixo impacto ambiental (Homma *et al.*, 2006).

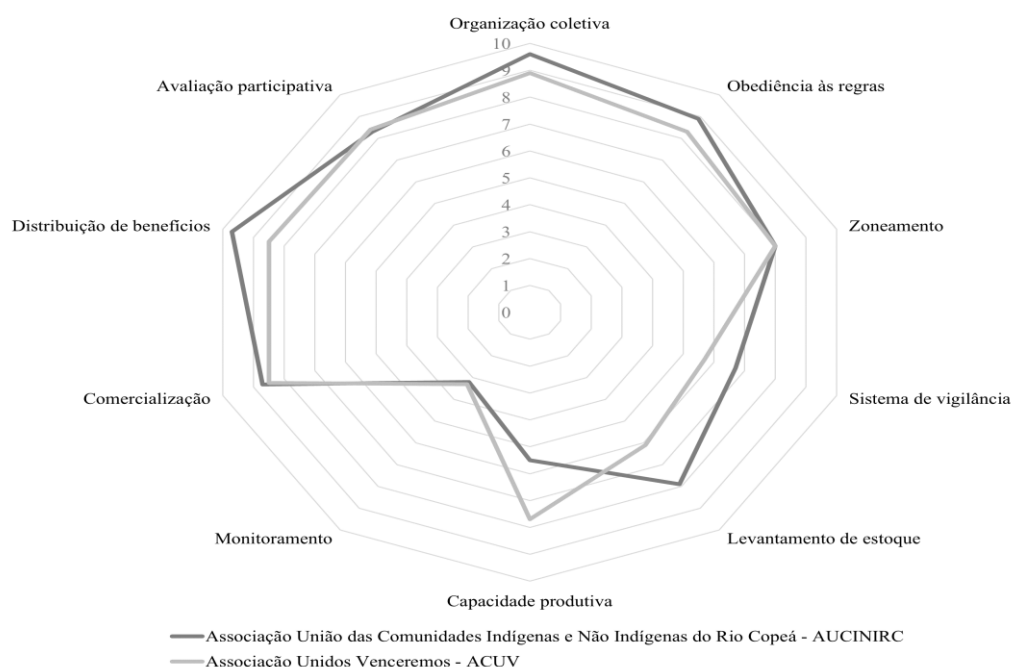
Com relação as ações de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) os entrevistados informaram que apenas (55% e 33%) recebem ações de ATER, estas realizadas pelo Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas (IDAM), entretanto (45% e 67%), alegam não receber nenhum tipo de assistência.

Uma das principais ações desenvolvidas pelo IDAM é a emissão de documentos que garantam acesso a políticas públicas, tais como, o Cartão do Produtor Primário (CPP), o Cadastro Nacional da Agricultura Familiar (CAF) e o Cadastro Ambiental Rural (CAR). Entretanto, os resultados mostram que (41% e 33%) possuem CPP, (91% e 13%) possuem CAF e (45% e 13%) possuem o CAR.

Uma das principais ações desenvolvidas pelo IDAM é a emissão do Cartão do Produtor Primário (CPP), entretanto, foi observado que menos da metade o possui. A CPP é um documento que possibilita o acesso a políticas públicas que beneficiam o agricultor familiar, tais como, a aquisição de equipamentos e produtos agrícolas com subvenção, compra de insumos e acesso aos programas de aquisição de alimentos. Outro serviço prejudicado é o de crédito rural, que consistem em uma política pública de incentivo ao desenvolvimento do setor primário em todo o País, a utilização de recursos de bancos públicos, com baixa taxa de juros, tem por finalidade o desenvolvimento regional por meio do aumento da produtividade das unidades de produção familiar. O Cadastro Nacional da Agricultura Familiar (CAF) é um documento que possibilita acesso as principais linhas de crédito disponíveis no Programa Nacional da Agricultura Familiar (PRONAF), entretanto, foi observado que a associações ACUV é a menos assistida, necessitando intensificar os esforços para a emissão do CAF. O reflexo deste cenário pode explicar o baixo acesso dos manejadores ao crédito rural, disponibilizados por bancos e agência de fomento e que contemplam as ações do manejo do pirarucu no estado do Amazonas.

Os principais resultados para a gestão participativa das associações que realizam o manejo comunitário do pirarucu são apresentados na (Figura 3). Para a AUCINIRC os princípios fundamentais que apresentaram melhores resultados foram: organização coletiva (9,6), obediência as regras (8,9), comercialização (8,7) e distribuição de benefícios (9,7) e os de maior fragilidade foram monitoramento (3,2) e capacidade produtiva (5,5). Já a ACUV os princípios fundamentais melhores avaliados foram: organização coletiva (8,9), comercialização (8,5) e distribuição de benefícios (8,5) e as dimensões com maior fragilidade foram monitoramento (3,3), sistema de vigilância (5,7) e levantamento de estoque (6,1). De modo geral, tanto a AUCINIRC quanto a ACUV obtiveram resultados positivos para a avaliação da gestão participativa, apresentando a soma para as dez dimensões avaliadas de (76,5) e (73,4) respectivamente.

Figura 3. Gráfico de radar comparando os dez princípios fundamentais da gestão participativa da Associação União das Comunidades Indígenas e Não Indígenas do Rio Copeá (AUCINIRC) e da Associação Unidos Venceremos (ACUV) nas áreas de acordo de pesca do município de Coari, Amazonas.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O método de avaliação participativa (MAP) empregado no estudo se mostrou adequado para avaliar os princípios fundamentais que devem ser aplicados na busca pela sustentabilidade do manejo comunitário do pirarucu, tais como, aspectos relacionados à organização coletiva, o respeito ao zoneamento dos ambientes, a efetividade do sistema de vigilância adotado, o cumprimento das regras de uso, a aplicação correta da metodologia de contagem, a capacidade produtiva do grupo da captura da cota estabelecida, a organização durante o monitoramento da produção, o desempenho nas atividades de comercialização, a coerência na distribuição dos benefícios, a avaliação do desempenho do grupo no cumprimento destas etapas, com vista ao planejamento estratégico e à mitigação de riscos associados a atividade do manejo comunitário do pirarucu (Amaral *et al.*, 2013; Arantes *et al.*, 2022).

Nosso estudo apresenta uma assimetria relevante entre as associações participantes (AUCINIRC e ACUV) no que diz respeito à eficácia institucional e à operacionalização do manejo comunitário do pirarucu em áreas de acordo de pesca. A AUCINIRC apresentou maior consistência organizacional nos aspectos técnicos, destacando-se em dimensões como sistema de vigilância, levantamento de estoque, comercialização e distribuição equitativa dos benefícios. Esses princípios são amplamente discutidos na literatura científica no esforço em

busca da sustentabilidade de sistemas de manejo comunitário de pirarucu (Castello *et al.*, 2009; Campos-Silva; Peres, 2016; Campos-Silva *et al.*, 2020; Arantes *et al.*, 2022). Entretanto, os princípios fundamentais que apresentaram maior fragilidade foram monitoramento e capacidade produtiva.

Por outro lado, a ACUV embora apresente níveis satisfatórios em princípios fundamentais como organização coletiva, obediência às regras e avaliação participativa, demonstra fragilidades significativas no sistema de vigilância, no levantamento de estoque e na etapa de monitoramento, dimensões frequentemente apontadas como entraves para a consolidação de arranjos produtivos locais de cogestão dos recursos naturais, em especial os recursos pesqueiros (Berkes, 2009; Ostrom, 2009; Castello; Stewart, 2010; Campos-Silva *et al.*, 2020; Arantes *et al.*, 2022). As fragilidades da ACUV podem estar diretamente relacionada a ausência de infraestrutura adequada (flutuante, embarcações, equipamentos e utensílios), carência de assistência técnica continuada, restrições ao acesso ao crédito rural e a inacessibilidade a políticas públicas voltadas a incentivar projetos de manejo dos recursos pesqueiros, fatores que comprometem não apenas a eficiência do manejo, bem como a capacidade de gerar renda para os manejadores. Esses resultados corroboram com os estudos já realizados que observaram que é fundamental a participação massiva das comunidades, a organização das associações e a proximidade com instituições governamentais de assistência técnica e pesquisa para o sucesso do manejo comunitário do pirarucu (Castro, 2002; Castro; McGrath, 2003; Arantes *et al.*, 2022).

A dimensão sistema de vigilância cumpre uma função estratégica para o sucesso do manejo comunitário do pirarucu, pois sustenta a efetividade e a garantia do cumprimento das regras de uso estabelecidas pelas comunidades. Segundo Castello *et al.* (2009) o sistema de vigilância comunitário é fundamental para coibir a pesca ilegal nos ambientes manejados. Assim como a recuperação das populações naturais de pirarucu (Campos-Silva; Peres, 2016; Petersen *et al.*, 2016; Arantes *et al.*, 2022). Além disso, a vigilância fortalece a governança participativa, mesmo na ausência do estado, e dá legitimidade das normas locais, fundamentada aos princípios da gestão de recursos de uso comum proposta por Ostrom (2009). Estudos apontam os desafios a serem superados (Strayer; Dudgeon, 2010; McGrath *et al.*, 2015; Campos-Silva *et al.*, 2020). Assim como os entraves observados no nosso estudo, entre eles, a dificuldade para realizar a vigilância, a falta de infraestrutura, a escassez de recursos financeiros destinados a atividade, a ausência de reconhecimento legal dos agentes comunitários, o risco de vida em decorrência embate direto com a pesca ilegal, organizações criminosas que utilizam rotas fluviais que se entrelaçam com os ambientes manejados e risco

de acidentes de trabalho.

A fragilidade na etapa de monitoramento, um dos princípios fundamentais mais relevantes do manejo, observado em ambas as associações indica um atual ponto de entrave. Embora o monitoramento seja de grande importância para a coleta de dados (local de pesca, peso, comprimento, sexo e estágio gonadal), bem como, gestão dos recursos manejados, sua realização requer uma metodologia bem aplicada, infraestrutura local, capacitação técnica contínua dos manejadores e instrumentos de apresentação e discussão coletiva das informações geradas, pontos ainda negligenciados por algumas associações/instituições que desenvolvem/acompanham o manejo do pirarucu (Hrbek; Crossa; Farias, 2007; Campos-Silva; Peres, 2016; Campos-Silva *et al.*, 2020).

Por fim, tanto a AUCINIRC quanto a ACUV obtiveram resultados positivos quanto a organização do manejo e a gestão compartilhada do recurso. O que reforçam a importância do fortalecimento institucional, do aprimoramento das ferramentas utilizadas no manejo, do investimento em capacitação técnica e melhoria da infraestrutura utilizada, assim como, canais de comercialização que operam preço justo ao esforço desempenhado pelos manejadores de pirarucu na região amazônica.

5 CONCLUSÃO

A efetividade do manejo comunitário do pirarucu está diretamente relacionada ao comportamento socioambiental das comunidades ribeirinhas locais e as suas estruturas organizacionais. Este estudo mostra com clareza o papel fundamental do conhecimento ecológico tradicional na gestão pesqueira, a importância das atividades agrícolas para a segurança alimentar e geração de renda das famílias e a necessidade de fortalecimento institucional para aprimorar a governança participativa. O enfrentamento das fragilidades estruturais, como nas dimensões monitoramento, sistema de vigilância, levantamento de estoque e capacidade produtiva é indispensável para sustentabilidade do manejo. A integração entre conhecimento científico e os saberes locais pode promover novas estratégias de conservação mais resilientes e fortalecer o desenvolvimento socioeconômico das comunidades amazônicas.

AGRADECIMENTOS

Aos manejadores de pirarucu pelo conhecimento compartilhado e participação na pesquisa, à Associação União das Comunidades Indígenas e Não Indígenas do Rio Copeá (AUCINIRC), à Associação Comunitária Unidos Venceremos (ACUV), à Universidade Federal do Amazonas, ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros (PPGCARP), ao Laboratório de Ictiologia (LABIC/UFAM), ao Instituto Federal do Amazonas, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo apoio financeiro proveniente do Edital N. 008/2021 – PROSPAM/FAPEAM e Edital N. 009/2022 – PNF/FAPEAM.

REFERÊNCIAS

ADAMS, C.; MURRIETA, R. S. S.; SANCHES, R. A. 2005. Agricultura e alimentação em populações ribeirinhas das várzeas do Amazonas: novas perspectivas. **Ambiente & Sociedade**, v. 8, p. 65-86, 2005.

AFFONSO, A. G.; QUEIROZ, H. L.; NOVO, E. M. L. M. Influência da cobertura de macrófitas sobre a abundância de pirarucus em lagos da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. In: FIGUEIREDO, E. S. A. (Org.). **Biologia, conservação e manejo participativo de pirarucus na Pan-Amazônia**. Tefé: IDSM, p. 213-236, 2013.

AGUIAR, J.; FRAXE, T. D. J. P.; CASTRO, A. P.; SILVA, S. C. P. Reprodução socioeconômica e cultural através do manejo de sistemas agroflorestais por caboclos-ribeirinhos em comunidades do Amazonas. **Cadernos de Agroecologia**, v. 4, n. 1, 2009,

ALMEIDA, O. T.; LORENZEN, K.; MCGRATH, D. G. Fishing agreements in the lower Amazon: for gain and restraint. **Fisheries Management and Ecology**, v. 16, n. 1, p. 61-67, 2009.

AMARAL, E.; ALMEIDA, O. Produtividade e eficiência econômica da pesca de pirarucu (*Arapaima gigas*) nas áreas de manejo das Reservas Anamã e Mamirauá. In: FIGUEIREDO, E. S. A. (Org.). **Biologia, conservação e manejo participativo de pirarucus na Pan-Amazônia**. Tefé: Amazonas, Brasil, p. 151-162, 2013.

AMARAL, E. S. R. A comunidade e o mercado: Os desafios na comercialização de pirarucu manejo das reservas Mamirauá e Anamã, Amazonas – Brasil. **UAKARI**, v. 3, n. 2, p. 7-17, 2007.

AMARAL, E. S. R. **O Manejo comunitário de pirarucu (*Arapaima gigas*) como alternativa econômica para os pescadores das RDS's Amanã e Mamirauá, Amazonas,**

Brasil. 2009. 85 f. Dissertação (Mestrado) – Gestão dos Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia, Universidade Federal do Pará, Pará, 2009.

AMARAL, E.; TORRES, A. C.; PERALTA, N. A avaliação participativa como ferramenta para tomadas de decisão em processos de manejo de pirarucu (*Arapaima gigas*). In: FIGUEIREDO, E. S. A. (Org.). **Biologia, conservação e manejo participativo de pirarucus na Pan-Amazônia**. Tefé: Amazonas, Brasil, p. 213-236, 2013

AMARAL, E.; QUEIROZ, H. Estabelecimento de cotas sustentáveis de pirarucu (*Arapaima gigas*) com base em outros indicadores além das contagens. In: **SEMINÁRIO ANUAL DE PESQUISA DO IDSM**, 2011, Tefé. Anais... Tefé: IDSM, 2011.

ANDERSON-JR, E. N. **The ethnoichthyology the Hong Kong Boat People**. 1967. Doctoral dissertation – Departament of Anthropology, University of Berkeley, California.

ANDRADE, L.; AMARAL, E.; SILVA, N.; QUEIROZ, H. Recounts pirarucu: a method for evaluating the quality of the pirarucu counts. **Scientific Magazine UAKARI**, v. 7, n. 1, p. 29-40, 2011.

ARANTES, C. C.; CASTELLO, L.; BASURTO, X.; ANGELI, N.; SENE-HAPER, A.; MCGRATH, D. G. Institutional effects on ecological outcomes of community-based management of fisheries in the Amazon. **Ambio**, v. 51, n. 3, p. 678-690, 2022. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01575-1>

ARANTES, C. C.; CASTELLO, L.; CETRA, M.; SCHILLING, A. Environmental influences on the distribution of arapaima in Amazon floodplains. **Environmental Biology of Fishes**, v. 96, p. 1257-1267, 2013. <https://doi.org/10.1007/s10641-011-9917-9>

ARANTES, C. C.; CASTELLO, L.; GARCEZ, D. S. Variation among counts of *Arapaima gigas* (Schinz) (Osteoglossomorpha, Osteoglossidae) done by fishers individually in Mamirauá, Brazil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 2, n. 3, p. 263-269, 2007.

ARANTES C. C.; CASTELLO, L.; STEWART, D. J.; CETRA, M.; QUEIROZ H. L. Population density, growth and reproduction of arapaima in an Amazonian river-floodplain. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 19, p. 455-465, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2010.00431.x>

ARANTES, C. C.; GARCEZ, D. S.; CASTELLO, L. Densidades de pirarucu (*Arapaima gigas*, Teleostei, Osteoglossidae) em lagos das Reservas de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá e Amanã, Amazonas, Brasil. **Scientific Magazine UAKARI**, v. 2, p. 37-43, 2006.

AXELROD, H. R.; EMMENS, C. W.; SCULTHORPE, D.; VONDERWINKLER, W.; SOCOLOF, R.; PRONEK, K. **Exotic Tropical Fish**. Jersey City: T.F.H. Publications, Inc., 1962. 266 p.

AYRES, J.M., 1995. **As Matas de Várzea do Mamirauá**. Rio de Janeiro: Sociedade Civil Mamirauá e CNPq/PTU, 1995. 124 p.

BAHUCHET, S. Esquisse de l'ethnoichthyologie des Yasa du Cameroun. **Anthropos**, v. 87, p. 511-520, 1992.

BARTHEM, R. B.; PETRERE JR, M.; ISSAC, V.; RIBEIRO, M. C. L. D. B.; MCGRATH, D. G.; VIEIRA, I. J.; BARCO, M. V. A pesca na Amazônia: problemas e perspectivas para o seu manejo. In: VALLADARES-PÁDUA, C. E.; BODMER, R. E. **Manejo e conservação de vida silvestre no Brasil**, Rio de Janeiro: MCT/ CNPq/ Sociedade Civil Mamirauá, 1997, p. 173-185.

BATISTA, V. S.; INHAMUNS, A. J.; FREITAS, C. E. C.; FREIRE-BRASIL, D. Characterization of the fishery in river communities in the low-Solimões/high-Amazon region. **Fisheries Management and Ecology**, v. 5, n. 5, p. 419-435, 1998.

BEGOSSI, A. Ecologia Humana: um enfoque das relações homem-ambiente. **Interciência**. v. 18, n 3, p. 121-132, 1993.

BEGOSSI, A. Scale of interactions of Brazilian populations (Caiçaras and Caboclos) with resources and institutions. **Human Ecology Review**, vol. 6, no. 1, pp. 1-7, 1999.

BEGOSSI, A.; GARAVELLO, J. C. Notes on the ethnoichthyology of fishermen from the Tocantins river (Brazil). **Acta Amazônica**, v. 20, p. 341-351, 1990.

BENATTI, J. H.; MCGRATH, D. G.; OLIVEIRA, A. C. M. Políticas Públicas e Manejo Comunitário de Recursos Naturais na Amazônia. **Ambiente & Sociedade**, v. 6, n. 2, p. 137-154, 2003.

BERKES, F. Evolução da co-gestão: Papel da geração de conhecimento, organizações de ponte e aprendizagem social. **Journal of environmental management**, v. 90, n. 5, p. 1692-1702, 2009.

BRASIL, Lei nº 11.326, de 24 de Julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, nº 141, Seção 1, p. 1, 25 jul. 2006. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111326.htm. Acesso em: 05 jun. 2025.

CAMPOS-SILVA, J. V.; HAWES, J. E.; FREITAS, C. T.; ANDRADE, P. C. M.; PERES, C. A. 2020. Community-Based Management of Amazonian Biodiversity Assets. In: BALDAUF, C. **Participatory Biodiversity Conservation**. ed. Springer, 2020, p. 99-111.

CAMPOS-SILVA, J. V.; HAWES, J. E.; PERES, C. A. Population recovery, seasonal site fidelity, and daily activity of pirarucu (*Arapaima* spp.) in an Amazonian floodplain mosaic. **Freshwater Biology**, v. 64, n. 7, p. 1255-1264, 2019.

CAMPOS-SILVA, J. V.; PERES, C. A. Community-based management induces rapid recovery a high-value tropical freshwater fishery. **Nature/Scientific Report**, v. 6, n. 34745, 2016.

CASTELLO, L. A method to count pirarucu: fishers, assessment and management. **North American Journal of Fisheries Management**, v. 24, n. 2, p. 379-389, 2004.

CASTELLO, L. Lateral migration of *Arapaima gigas* in floodplains of the Amazon. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 17, n. 1, p. 38-46, 2008a

CASTELLO, L. Nesting habitat of *Arapaima gigas* (Schinz) in Amazonian floodplains. **Journal of Fish Biology**, v. 72, n. 6, p. 1520-1528, 2008b.

CASTELLO, L. Nests of pirarucu *Arapaima gigas* in floodplains of the Amazon: habitat and relation to spawner abundance. **Journal of Fish Biology**, v. 72, p. 1-9, 2008c.

CASTELLO, L.; MCGRATH, D. G.; HESS, L. L.; COE, M. T.; LEFEBVRE, P. A.; PETRY, P.; MACEDO, M. N.; RENO, V. F.; ARANTES, C. C. The vulnerability of Amazon freshwater ecosystems. **Conservation Letters**, v. 6, n. 4, p. 217-229, 2013.

CASTELLO, L.; STEWART, D. J. Assessing CITES non-detriment findings procedures for *Arapaima* in Brazil. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 26, p. 49-56, 2010.

CASTELLO, L.; VIANA, J. P.; PINEDO-VASQUEZ, M. Participatory Conservation and Local Knowledge in the Amazon Várzea: The Pirarucu Management Scheme in Mamirauá. In: PINEDO-VASQUEZ, M., RUFFINO, M., PADOCH, C., BRONDÍZIO, E. (Org.). **The Amazon Várzea**, Springer, Dordrecht, 2011. p. 259-273.

CASTELLO, L.; VIANA, J. P.; WATKINS, G.; PINEDO-VASQUEZ, M.; LUZADIS, V. A. Lessons from integrating fishers of arapaima in small-scale fisheries management at the Mamirauá Reserve, Amazon. **Environmental Management**, v. 43, p. 197-209, 2009.

CASTRO, A. P. D.; FRAXE, T. D. J. P.; SANTIAGO, J. L.; MATOS, R. B.; PINTO, I. C. Os sistemas agroflorestais como alternativa de sustentabilidade em ecossistemas de várzea no Amazonas. **Acta amazônica**, v. 39, p. 279-288, 2009.

CASTRO, F. From Myths to Rules: The Evolution of Local Management in the Amazonian Floodplain. **Environment and History**, v. 8, n. 2, p. 197-216, 2002.

CASTRO, F. D.; MCGRATH, D. G. Moving toward sustainability in the local management of floodplain lake fisheries in the Brazilian Amazon. **Human organization**, v. 62, n. 2, p. 123-133, 2003.

CLEMENT, C. R.; NODA, H.; NODA, S. D. N.; MARTINS, A. L. U.; SILVA, G. C. 2001. Recursos frutícolas na várzea e na terra firme em onze comunidades rurais do Alto Solimões, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 31, n. 3, p. 521-521, 2001.

COOMES, O. T; TAKASAKI, Y.; ABIZAID, C.; BARHAM, B. L. Floodplain fisheries as natural insurance for the rural poor in tropical forest environments: evidence from Amazonia. **Fisheries Management and Ecology**, v. 17, n. 6, p. 513–521, 2010.

COSTA, F. D. A.; ASSAD, E. D.; BEBBINGTON, D. H.; BRONDIZIO, E. S.; FEARNSIDE, P. M.; GARRETT, R.; SCHMINK, M. Complex, diverse and changing agribusiness and livelihood systems in the Amazon. **Acta Amazonica**, v. 54, n. spe1, e54es22096, 2024.

COSTA-NETO, E.; MARQUES, J. G. Faunistic resources used as medicines by artisanal fishermen from Siribinha Beach, State of Bahia, Brazil. **Journal of Ethnobiology**, v. 20, n. 1, p. 93-109, 2000.

DIAS, L. T.; LEONEL, M. Phisico-chemical characteristics of cassava flours from different regions of Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 4, p. 692-700, 2006.

DIEGUES, A. C. As populações humanas em áreas naturais protegidas da Mata Atlântica. **Acervo Socio Ambiental**, p. 1-15, 1996.

FERREIRA, G. T.; GUEDES, L. F. O mapeamento de uma cadeia extrativista na amazônia: *Arapaima gigas* em reservas de desenvolvimento sustentável. **Environmental & Social Management Journal**, v. 11, n. 2, 2017.

FLORES, H. G. Desarrollo sexual del paiche (*Arapaima gigas*) em las zonas reservadas del estado (Rios Pacaya y Samiria) 1971-1975. **Informe Instituto del Mar del Peru**, n. 67, 1980.

FONTENELE, O. Contribuição para o conhecimento da biologia do pirarucu, *Arapaima gigas* (Cuvier), em cativeiro (Actinopterygii, Osteoglossidae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 8, n. 4, p. 445-459, 1948.

FRAXE, T. J.; PEREIRA, H. S.; WITKOSKI, A. C. Comunidades ribeirinhas amazônicas: modos de vida e uso dos recursos naturais. **Reggo**, p. 98130-7129, 2011.

FREITAS, C. E. C.; RIVAS, A. A. F. A Pesca e os Recursos Pesqueiros na Amazônia Ocidental. **Ciência e Cultura**, v. 58, n. 3, p. 30-32, 2006.

FREITAS, C. T.; ESPÍRITO-SANTO, H. M. V.; CAMPOS-SILVA, J. V.; PERES, C. A.; LOPES, P. F. M. Resource co-management as a step towards gender equity in fisheries. **Ecological Economics**, v. 176, p. 1-9, 2020.

GERLACH, F. R.; BATALHA, M. O. **Associação ou cooperativa? Implicações do associativismo para o meio rural**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, Juiz de Fora. 2003.

GIATTI, O. F.; MARIOSIA, P. H.; ALFAIA, S. S.; SILVA, S. C. P. D.; PEREIRA, H. D. S. Potencial socioeconômico de produtos florestais não madeireiros na reserva de desenvolvimento sustentável do Uatumã, Amazonas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 59, n. 3, e229510, 2021.

GODINHO, H. P.; SANTOS, J. E.; FORMAGIO, P. S.; GUIMARÃES-CRUZ, R. J. Gonadal morphology and reproductive traits of the Amazonian fish *Arapaima gigas* (Schinz, 1822). **Acta Zoologica**, v. 86, n. 4, p. 289-294, 2005.

GUINATO, R. B.; DO NASCIMENTO, A. C. S.; GONÇALVES, A. C. T.; CAMPOS-SILVA, J. V. Análise Socioeconômica de Programas de Manejo de Pesca em ambientes de várzea e terra firme na Amazônia Central. **Ambiente: Gestão e Desenvolvimento**, v. 16, n. 2, p. 80-92, 2023.

HRBEK, T.; CROSSA, M.; FARIAS, I. P. Conservation strategies for *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) and the Amazonian várzea ecosystem. **Brazilian Journal of Biology**, v. 67, n. 4, p. 909-917, 2007.

HOMMA, A. K. O. Extrativismo vegetal ou plantio: qual a opção para a Amazônia?. **Dossiê Sustentabilidade: Estudos avançados**, v. 26, n. 74, p. 167-186, 2012.

HOMMA, A. K. O. A terceira natureza da Amazônia. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, v. 38, n. 132, p. 27-42, 2017.

HOMMA, A. K. O.; NOGUEIRA, O. L.; MENEZES, A. J. E. A.; CARVALHO, J. D.; NICOLI, C. M. L.; MATOS, G. D. Açaí: novos desafios e tendências. **Amazônia: ciência & desenvolvimento**, v. 1, n. 2, p. 7-23, 2006.

ISAAC, V. J.; BARTHEM, R. B. Os Recursos pesqueiros da Amazônia brasileira. **Bol. Mus. Antropol. Pará**, v. 11, n. 2. 1995. 339 p.

LIMA, L. G.; BATISTA, V. S. Estudos etnoictiológicos sobre o pirarucu *Arapaima gigas* na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 3, p. 337-344, 2012.

LIRA, T. D. M.; CHAVES, M. D. P. S. R. Comunidades ribeirinhas na Amazônia: organização sociocultural e política. **Interações (Campo Grande)**, v. 17, p. 66-76, 2016.

LOPES, K.; QUEIROZ, H. L. Uma revisão das fases de desenvolvimento gonadal de pirarucus *Arapaima gigas* (Schinz, 1822). **Uakari**, v. 5, n. 1, p. 39-48, 2009a.

LOPES, K.; QUEIROZ, H. L. Avaliação do conhecimento tradicional dos pescados da RDSM aplicado à identificação do sexo de pirarucus. **Uakari**, v. 5, n. 2, p. 59-66, 2009b.

LOWE-MCCONNELL, R. H. **Ecological Studies in Tropical Fish Communities**. Cambridge: Cambridge University Press, 1987. 382 p.

LULING, K. H. Zur Biologie und Okologie von *Arapaima gigas* (Pisces, Osteoglossidae). **Zeit. Morph. Okol. Tiere**, v. 54, n. 4, p. 436-530, 1964.

MARQUES, J. G. W. **Aspectos ecológicos na etnoictiologia dos pescadores do complexo Estuarino-Lagunar Mundaú-Manguaba, Alagoas**. 1991. 292p. Tese (Pós-Graduação em Ecologia), Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1991.

MARQUES, J. G. W. Etnoictiologia: Pescando pescadores nas águas da transdisciplinariedade. **Revista Ouricuri**, v. 2, n. 2, p. 9-36, 2012.

MARTINOT, J. F.; PEREIRA, H. D. S.; SILVA, S. D. Collect or cultivate: the choices of the producers of acai-da-mata (*Euterpe precatoria*) from Amazonas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 55, n. 4, p. 751-766, 2017.

MARTINS, W. M.; DE OLIVEIRA MARTINS, L. M.; PAIVA, F. S.; DE OLIVEIRA MARTINS, W. J.; JÚNIOR, S. F. L. Agrobiodiversidade nos quintais e roçados ribeirinhos na comunidade Boca do Môa–Acre. **Biotemas**, v. 25, n. 3, p. 111-120, 2012.

MCGRATH, D. G.; ALMEIDA, O. T.; CROSSA, M.; CARDOSO, A.; CUNHA, M. Working towards community-based ecosystem management of the Lower Amazon floodplain. **PLEC News and views**, v. 6, p. 3-10, 2005.

MCGRATH, D. G.; CASTELLO, L.; ALMEIDA, O. T.; ESTUPIÑÁN, G. M. Market Formalization, Governance, and the Integration of Community Fisheries in the Brazilian Amazon. **Society & Natural Resources**, v. 28, n. 5, p. 513-529, 2015.

MONTEIRO, L. B. B.; SOARES, M. D. C.; CATANHO, M. T. J.; HONCZARYK, A. Reproductive aspects and sexual steroids hormonal profiles of pirarucu, *Arapaima gigas* (SCHINZ, 1822), in captivity conditions. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 3, p. 435-449, 2010.

MURRIETA, R. S. S.; DUFOUR, D. L. Fish and farinha: protein and energy consumption in Amazonian rural communities on Ituqui Island, Brazil. **Ecology of Food and Nutrition**, v. 43, n. 3, p. 231-255, 2004.

NEWTON, P.; ENDO, W.; PERES, C. A. Determinantes da variação da estratégia de subsistência em duas reservas extrativistas em florestas amazônicas inundadas e não inundadas. **Conservação Ambiental**, v. 39, n. 02, p. 97-110, 2011.

NODA, S. D. N.; NODA, H.; PEREIRA, H. S.; MARTINS, A. L. U. Utilização e apropriação das terras por agricultura familiar amazonense de várzea. In: DIEGUES, C. A.; MOREIRA, A. C. C. (Orgs.). **Espaços e recursos naturais de uso comum**. São Paulo: USP, 2001.

NODA, H.; DO NASCIMENTO NODA, S. Agricultura familiar tradicional e conservação da sócio-biodiversidade amazônica. **Interações (Campo Grande)**. v. 4, n. 6, p. 1-12, 2003.

OLIVEIRA, A. C. M.; NEPSTAD, D. C.; MCGRATH, D. G.; SILVA, A. F. Impactos ecológicos do manejo comunitário de recursos naturais em comunidades ribeirinhas de várzea e terra firma na região de Tefé, AM. **Novos Cadernos NAEA**, v. 11, n. 2, p. 57-84, 2008.

OLIVEIRA, R. D. S.; PERALTA, N.; FERREIRA, J. C. L. Learning to fish: communities of practice in Amazonian riverine fishing. **Amazônica-Revista de Antropologia**, v. 14, n. 1, p. 61-90, 2022.

OLIVEIRA, V. D.; POLETO, S. L.; VENERE, P. C. Feeding of juvenile pirarucu (*Arapaima gigas*, Arapaimidae) in their natural environment, lago Quatro Bocas, Araguaiana-MT, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 3, n. 2, p. 312-314, 2005.

OSTROM, E. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. **Science**, v. 325, n. 5939, p. 419-422, 2009.

PEREIRA, S. A.; DA SILVA, R. G. A.; CAMPOS-SILVA, J. V.; BATISTA, V. D. S.; ARANTES, C. C. Assessing biological traits of Amazonian high-value fishes through Local Ecological Knowledge of urban and rural fishers. **Hydrobiologia**, v. 848, p. 2483-2504, 2021.

PEREIRA, K. J. C.; LIMA, B. F.; DOS REIS, R. S.; VEASEY, E. A. Saber tradicional, agricultura e transformação da paisagem na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã, Amazonas. **Scientific Magazine UAKARI**, v. 2, n. 1, p. 9-26, 2006.

PEREIRA, H. S.; VINHOTE, M. L. A.; ZINGRA, A. F. C.; TAKEDA, W. M. A Multifuncionalidade da Agricultura Familiar no Amazonas: Desafios para a inovação sustentável. **Revista Terceira Margem Amazônia**, v. 1, n. 5, p. 59-74, 2015.

PERALTA, N.; LIMA, D. M. A comprehensive overview of the domestic economy in mamirauá and amanã in 2010. **Scientific Magazine UAKAR**, v. 9, n. 2, p. 33-62, 2010.

PETERSEN, T. A.; BRUM, S. M.; ROSSONI, F.; SILVEIRA, G. F. V.; CASTELLO, L. Recovery of *Arapaima* sp. populations by community-based management in floodplains of the Purus River, Amazon. **Journal of Fish Biology**, v. 89, n. 1, p. 241-249, 2016.

POSEY, D. A. Etnobiologia: Teoria e prática. In: RIBEIRO, D. **Suma Etnológica Brasileira**. Petrópolis: Vozes/FINEP, v. 1, 1987. p. 15-25.

QUEIROZ, H. L. **Natural history and conservation of pirarucu, *Arapaima gigas*, at the Amazonian várzea: Red giants in muddy waters**. 2000. 226 f. Tese (Doutorado) – University of St. Andrews, Scotland, 2000.

QUEIROZ, H. L.; SARDINHA, A. D. A preservação e o uso sustentado dos pirarucus em Mamirauá. In: QUEIROZ, H. L.; CRAMPTON, W. G. R. (Orgs.). **Estratégias para o manejo de recursos pesqueiros em Mamirauá**. Tefé: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Sociedade Civil Mamirauá, 1999. p. 108-141

QUEIROZ, M. S.; SOARES, A. P. A.; NETO, A. G. T. Comunidades rurais ribeirinhas e as águas do rio Solimões no município de Iranduba-Amazonas. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 4, n. 1, 2018.

RICHARDS, E. M. Commercialization of non-timber forest products in Amazonia. **NRI Socio-economic Series**, n. 2, 1993. 26 p.

SANCHEZ, J. R. “El paiche”: aspectos de su historia natural y aprovechamiento. **Revista de Caza y Pesca**, v. 10, p. 17-61, 1969.

SANTOS, G. M.; SANTOS, A. C. M. Sustentabilidade da pesca na Amazônia. **Dossiê Amazônia Brasileira II/Estudos Avançados**, v. 19, n. 54, p. 165-182, 2005.

SANTOS, G. M.; FERREIRA, E. J. G.; ZUANON, J. A. S. **Peixes comerciais de Manaus**. Manaus: Ibama/ProVárzea, 2006. 144p.

SCHNEIDER, S. Teoria social, agricultura familiar e pluriatividade. **Revista brasileira de ciências sociais**, v. 18, n. 51, p. 99-122, 2003.

SEIXAS, C. S.; BERKES, F. Learning from fishers: local knowledge for management design and assessment. In: VIEIRA, P. F. (Org.). **Conservação da Diversidade Biológica e Cultural em Zonas Costeiras: enfoques e experiências na América Latina e no Caribe**. EPED Editora, Florianópolis, 2003. p. 333-372.

SERRAO, E. A. S.; NEPSTAD, D.; WALKER, R. Upland agricultural and forestry development in the Amazon: sustainability, criticality and resilience. **Ecological Economics**, v. 18, n. 1, p. 3-13, 1996.

SILVA, D. W.; CLAUDINO, L. S.; OLIVEIRA, C. D.; MATEI, A. P.; KUBO, R. R. Extrativismo e desenvolvimento no contexto da Amazônia brasileira. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 38, n. 10.5380, 2016.

SILVA, M. J. A. S. **Conhecimento Tradicional no Manejo do Pirarucu *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) na Ilha da Paciência, Município de Iranduba, Amazonas**. 2017. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Pesqueiras nos Trópicos) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019.

SILVANO, R. A. M.; BEGOSSI, A. Local knowledge on a cosmopolitan fish Ethnoecology of *Pomatomus saltatrix* (Pomatomidae) in Brazil and Australia. **Fisheries Research**, v. 71, n. 1, p. 43-59, 2005.

SILVANO, R. A. M.; VALBO-JORGENSEN, J. Beyond fishermen's tales: contributions of fishers' local ecological knowledge to fish ecology and fisheries management. **Environment, Development and Sustainability**, v. 10, p. 657-675, 2008.

SOUSA SILVA, L. D. J.; MENEGHETTI, G. A.; PINHEIRO, J. O. C.; DOS SANTOS, E. M.; PARINTINS, D. M. O extrativismo como elemento de desenvolvimento e sustentabilidade na Amazônia: um estudo a partir das comunidades coletoras de castanha-do-brasil em Tefé, AM. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 11, n. 2, 2019.

STRAYER, D. L.; DUDGEON, D. Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 29, n. 1, p. 344-358, 2010.

SWALES, S. E. **Dynamics of land use and agricultural practices on the uplands and adjacent flood plain in the Lower Amazon**. 1999. Tese (Doutorado) – University of Florida, 1999.

VIANA, J. P.; CASTELLO, L.; DAMASCENO, J. M. B.; AMARAL, E. S. R.; ESTUPIÑÁN, G. M. B.; ARANTES, C.; BATISTA, G. S.; GARCEZ, D. S.; BARBOSA, S. Manejo comunitário do pirarucu *Arapaima gigas* na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá - Amazonas, Brasil. In: PRATES, A. P.; BLANC, D. (Orgs.). **Áreas aquáticas protegidas como instrumento de gestão pesqueira**. Série Áreas Protegidas do Brasil, v. 4. Brasília-DF: Ministério do Meio Ambiente e IBAMA, 2007.

VIANA, J. P.; DAMASCENO, J. M.; CASTELLO, L.; CRAMPTON, W. G. R. Incentivos econômicos para o manejo comunitário sustentável dos recursos pesqueiros na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Amazonas, Brasil. In: SILVIUS, K. M.; BODMER, R.; FRAGOSO, J. M. V. (Orgs.). **People in Nature: Wildlife Conservation in South and Central America**. New York: Columbia University Press, 2004. p. 139-154.

WATSON, L. C.; STEWART, D. J.; TEECE, M. A. Trophic ecology of *Arapaima* in Guyana: giant omnivores in neotropical floodplains. **Neotropical Ichthyology**, v. 11, n. 2, p. 341-349, 2013.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. Nova Deli: Pearson Education India, 1999.

CAPÍTULO II

Artigo Submetido: REVISTA GEOTEMAS

IDENTIFICAÇÃO DE COMPONENTES DA PAISAGEM NA VÁRZEA AMAZÔNICA: USO DE AEROFOTOGRAMETRIA E SENSORIAMENTO REMOTO

*Identification of landscape components in the amazonian floodplain: use
of aerial photogrammetry and remote sensing*

*Identificación de componentes del paisaje en la llanura de inundación
amazónica: uso de fotogrametría aérea y teledetección*

Jean Felipe Silva de Abreu

Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Recursos
Pesqueiros/Universidade Federal do Amazonas (PPGCARP/UFAM)

E-mail: jean.abreu@ifam.edu.br

Hilário Ramiro de Abreu Filho

Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Recursos
Pesqueiros/Universidade Federal do Amazonas (PPGCARP/UFAM)

E-mail: hilariofilho65@gmail.com

Carlos Edwar de Carvalho Freitas

Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

E-mail: freitasc50@gmail.com

Kedma Cristine Yamamoto

Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

E-mail: kcyamamoto@gmail.com

RESUMO

As áreas de várzea amazônica representam ecossistemas complexos e dinâmicos. A aplicação do sensoriamento remoto permite a caracterização espaço-temporal de diferentes componentes da paisagem, incluindo as classes presentes nos lagos de várzea. Este estudo tem como objetivo avaliar três algoritmos de classificação supervisionada (*Maximum Likelihood*, *Spectral Angle Mapper* e *Random Forest*) para identificação dos componentes da paisagem (água aberta, macrófitas, floresta inundada e floresta não inundada) em ambiente de várzea amazônica. Foi utilizada imagem do Landsat-8 (órbita 233/ponto 63) com resolução espacial (30 metros) no período de cheia (julho/2024). O processamento digital da imagem foi realizado no software QGIS, utilizando o plug-in *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP). Índices espectrais (NDWI e NDVI) foram empregados para realçar alvos específicos, enquanto o MDE permitiu a análise do relevo. Imagens aéreas de alta resolução espacial (3 cm) auxiliaram no treinamento dos classificadores. O algoritmo *Random Forest* obteve a maior acurácia global (93,7%) e Índice Kappa (0,92), seguido do *Maximum Likelihood* (74,8% e 0,92) e *Spectral Angle Mapper* (69,9% e 0,60), respectivamente. O algoritmo de classificação *Random Forest* se mostrou mais robusto, mesmo em um cenário heterogêneo e de alta variação espectral, como é o caso da várzea amazônica.

Palavras-chave: Zonas úmidas; Levantamento aéreo; Classificação de imagens.

ABSTRACT

The Amazonian floodplain represents complex and dynamic ecosystems. The application of remote sensing allows for the spatiotemporal characterization of different landscape components, including the classes present in floodplain lakes. This study aims to evaluate three supervised classification algorithms (*Maximum Likelihood*, *Spectral Angle Mapper*, and *Random Forest*) for the identification of landscape components (open water, macrophytes, flooded forest, and non-flooded forest) in Amazonian floodplain environments. Landsat-8 imagery (path 233/row 63) with a spatial resolution of 30 meters, acquired during the flood season (July 2024), was used. Digital image processing was performed using QGIS software, with the *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP). Spectral indices (NDWI and NDVI) were employed to enhance specific targets, while the DEM enabled terrain analysis. High-resolution aerial images (3 cm) supported the training of the classifiers. The *Random Forest* algorithm achieved the highest overall accuracy (93.7%) and Kappa Index (0.92), followed by *Maximum Likelihood* (74.8% and 0.66) and *Spectral Angle Mapper* (69.9% and 0.60), respectively. The *Random Forest* classification algorithm proved to be more robust, even in a heterogeneous scenario with high spectral variation, as observed in the Amazonian floodplain.

Keywords: Wetlands; Aerial Survey; Image Classification.

RESUMEN

La llanura de inundación amazónica representa ecosistemas complejos y dinámicos. La aplicación de la teledetección permite la caracterización espacio-temporal de diferentes componentes del paisaje, incluidas las clases presentes en los lagos de la llanura de inundación. Este estudio tiene como objetivo evaluar tres algoritmos de clasificación supervisada (*Maximum Likelihood*, *Spectral Angle Mapper* y *Random Forest*) para la

identificación de componentes del paisaje (agua abierta, macrófitas, bosque inundado y bosque no inundado) en entornos de llanura de inundación amazónica. Se utilizó una imagen de Landsat-8 (órbita 233/punto 63) con una resolución espacial de 30 metros durante el período de inundación (julio/2024). El procesamiento digital de la imagen se realizó en el software QGIS, utilizando el complemento Semi-Automatic Classification Plugin (SCP). Los índices espectrales (NDWI y NDVI) se emplearon para resaltar objetivos específicos, mientras que el MDE permitió el análisis del relieve. Imágenes aéreas de alta resolución espacial (3 cm) apoyaron el entrenamiento de los clasificadores. El algoritmo Random Forest obtuvo la mayor precisión global (93,7%) y el índice Kappa (0,92), seguido de Maximum Likelihood (74,8% y 0,66) y Spectral Angle Mapper (69,9% y 0,60), respectivamente. El algoritmo de clasificación Random Forest demostró ser más robusto, incluso en un escenario heterogéneo y de alta variación espectral, como se observa en la llanura de inundación amazónica.

Palabras clave: Humedales; Levantamiento Aéreo; Clasificación de Imágenes.

1 INTRODUÇÃO

A Bacia Amazônica comporta uma das maiores e mais complexas zonas úmidas do mundo, representa um ambiente de suma importância para a conservação e manutenção do clima, biodiversidade, ciclos biogeoquímicos, transporte de material particulado, além das atividades humanas como a agricultura e a pesca (Junk *et al.*, 2000; Melack; Forsberg, 2001; Junk *et al.*, 2012; Castello, 2021). A zona úmida amazônica possui uma área de aproximadamente 840.000 km² com dimensões laterais que podem atingir dezenas de quilômetros (Hess *et al.*, 2003; Melack; Hess, 2010; Hess *et al.*, 2015; Melack, 2016; Fleischmann *et al.*, 2023). Uma grande parcela desta área está sujeita a inundações periódicas e/ou sazonais pelo transbordamento dos afluentes que as cortam (Junk *et al.*, 1989; Melack; Hess, 2010; Fleischmann *et al.*, 2022). O que possibilita a formação de ecossistemas aquáticos dinâmicos (temporal e espacialmente), como florestas inundáveis, savanas, campos, rios e lagos (Junk *et al.*, 2011; Junk *et al.*, 2012; Melack; Coe, 2013; Reis *et al.*, 2019a; Xue *et al.*, 2024). As áreas úmidas da planície de inundação desempenham um papel fundamental nos ciclos de vidas de muitas espécies aquáticas (Junk, 2005; Junk *et al.*, 2011).

As planícies inundadas são anualmente influenciadas pelo pulso de inundação, constituído por um período de chuvas intensas e um período de seca acentuada, com uma amplitude de até dez metros que promove processos erosivos e sedimentares, propiciando a fragmentação periódica da floresta, alterando a disponibilidade de habitats (Junk *et al.*, 1989; Peixoto; Nelson; Wittmann, 2009; Junk

et al., 2012). A fase aquática (cheia) é marcada pelo transbordamento dos rios, o que ocasiona a intercomunicação entre os corpos d'água, ampliando a disponibilidade de ambientes aquáticos, já na fase terrestre (seca), com a redução do volume de água, alguns dos ambientes aquáticos tornam-se isolados, principalmente os sistemas lacustres (Junk *et al.*, 1989; Melack; Coe, 2013; Fleischmann *et al.*, 2022).

Os lagos de várzea são paisagens aquáticas multiformes, localizadas nas depressões laterais da planície de inundação dos sistemas fluviais amazônicos, formadas por subunidades, conectados por canais (canos, furos e paranás) a um sistema fluvial principal (Melack, 1984; Junk, 1984). Os lagos fazem parte de um mosaico com diferentes formações (geológicas, geomorfológicas e fluviais) com uma diversidade de tamanhos e formatos (redondos, alongados, ferradura, dendríticos), apresentando no geral baixa profundidade, podendo haver algumas exceções (Sioli, 1991; Junk *et al.*, 2012). São ambientes altamente produtivos, onde o nitrogênio e o fósforo são os principais nutrientes limitantes da produção primária (Forsberg *et al.*, 1988; Furch; Junk, 1997).

A caracterização ambiental dos lagos de várzea amazônicos pode ser feita por meio da sua estrutura morfológica, morfométrica, biológica e limnológica (Bain *et al.*, 1999; Melack; Coe, 2021). Outra abordagem se dá por meio da estrutura e função da paisagem, também denominado componentes da paisagem e podem ser estudadas em diferentes escalas espaciais e temporais ou da sua combinação (Hess *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2010; Renó *et al.*, 2011; Hess *et al.*, 2015). O primeiro mapa com alta resolução produzido para as zonas úmidas da Amazônia pode ser encontrado no estudo de Hess *et al.* (2003), que mapearam uma porção da Amazônia Central utilizando imagens de radar de abertura sintética (Synthetic Aperture Radar – SAR), usados para mapear a extensão das áreas inundadas e a vegetação em condições de águas baixas e altas. Em outro estudo, Hess *et al.* (2015), identificaram e quantificaram cinco classes de componentes da paisagem, sendo: água aberta, herbácea, arbusto, floresta inundada e floresta não inundada.

Nesse contexto, o Sensoriamento Remoto (SR) se destaca como uma ferramenta indispensável para monitoramento dos ambientes de várzea amazônica, pois permite a coleta de dados sobre grandes extensões territoriais, com baixo custo de aquisição e em intervalos temporais regulares (Fassoni-Andrade *et al.*, 2021). A classificação de imagens constrói uma das aplicações mais relevantes do

sensoriamento remoto, com utilização em diversas áreas (monitoramento ambiental, mineração, agricultura de precisão, desastres naturais entre outros), busca-se continuamente o seu aprimoramento (Lu; Weng, 2007; Li *et al.*, 2011; Affonso *et al.*, 2023). Não há consenso sobre qual o algoritmo de classificação de imagem é o mais acurado, pois a especificidade de cada estudo, o conjunto de amostras ou a área de estudo torna a metodologia dinâmica (Lefsky; Cohen, 2003; Lu *et al.*, 2004).

Estudos na região Amazônica com uso do sensoriamento remoto são considerados referências até os dias atuais (Chapman; Siqueira; Freeman, 2002; Hess *et al.*, 2003; Frappart *et al.*, 2005; Martinez; Toan, 2007; Melack; Hess, 2010; Renó *et al.*, 2011; Reis *et al.*, 2019b; Brovelli *et al.*, 2020). Como no estudo realizado por Fassoni-Andrade *et al.* (2020) que utilizando uma série temporal do satélite Landsat desenvolveu um mapeamento topográfico de alta resolução (30 metros) da planície de inundação do médio-baixo Amazonas. Entretanto, poucos são os estudos sobre classificação de imagens orbitais embasadas por imagens aéreas de alta resolução espacial obtidas com drone na várzea amazônica.

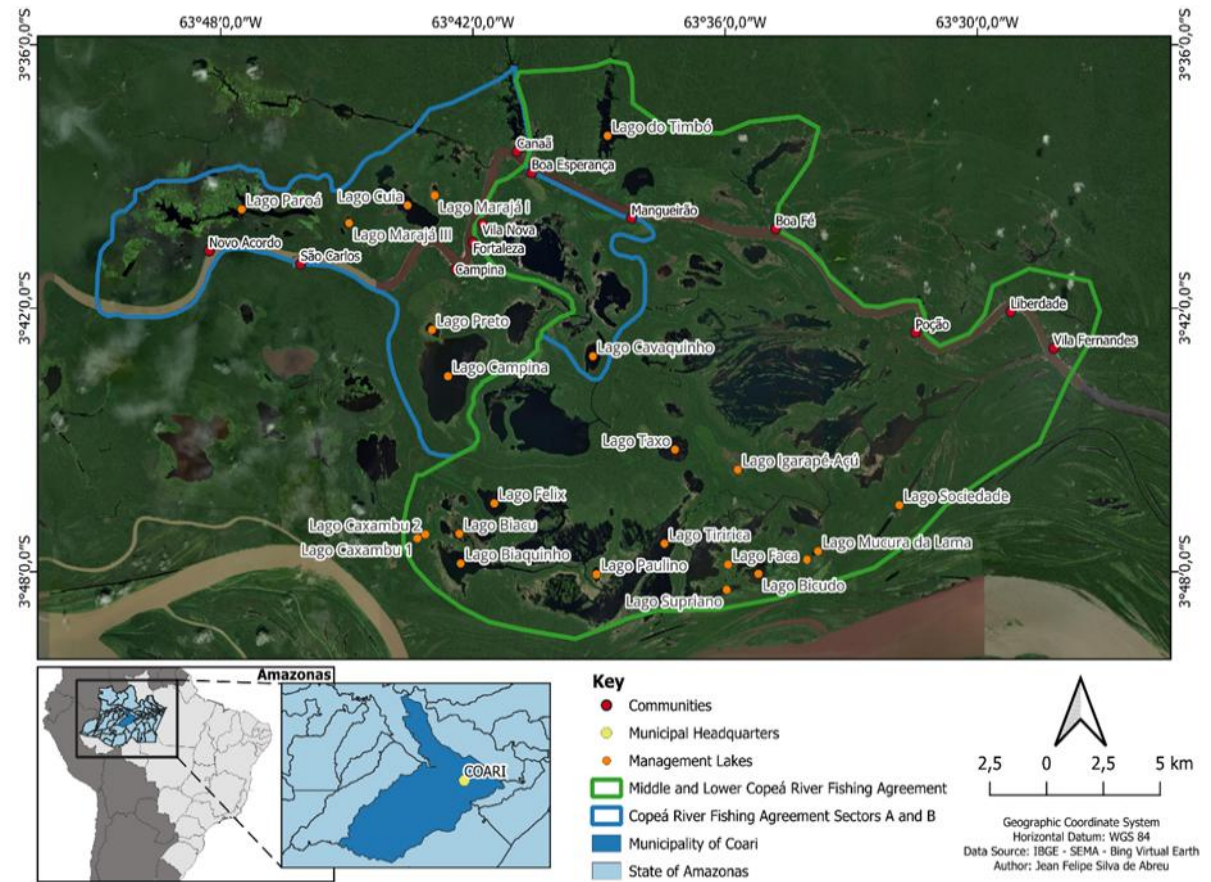
Diante desse cenário, avaliamos três algoritmo de classificação supervisionada para identificar os componentes da paisagem (água aberta, macrófitas, floresta inundada e floresta não inundada) em ambiente de várzea amazônica, utilizando fotografias aéreas obtidas com drone, imagens de satélite orbital e processamento digital de imagens. Espera-se com este estudo contribuir para o avanço de análise espaço-temporal dos componentes da paisagem e o monitoramento e preservação dos ambientes de várzea amazônica.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em um ambiente de várzea amazônica localizada no rio Copeá, município de Coari, Amazonas, Brasil. Nesta localidade foi implementada duas (02) área de acordo de pesca que realizam o manejo comunitário do pirarucu (*Arapaima gigas*), são: Acordo de Pesca do Rio Copeá – Setores A e B, com área total de 16.254,93 ha e o Acordo de Pesca do Médio e Baixo Rio Copeá, com uma área total de 41.774,66 ha (Figura 01).

Figura 01 – Mapa de localização da área de estudo com identificação das áreas de acordos de pesca, das comunidades e dos lagos de várzea.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

2.2 Componentes da paisagem

Os componentes da paisagem selecionados para o estudo foram água aberta (OW), macrófitas (MA), floresta inundada (FF) e floresta não inundada (NFF), estas classes foram adaptadas dos estudos realizados por Hess *et al.* (2003; 2015), e estão descritos detalhadamente na (Tabela 01).

Tabela 01 – Terminologias correspondentes às classes dos componentes da paisagem, contendo o tipo de classe e termos e palavras equivalentes.

Classe dos Componentes da Paisagem	Termos e Palavras Equivalentes
Água Aberta (OW)	Ambiente aquático sem cobertura vegetal (água, rio, lago, paraná, igarapé e furo).

Macrófitas (MA)	Ambiente com vegetação aquática predominante (macrófitas aquáticas, capim flutuante e campos inundáveis).
Floresta Inundada (FF)	Ambiente que sofre influência de inundações em determinados períodos do ano (mata de várzea, várzea estacional, igapó, restinga, floresta inundada).
Floresta Não Inundada (NFF)	Ambiente coberto por floresta amazônica nunca inundado (floresta, mata, terra-firme).

Fonte: Adaptado dos estudos de Hess *et al.* (2003; 2015).

Foram realizadas excursões de campo no período da cheia na região (março/julho-2024) para obtenção de dados primários que auxiliaram na identificação dos componentes da paisagem na imagem orbital utilizada. Os dados primários consistiram em um conjunto de fotografias aéreas georreferenciadas referentes às classes estabelecidas (WO, MA, FF, NFF), obtidas utilizando um drone com receptor de sinal GNSS (*Global Navigation Satellite System*).

2.3 Obtenção e processamento das imagens aéreas (aerofotogrametria)

A metodologia adotada para obtenção de fotografias aéreas dos componentes da paisagem foi o mapeamento autônomo das áreas com uso de drones ou “aerofotogrametria” (Koh; Wich, 2012; Anderson; Gaston, 2013; Cruzan *et al.*, 2016). O equipamento utilizado foi uma aeronave multirotor quadrihélice de baixo custo, marca/modelo (*DJI/Mini 2*), com um peso de decolagem (249 g), velocidade máxima de voo (16 m/s), tempo máximo de voo (31 minutos), distância máxima de voo (9 km), que conta com um sistema GNSS composto por GPS/GLONASS/GALILEO. Presa a gimbal de três eixos, a câmera fotográfica possui um sensor (1/2,3” CMOS), com lente (FOV: cerca de 83°), gerando fotografias com (12 MP) no formato (JPEG/DNG). O drone utilizado é cadastrado junto a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), no Sistema de Aeronaves Não Tripuladas (SISANT), conforme determina o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Espacial (RBAC-E N° 94).

Para cada missão de coleta de dados foi elaborado previamente um plano de voo, utilizando o aplicativo *Dronelink* (versão 4.9.4). As especificações técnicas utilizadas nos voos foram: velocidade máxima de voo (32,2 km/h), altitude de voo

(120 m), ângulo de captura das imagens (-90°), sobreposição frontal (75%), sobreposição lateral (70%) e intervalo mínimo de captura (2/seg.). Cada voo realizado teve um tempo máximo de até 25 minutos de duração, assegurando a autonomia do equipamento. Foram necessários de um a três voo para a mapeamento completo de cada ambiente aquático a depender da sua área total. As missões de coleta eram realizadas preferencialmente pela manhã, levando em consideração as condições climáticas do dia (ausência de chuva e de fortes ventos).

As imagens aéreas foram processadas no software *Agisoft Metashape Professional* (versão 2.0.2), seguindo um fluxo de trabalho (*Workflow*): i) importação das imagens (*Add photos*); ii) alinhamento das imagens (*Align photos*); iii) construção da nuvem de pontos densa (*Build dense cloud*); iv) geração de malha 3D (*Build mesh*); v) geração do modelo digital de elevação (*Build DEM*); vi) construção do ortomosaico (*Build orthomosaic*); e vii) exportação dos resultados (*Export*). Todas as etapas do fluxo de trabalho foram conduzidas com alto padrão de processamento (*Quality High*).

2.4 Seleção, processamento e classificação da imagem de satélite

Para identificação dos componentes da paisagem foi utilizada uma imagem do satélite *Land Remote Sensing Satellite – 8* (LANDSAT-8), órbita/ponto (233/63), resolução espacial (30 metros), com baixa obstrução por cobertura de nuvens (máximo 30%) no período de cheia para a região (31/07/2024). A imagem obtida no formato (GeoTIFF) era ortorretificada (L1T1) cuja os dados de referência são pontos de controle no terreno e altitudes baseadas em Modelos Digitais de Elevação (MDE), elaborados utilizando o *Shuttle Radar Topography Missions* (SRTM). Esta imagem foi descarrega de forma gratuita na plataforma *Earth Explorer* do *United States Geological Survey* (USGS).

O software utilizado para o processamento foi o QGIS versão (3.34 *Prizren*). Inicialmente foi realizada a etapa de pré-processamento da imagem, que consistiu na correção radiométrica que converte valores digitais para reflectância e a correção atmosférica utilizando o método *Dark Object Subtration* (DOS1), as duas presente no plug-in *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP) na versão (8.5.0) (Congedo, 2021). Em seguida, foi realizado o recorte da imagem utilizando como referência

uma poligonal que compreende a área de estudo. A projeção cartográfica utilizada foi a UTM, com referencial métrico SIRGAS 2000, fuso 20, Sul.

Para a inspeção visual da imagem foi configurada uma *Band Set* (utilização de bandas espectrais) para o LANDSAT-8, onde foram selecionadas sete bandas: (i) Banda 1 Azul Costeiro; (ii) Banda 2 – Azul; (iii) Banda 3 – Verde; (iv) Banda 4 – Vermelho; (v) Banda 5 – Infravermelho Próximo (NIR); (vi) Banda 6 – Infravermelho Médio 1 (SWIR-1); (vii) Infravermelho Médio 2 (SWIR-2). Para auxiliar na identificação dos alvos (componentes da paisagem) foram utilizadas duas composições de bandas diferentes, sendo elas, (R6G5B4) para diferenciação de corpos d'água, solo e vegetação e (R5G4B3) para realçar a vegetação (ENGESAT, 2023). Posteriormente foi elaborado um MDE utilizando dados de SRTM o que permitiu uma análise detalhada do relevo na região. Bem como, foram calculados dois índices para realçar as imagens, o *Normalized Difference Water Index* (NDWI) e o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), que também auxiliaram na identificação dos alvos.

Os índices espectrais foram calculados para destacar pixels em uma imagem: Para destacar os corpos de água foi calculado o NDWI (*Equação 01*), onde os valores maiores que zero (0) representam presença de água na superfície (McFeeters, 1996):

$$NDWI = \frac{Banda\ 3 - Banda\ 5}{Banda\ 3 + Banda\ 5} \quad (Equação\ 01)$$

Para destacar a cobertura vegetal foi calculado o NDVI (*Equação 02*) de Rouse *et al.* (1974):

$$NDVI = \frac{Banda\ 5 - Banda\ 4}{Banda\ 5 + Banda\ 4} \quad (Equação\ 02)$$

Onde: Banda 3 – Verde (0.53 – 0.59 μm); Banda 4 – Vermelho (0.64 – 0.67 μm); Banda 5 – Infravermelho Próximo/NIR (0.85 – 0.88 μm). Todas as bandas possuía uma resolução espacial de 30 metros.

Na seleção das amostras de treinamento para os classificadores foram utilizados os componentes da paisagem previamente estabelecidos (WO, MA, FF e NFF). Foi utilizada a ferramenta *Region of Interest* (ROI) do SCP para coleta de amostras (poligonais) representativas de cada classe. Durante o treinamento foram

selecionadas 20 amostras para cada classe de componentes da paisagem. A coleta das amostras foi baseada na interpretação visual, imagens aéreas obtidas com drones, MDE, NDWI e NDVI. A classificação supervisionada foi realizada utilizando o plug-in SCP. Foram utilizados os seguintes algoritmos de classificação: *Maximum Likelihood* (ML), *Spectral Angle Mapper* (SAM) e *Random Forest* (RF), amplamente utilizados em pesquisas desta natureza. Cada algoritmo foi aplicado separadamente e seus resultados comparados em seguida.

2.5 Análise de dados

Para avaliação da acurácia da classificação supervisionada foi utilizado o plug-in AcATaMa (versão v24.12c). Utilizou-se uma amostragem estratificada com 50 pontos de validação para cada classe de componente da paisagem, gerando posteriormente uma matriz de confusão que possibilitou a visualização dos erros ocorridos durante o processo de classificação (Campbell, 1996). Foi calculado o índice de Acurácia Global (AG) que expressa o total de acertos em relação ao total de amostras da imagem classificada. O AG foi expresso em porcentagem (%), onde valores ($AG > 60\%$) são considerados “aceitáveis”. Posteriormente, para complementar a análise, fornecendo uma medida mais robusta da confiabilidade dos resultados, foi calculado o índice de exatidão Kappa (K), que mede o grau de concordância em escalas nominais, agrupando as informações de todos os pixels (Cohen, 1960; Congalton; Mead, 1983; Congalton, 1991). Valores para o índice de exatidão Kappa e o grau de acordo podem ser observados na (Tabela 02), adaptado de Landis e Koch (1977).

Tabela 02 – Valores admitidos para o índice de exatidão Kappa (K) e o Grau de Acordo que especifica a acurácia da classificação das imagens.

Kappa (K)	Grau de Acordo
$K \leq 0,2$	Concordância Leve
$0,2 < K \leq 0,4$	Concordância Razoável
$0,4 < K \leq 0,6$	Concordância Moderada
$0,6 < K \leq 0,8$	Concordância Substancial
$0,81 < K \leq 1,0$	Concordância Quase Perfeita

Fonte: Adaptado de Landis; Koch (1977).

3 RESULTADOS

3.1 Aerofotogrametria

A metodologia adotada por meio do mapeamento autônomo com drone se mostrou efetiva para a obtenção de dados espaciais de alta resolução dos componentes da paisagem em ambientes de várzea amazônica. A utilização de um drone de baixo custo (DJI Mini 2) associado a um planejamento detalhado de voo e a critérios técnicos de coleta e processamento de imagens resultaram em produtos (ortomosaico e amostras) de excelente qualidade, possibilitando a distinção entre as diferentes classes de componentes da paisagem utilizadas neste estudo (WO, MA, FF, NFF). A caracterização dos produtos gerados com o mapeamento aerofotogramétrico pode ser observada na Tabela 03.

Tabela 03 – Caracterização dos resultados obtidos a partir do mapeamento aerofotogramétrico com drone em seis ambientes aquáticos de várzea amazônica no período de cheia. São apresentados os dados de área mapeada, número de voos, tempo total de voo, número de imagens capturadas e resolução espacial dos ortomosaico gerados.

Ambiente Aquático	Área Mapeada (ha)	Nº de Voos Realizados	Tempo Total de Voo (min)	Nº de Imagens Capturadas	Resolução Espacial (cm/pixel)
Lago Gaudêncio	73,6	03	42,6	393	3,71
Lago Canivete	33,7	01	16,1	150	3,93
Lago Navalha 1	32,4	01	13,3	138	3,93
Lago Navalha 2	38,7	01	14,6	156	3,95
Lago Marreca	30,0	01	14,0	142	4,03
Lago Sociedade	113,0	03*	44,6	508	3,96
Média	53,6	1,67	24,2	247,8	3,92
D.P	± 30,5	± 0,94	± 13,8	± 147,3	± 0,1

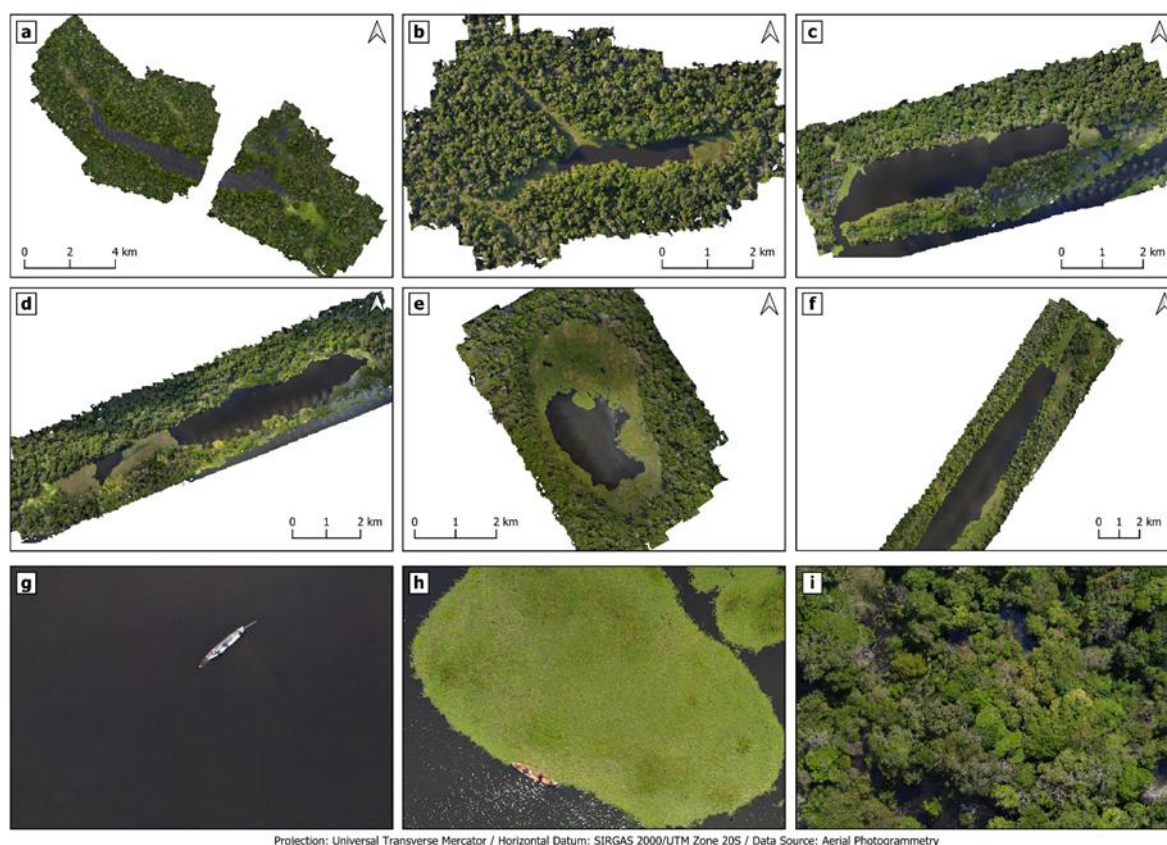
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Nota: * Ocorrência: Interrupção do voo por falha de comunicação entre o controle e o drone.

No total, foram mapeados seis ambientes aquáticos que integram a área estudada, sendo: Lago Gaudêncio, Lago Canivete, Lago Navalha 1, Lago Navalha 2, Lago Marreca e Lago Sociedade. Os lagos possuem formatos e tamanhos diferentes, apresentando variação das áreas mapeadas, com média ($53,6 \pm 30,5$),

onde no Lago Marreca a área mapeada foi (30,0 ha) e no Lago Sociedade a área mapeada foi de (113,0 ha). O número de voos realizados está diretamente relacionado a área total mapeada, variando de (01 a 03 voos). O tempo total de voo também variou (13,3 a 44,6 min). O número total de imagens capturadas para cada lago flutuou de (138 a 508 fotos). Independentemente, a resolução espacial apresentou resultados excelentes, com média ($3,92 \pm 0,1$ cm/pixel). Os ortomosaicos e as classes dos componentes da paisagem (WO, MA e FF) gerados a partir das imagens georreferenciadas capturadas com o drone podem ser observadas na Figura 02.

Figura 02 – Ortomosaico dos ambientes aquáticos e amostra dos componentes da paisagem; (a) Lago Gaudêncio; (b) Lago Canivete; (c) Lago Navalha 1; (d) Lago Navalha 2; (e) Lago Marreca; (f) Lago Sociedade; (g) Água Aberta (WO); (h) Macrófita (MA); (i) Floresta Inundada (FF).



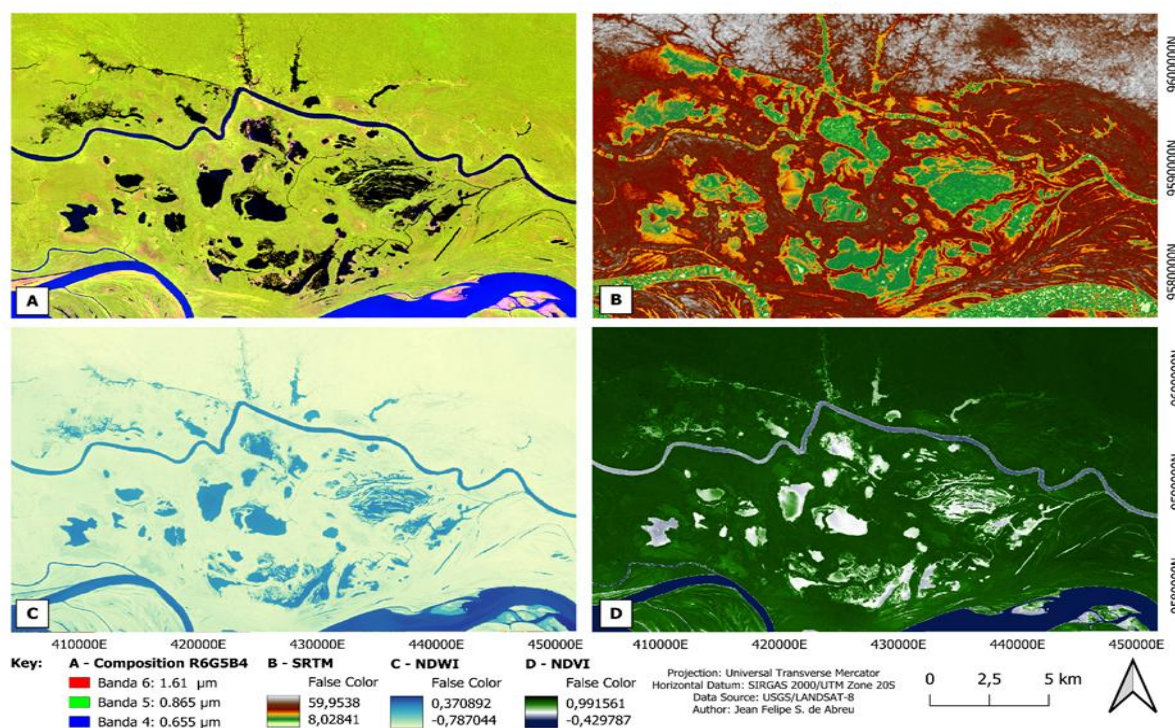
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

3.2 Imagem e amostras de treinamento

A imagem do satélite Landsat-8 (órbita/ponto 233/63), obtida no dia (31/07/2024) durante o período de cheia, mostrou-se adequada para a identificação

dos componentes da paisagem (WO, MA, FF e NFF). Na etapa de pré-processamento, a correção radiométrica e atmosférica são indispensáveis para otimizar a qualidade das classificações. Para a coleta de amostras de treinamento, as composições coloridas (R6G5B4 e R5G4B3) foram eficientes para realçar os corpos d'água e a vegetação, respectivamente, permitindo maior nitidez dos alvos de interesse. O MDE gerados a partir de dados SRTM contribuiu significativamente para a distinção entre diferentes cotas altimétricas, especialmente na separação entre floresta inundada (FF) e floresta não inundada (NFF), que são sensíveis a pequenas variações de relevo. O NDWI permitiu o realce dos corpos hídricos contribuindo na delimitação de áreas de água aberta (WO) e na identificação de vegetação aquática e áreas úmidas. Já o NDVI foi essencial para distinguir a vegetação arbórea densa (NFF) de áreas com vegetação aquática (MA). A composição colorida, MDE, NDWI e NDVI utilizados para seleção de amostras de treinamento para o classificador de imagem podem ser observados na Figura 03.

Figura 03 – Produtos utilizados para seleção das amostras de treinamento dos classificadores. (A) Composição Falta-Cor (R6G5B4); (B) Modelo Digital de Elevação – MDE; (C) Índice de Diferença Normalizada da Água – NDWI; (D) Índice de Diferença Normalizada da Vegetação – NDVI.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

3.3 Classificação supervisionada

A classificação supervisionada foi realizada utilizando três algoritmos distintos: *Maximum Likelihood* (ML), *Spectral Angle Mapper* (SAM) e *Random Forest* (RF). Os classificadores foram aplicados de forma independente e seus resultados comparados com base nas métricas de acurácia obtidas por meio da matriz de confusão. Os principais resultados encontrados para os algoritmos de classificação supervisionada são apresentados na Tabela 04.

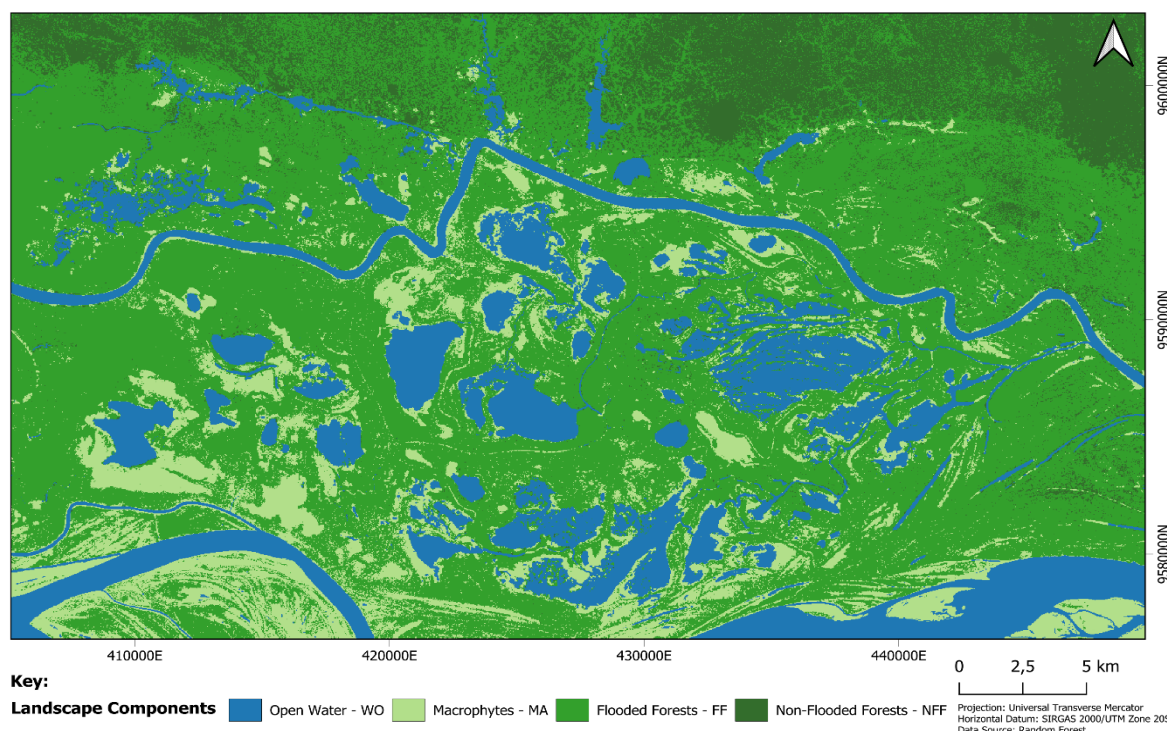
Tabela 04 – Comparação da área e percentual das classes de paisagem para os classificadores *Maximum Likelihood* (ML), *Spectral Angle Mapper* (SAM) e *Random Forest* (RF). A acurácia global e o Índice Kappa são apresentadas para cada algoritmo, permitindo a avaliação da qualidade da classificação.

Classes		Área ML (Km ²)	% ML	Área SAM (Km ²)	% SAM	Área RF (Km ²)	% RF
Água Aberta		150,55	10,81	191,50	13,76	224,25	16,11
Macrófitas		308,53	22,16	434,12	31,18	177,42	12,74
Floresta Inundada		674,70	48,46	494,77	35,54	781,01	56,10
Floresta	Não Inundada	258,36	18,56	271,75	19,52	209,46	15,05
Área Total (Km²)		1.392,14	100	1.392,14	100	1.392,14	100
Acurácia	Global	74,8 ±	-	69,9 ±	-	93,7 ±	-
	(%)	0,03		0,03		0,02	
Índice Kappa		0,66	-	0,60	-	0,92	-

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A análise comparativa entre os algoritmos de classificação supervisionada evidenciou diferenças relevantes na capacidade de cada método em discriminar os componentes da paisagem em ambiente de várzea amazônica. O algoritmo Random Forest (RF) apresentou o melhor resultado, com acurácia global de 93,7% e um índice Kappa (0,92) indicando uma concordância quase perfeita entre os dados classificados e as amostras de validação (Figura 04).

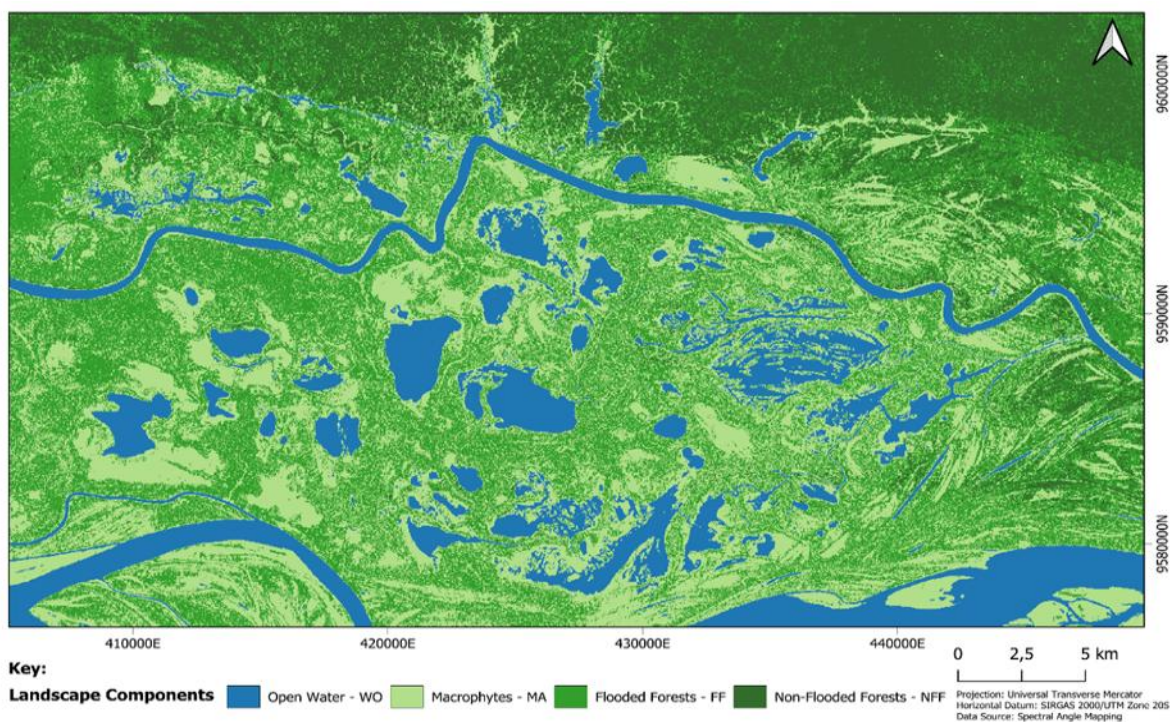
Figura 04 – Mapa de uso e ocupação do solo obtido da classificação supervisionada utilizando o algoritmo de *Random Forest* (RF).



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

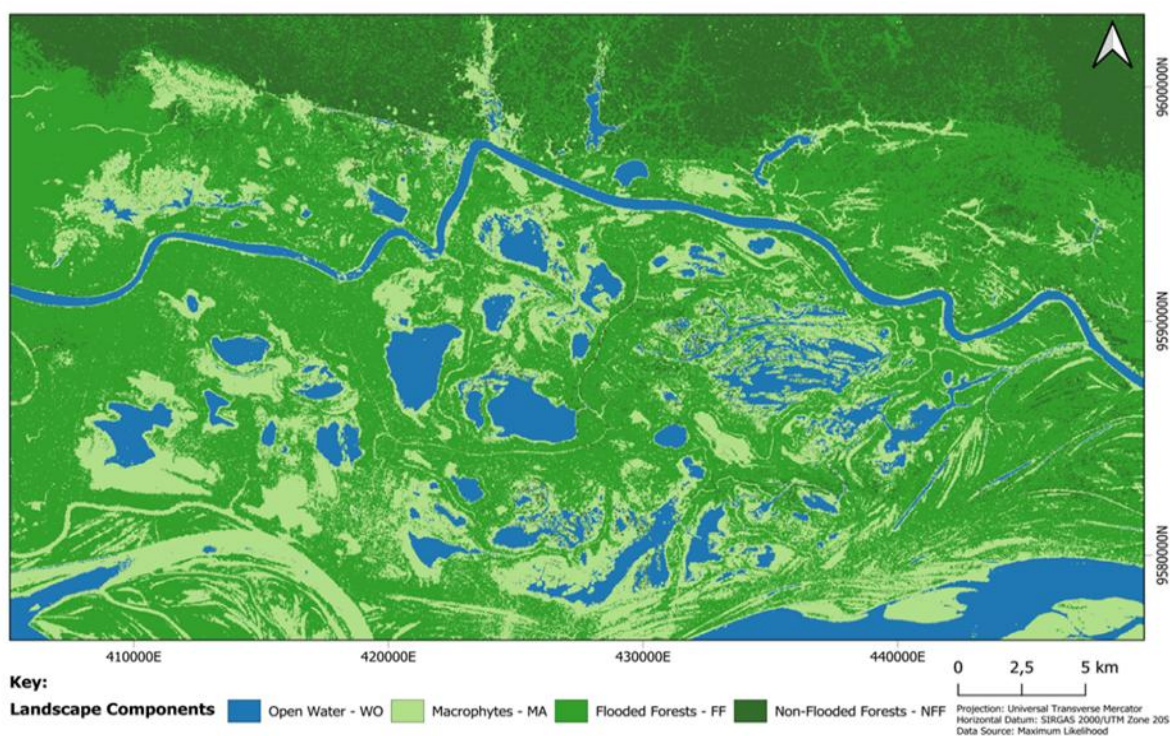
Em contraste, o classificador *Spectral Angle Mapper* (SAM) obteve o pior desempenho entre os três algoritmos avaliados, com acurácia global de 69,9% e um índice Kappa (0,60), revelando limitações na separação (concordância moderada) espectral entre as classes com assinatura espectral semelhante (Figura 05). Além disso, o SAM superestimou significativamente a área de macrófitas (31,18%), possivelmente confundindo vegetação aquática com floresta inundada. Já o algoritmo *Maximum Likelihood* (ML) apresentou desempenho intermediário (concordância substancial), com acurácia de 74,8% e um índice Kappa (0,66). O ML subestimou expressivamente a classe (WO), com apenas 10,81% da área total, o menor valor entre os três algoritmos (Figura 06).

Figura 5 – Mapa de uso e ocupação do solo obtido da classificação supervisionada utilizando o algoritmo de *Spectral Angle Mapper* (SAM).



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Figura 6. Mapa de uso e ocupação do solo obtido da classificação supervisionada utilizando o algoritmo de *Maximum Likelihood* (ML).



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

4 DISCUSSÃO

A classificação supervisionada das imagens do satélite Landsat-8 demonstrou variações significativas no desempenho dos algoritmos *Maximum Likelihood* (ML) e *Spectral Angle Mapper* (SAM) e *Random Forest* (RF). Não há concordância de qual algoritmo é o mais adequado para classificações de imagens orbitais, em decorrência da especificidade de cada pesquisa, em função do seu objetivo, do conjunto de dados, do período e localização (Lefskay; Cohen, 2003; Lu *et al.*, 2004; Zhu, 2017). Entre os classificadores avaliados, o RF se destacou pela maior acurácia global (93,7%) e um índice Kappa (0,92), indicando excelente concordância entre os dados classificados e as amostras de validação. Estes resultados corroboram com estudos já realizados que apontam o RF como um dos métodos mais robustos para classificação supervisionada em áreas heterogêneas, devido à sua capacidade de lidar com variáveis multiespectrais de forma eficiente, minimizando erros de classificação em regiões complexas, como os ambientes de várzea amazônica (Li *et al.*, 2011; Lu *et al.*, 2013). A classe de Floresta Inundada (FF) apresentou maior acurácia com o RF frente as demais algoritmos ML e SAM, sua área correspondeu a (56,10%) do total mapeado. Portanto, o RF possibilitou maior eficiência para diferenciar as classes FF e NFF, mesmo em um cenário heterogêneo e de alta variação espectral, como a várzea amazônica.

No entanto, o algoritmo SAM apresentou o pior desempenho entre os três classificadores avaliados, com acurácia global (69,9%) e um índice Kappa (0,60), o que indicou uma acurácia moderada. A baixa capacidade de separação espectral do SAM pode ser atribuída ao fato de que este algoritmo realiza a classificação com base no ângulo espectral entre os vetores de reflectância, o que pode resultar em ambiguidades quando as assinaturas espectrais de diferentes alvos são semelhantes (Kruse *et al.*, 1993; Hecker *et al.*, 2008; Shahriari *et al.*, 2014). Essa limitação foi particularmente evidente na superestimação da classe Macrófitas (MA), que representou (31,18%) da área total mapeada, diferentemente dos resultados encontrados para os outros algoritmos. A sobreposição espectral entre MA e FF pode ter contribuído para esses erros, dificultando a correta identificação dos componentes da paisagem.

O ML apresentou um desempenho intermediário, com acurácia global (74,8%) e um índice Kappa (0,66), o que indica concordância substancial. Embora

tenha demonstrado uma capacidade considerada razoável para identificar as classes dos componentes da paisagem, o ML subestimou significativamente a classe Água Aberta (WO), que representou (10,81%) da área total mapeada, valor inferior aos encontrados pelo RF (16,11%) e SAM (13,76%). A subestimação da WO pelo ML pode estar relacionada à suposição de distribuição normal dos dados espectrais, o que nem sempre é válido em ambiente de várzea, onde os corpos hídricos podem apresentar alta heterogeneidade em função de fatores sazonais e de sedimentação (Foody *et al.*, 1992; Melack; Hess; Sippel, 1994; Mertes *et al.*, 1995).

A utilização de índices espectrais como o NDWI e o NDVI se mostrou indispensável para a distinção dos alvos de interesse durante o processo de coleta de amostras de treinamento. O NDWI foi eficaz em realçar corpos d'água, auxiliando na delimitação de área de WO e facilitando a diferenciação de áreas inundadas. Já o NDVI foi eficaz para distinguir a Floresta Não Inundada (NFF) e vegetação aquática (MA), proporcionando o realce das classes estudadas e minimizando a confusão espectral durante o treinamento dos classificadores. Essa abordagem metodológica permitiu maior certeza na seleção das amostras, otimizando o processo de classificação supervisionada da imagem (Jackson *et al.*, 2004; Chen; Huang; Jackson, 2005; Gu *et al.*, 2007).

O MDE elaborado para a área de estudo foi essencial para a distinção entre FF e NFF durante a coleta de amostras de treinamento para os classificadores, pois a utilização de dados do relevo derivados do SRTM permitiu identificar variações altimétricas que influenciam a distribuição dos componentes da paisagem. Em áreas mais baixas e planas da várzea amazônica observa-se a presença do componente da paisagem FF e com variações sutis de altitude a presença de área de NFF. A utilização do MDE complementa a análise espectral, aumentando a confiabilidade na separação das classes (; Guth *et al.*, 2021; Fassoni-Andrade *et al.*, 2020; Polidori; Hage, 2020).

A utilização da aerofotogrametria com drone se mostrou uma metodologia complementar para a classificação supervisionada de imagens orbitais, proporcionando melhor resolução espacial ($3,92 \pm 0,1$ cm/pixel) quando comparados a resolução espacial da imagem Landsat-8 (30 metros), auxiliando na identificação dos componentes da paisagem. Esse nível de detalhamento foi essencial para a validação visual das amostras de treinamento, reduzindo a incerteza dos algoritmos de classificação supervisionada. Entretanto, a operacionalização desta metodologia

exige a superação de vários desafios, tais como: extensão territorial, exigindo múltiplos voos e uma logística complexa; condições climáticas, ambiente com alta umidade, fortes ventos e chuvas frequentes que afetam a estabilidade do drone e a qualidade das imagens; ausência de infraestrutura, dificultando a decolagem e o pouso, bem como a necessidade de transportar os equipamentos em áreas de difícil acesso (floresta inundada); interferência no sinal, presença de obstáculos naturais, como árvores altas que compromete a comunicação entre o drone e o controle.

Portanto, pode-se inferir que o uso do algoritmo Random Forest, aliado a um processo rigoroso de seleção de amostras de treinamento representa a melhor escolha para classificação de componentes da paisagem em ambientes de várzea amazônica, sendo superior a métodos tradicionais como ML e SAM. A metodologia utilizada neste estudo pode ser replicada em outras áreas de várzea, proporcionando um avanço significativo na caracterização espacial de ambientes aquáticos, possibilitando o monitoramento ambiental e o planejamento territorial, em especial para o macrozoneamento de áreas para o manejo comunitário do pirarucu.

5 CONCLUSÃO

Portanto, todos os algoritmos de classificação supervisionada avaliados tiveram bons desempenhos para identificação dos componentes da paisagem na várzea amazônica. No entanto, o Random Forest foi o classificador de imagem que se mostrou o mais eficaz, tanto em termos de precisão estatística (acurácia) quanto na coerência espacial das classes mapeadas, principalmente para classes mais heterogêneas (floresta inundada e floresta não inundada). A utilização de índices espectrais (NDWI e NDVI), dados auxiliares (MDE) e amostras de campo de alta resolução espacial (aerofotogrametria) foram fundamentais para potencializar a acurácia dos classificadores. Esta pesquisa corrobora com a ampliação do conhecimento sobre técnicas de sensoriamento remoto para estudos em ambiente de várzea amazônica. Ainda assim, outros sensores orbitais, ópticos, radares, imagens aéreas de alta resolução precisa ser incorporados para uma análise completa sobre as áreas úmidas amazônicas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo apoio financeiro para execução do projeto de pesquisa. Aos manejadores da Associação União das Comunidades Indígenas e Não Indígenas do Rio Copeá (AUCINIRC) e da Associação Comunitária Unidos Venceremos (ACUV), à Universidade Federal do Amazonas, ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros (PPGCARP), ao Laboratório de Ictiologia (LABIC/UFAM) e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM) *campus* Coari.

REFERÊNCIAS

- AFFONSO, A. A.; MANDAI, S. S.; PORTELLA, T. P.; QUINTANILHA, J. A.; CONTI, L. A.; GROHMANN, C. H. **A comparison between supervised classification methods: Study case on land cover change detection caused by a hydroelectric complex installation in the Brazilian Amazon.** Sustainability, v. 15, n. 2, p. 1309, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15021309>.
- ANDERSON, K.; GASTON, K. J. **Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology.** Frontiers in Ecology and the Environment, v. 11, n. 3, p. 138-146, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1890/120150>.
- BAIN, M. B.; HUGHES, T. C.; AREND, K. K. **Trends in Methods for Assessing Freshwater Habitats.** Fisheries Habitat, v. 24, n. 4, p. 16-21, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1577/1548-8446\(1999\)024<0016:TIMFAF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8446(1999)024<0016:TIMFAF>2.0.CO;2).
- BROVELLI, M. A.; SUN, Y.; YORDANOV, V. **Monitoring forest change in the Amazon using multi-temporal remote sensing data and machine learning classification on Google Earth Engine.** ISPRS International Journal of Geo-Information, v. 9, n. 10, p. 580, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi9100580>.
- CASTELLO, L. **Science for conserving Amazon freshwater ecosystems.** Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, v. 31, n. 5, p. 999-1004, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/aqc.3615>.
- CHAPMAN, B.; SIQUEIRA, P.; FREEMAN, A. **The JERS Amazon multi-season mapping study (JAMMS): observation strategies and data characteristics.** International Journal of Remote Sensing, v. 23, n. 7, p. 1427-1446, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431160110092966>.

CHEN, D.; HUANG, J.; JACKSON, T. J. **Vegetation water content estimation for corn and soybeans using spectral indices derived from MODIS near-and short-wave infrared bands**. Remote Sensing of Environment, v. 98, n. 2-3, p. 225-236, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.07.008>.

COHEN, J. **A coefficient of agreement for nominal scales**. Educational and Psychological Measurement, v. 20, n. 1, p. 37-46, 1960. DOI: <https://doi.org/10.1177/001316446002000>.

CONGALTON, R. G. **A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data**. Remote Sensing of Environment, v. 37, n. 1, p. 35-46, 1991. DOI: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(91\)90048-B](https://doi.org/10.1016/0034-4257(91)90048-B).

CONGALTON, R. G.; ODERWALD, R. G.; MEAD, R. A. **Assessing Landsat classification accuracy using discrete multivariate analysis statistical techniques**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v. 49, n. 12, p. 1671-1678, 1983. Disponível em: https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1983journal/dec/1983_dec_1671-1678.pdf. Acesso em: 15 de maio de 2025.

CONGEDO, L. **Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS**. Journal of Open Source Software, v. 6, n. 64, p. 3172, 2021. DOI: <https://doi.org/10.21105/joss.03172>.

CRUZAN, M. B.; WEINSTEIN, B. G.; GRASTY, M. R.; KOHRN, B. F.; HENDRICSON, E. C.; ARREDONDO, T. M.; THOMPSON, P. G. **Small unmanned aerial vehicles (micro-UAVs, drones) in plant ecology**. Applications in Plant Sciences, v. 4, n. 9, p. 1600041, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3732/apps.1600041>.

ENGESAT. **Landsat 8**. Disponível em: <http://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/>. Acesso em: 10 fev. 2025.

FASSONI-ANDRADE, A. C.; FLEISCHMANN, A. S.; PAPA, F.; PAIVA, R. C. D. D.; WONGCHUIG, S.; MELACK, J. M.; PELLET, V. **Amazon hydrology from space: scientific advances and future challenges**. Reviews of Geophysics, v. 59, n. 4, p. e2020RG000728, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1029/2020RG000728>.

FASSONI-ANDRADE, A. C.; PAIVA, R. C. D.; RUDORFF, C. M.; BARBOSA, C. C. F.; NOVO, E. M. L. M. **High-resolution mapping of floodplain topography from space: A case study in the Amazon**. Remote Sensing of Environment, v. 251, p. 112065, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112065>.

FLEISCHMANN, A. S.; PAPA, F.; HAMILTON, S. K.; FASSONI-ANDRADE, A.; WONGCHUIG, S.; ESPINOZA, J. C.; COLLISCHONN, W. **Increased floodplain inundation in the Amazon since 1980**. Environmental Research Letters, v. 18, n. 3, p. 034024, 2023. DOI: [DOI 10.1088/1748-9326/acb9a7](https://doi.org/10.1088/1748-9326/acb9a7).

FLEISCHMANN, A. S.; PAPA, F.; FASSONI-ANDRADE, A.; MELACK, J. M.; WONGCHUIG, S.; PAIVA, R. C. D.; COLLISCHONN, W. **How much inundation occurs in the Amazon River basin?** Remote Sensing of Environment, v. 278, p. 113099, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.113099>.

FORSBERG, B. R.; DEVOL, A. H.; RICHEY, J. E.; MARTINELLI, L. A.; SANTOS, H. **Factors controlling nutrients concentrations in Amazon Floodplain Lakes.** Limnology and Oceanography, v. 33, n. 1, p. 41-56, 1988. DOI: <https://doi.org/10.4319/lo.1988.33.1.0041>.

FOODY, G. M.; CAMPBELL, N. A.; TRODD, N. M.; WOOD, T. F. **Derivation and applications of probabilistic measures of class membership from the maximum-likelihood classification.** Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v. 58, n. 9, p. 1335-1341, 1992. Disponível em: https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1992journal/sep/1992_sep_1335-1341.pdf. Acesso em: 02 de maio de 2025.

FRAPPART, F.; SEYLER, F.; MARTINEZ, J. M.; LEÓN, J. G.; CAZENAVE, A. **Floodplain water storage in the Negro River basin estimated from microwave remote sensing of inundation area and water levels.** Remote Sensing of Environment, v. 99, n. 4, p. 387-399, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.08.016>.

FURCH, K.; JUNK, W. J. **Physicochemical Conditions in the Floodplains.** In: JUNK, W. J. (Ed.). The Central Amazon Floodplain. Ecological Studies (Analysis and Synthesis). Springer, Berlin: Heidelberg, p. 69-107, 1997. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/ab00/8a5c4dcf8aa84b85d97448acf7a8ca054cd7.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2025.

GU, Y.; BROWN, J. F.; VERDIN, J. P.; WARDLOW, B. **A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States.** Geophysical Research Letters, v. 34, n. 6, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1029/2006GL029127>.

GUTH, P. L.; VAN NIEKERK, A.; GROHMANN, C. H.; MULLER, J. P.; HAWKER, L.; FLORINSKY, I. V.; STROBL, P. **Digital elevation models: Terminology and definitions.** Remote Sensing, v. 13, n. 18, p. 3581, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs13183581>.

HECKER, C.; VAN DER MEIJDE, M.; VAN DER WERFF, H.; VAN DER MEER, F. D. **Assessing the influence of reference spectra on synthetic SAM classification results.** IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v. 46, n. 12, p. 4162-4172, 2008. DOI: [DOI: 10.1109/TGRS.2008.2001035](https://doi.org/10.1109/TGRS.2008.2001035).

HESS, L. L.; MELACK, J. M.; AFFONSO, A. G.; BARBOSA, C.; GASTIL-BUHL, M.; NOVO, E. M. L. **Wetlands of the Lowland Amazon Basin: Extent, Vegetative Cover, and Dual-season Inundated Area as Mapped with JERS-1 Synthetic**

Aperture Radar. Wetlands, v. 35, p. 745-756, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13157-015-0666-y>.

HESS, L. L.; MELACK, J. M.; NOVO, E. M. L. M.; BARBOSA, C. C. F.; GASTIL, M. **Dual season mapping of wetland inundation and vegetation for the central Amazon basin.** Remote Sensing of Environment, v. 87, p. 404-428, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.04.001>.

JACKSON, T. J.; CHEN, D.; COSH, M.; LI, F.; ANDERSON, M.; WALTHALL, C.; DORIASWAMY, P.; HUNT, E. R. **Vegetation water content mapping using Landsat data derived normalized difference water index for corn and soybeans.** Remote Sensing of Environment, v. 92, n. 4, p. 475-482, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.10.021>.

JUNK, W. J. **Ecology of the várzea, floodplain of Amazonian white-water rivers.** In: JUNK, W. J. (Ed.). The Amazon: Limnology and Landscape Ecology of a Mighty Tropical River and its Basin. Dordrecht, Boston, Lancaster, p. 215-224, 1984. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-009-6542-3_8. Acesso em: 02 de maio de 2025.

JUNK, W. J. **Flood pulsing and the linkages between terrestrial, aquatic, and wetland systems.** Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen, v. 29, n. 1, p. 11-38, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1080/03680770.2005.11901972>.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; SCHONGART, J.; COHN-HAFT, M.; ADENEY, J. M.; WITTMANN, F. **A classification of major naturally-occurring Amazonian wetlands.** Wetlands, v. 31, p. 623-640, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13157-011-0190-7>.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; SCHONGART, J.; WITTMANN, F. **A classification of major natural habitats of Amazonian white-water river floodplains (várzeas).** Wetlands Ecology and Management, v. 20, p. 461-475, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11273-012-9268-0>.

KOH, L. P.; WICH, S. A. **Dawn of drone ecology: low-cost autonomous aerial vehicles for conservation.** Tropical Conservation Science, v. 5, n. 2, p. 121-132, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1177/194008291200500202>.

KRUSE, F. A.; LEFKOFF, A. B.; BOARDMAN, J. W.; HEIDEBRECHT, K. B.; SHAPIRO, A. T.; BARLOON, P. J.; GOETZ, A. F. **The spectral image processing system (SIPS)—interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data.** Remote Sensing of Environment, v. 44, n. 2-3, p. 145-163, 1993. DOI: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(93\)90013-N](https://doi.org/10.1016/0034-4257(93)90013-N).

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. **The measurement of observer agreement for categorical data.** Biometrics, p. 159-174, 1977. DOI: <https://doi.org/10.2307/2529310>.

LEFSKY, M. A.; COHEN, W. B. **Selection of Remotely Sensed Data.** In: **Remote Sensing of Forest Environments: Concepts and Case Studies.** Essay. Kluwer Academic Publishers: Boston, MA, USA, p. 13–46, 2003. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0306-4_2.

LI, G.; LU, D.; MORAN, E.; HETRICK, S. **Land-Cover Classification in a Moist Tropical Region of Brazil with Landsat Thematic Mapper Imagery.** International Journal of Remote Sensing, v. 32, p. 8207–8230, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2010.532831>.

LU, D.; WENG, Q. **A Survey of Image Classification Methods and Techniques for Improving Classification Performance.** International Journal of Remote Sensing, v. 28, p. 823–870, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431160600746456>.

LU, D.; MAUSEL, P.; BATISTELLA, M.; MORAN, E. **Comparison of Land-Cover Classification Methods in the Brazilian Amazon Basin.** Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v. 70, p. 723–731, 2004. DOI: <https://doi.org/10.14358/PERS.70.6.723>.

LU, D.; LI, G.; MORAN, E.; HETRICK, S. **Spatiotemporal Analysis of Land-Use and Land-Cover Change in the Brazilian Amazon.** International Journal of Remote Sensing, v. 34, p. 5953–5978, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.802825>.

MARTINEZ, J. M.; LE TOAN, T. **Mapping of flood dynamics and spatial distribution of vegetation in the Amazon floodplain using multitemporal SAR data.** Remote Sensing of Environment, v. 108, n. 3, p. 209-223, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.11.012>.

MCFEETERS, S. K. **The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features.** International journal of remote sensing, v. 17, n. 7, p. 1425-1432, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>.

MELACK, J. M. **Amazon floodplain lakes: Shape, fetch, and stratification: With 3 figures and 1 table in the text.** Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen, v. 22, n. 2, p. 1278-1282, 1984. DOI: <https://doi.org/10.1080/03680770.1983.11897485>.

MELACK, J. M. **Aquatic Ecosystems.** In: NAGY, L.; FORSBERG, B.; ARTAXO, P. (Eds.). Interactions Between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basin. Ecological Studies, vol. 227. Springer, Berlin, Heidelberg, 2016.

Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-49902-3>. Acesso em: 02 de maio de 2025.

MELACK, J. M.; COE, M. T. **Climate change and the floodplain lakes of the Amazon basin**. In: GOLDMAN, C. R.; KUMAGAI, M.; ROBARTS, R. D. (Eds.). Climatic Change and Global Warming of Inland Waters: Impacts and Mitigation for Ecosystems and Societies, p. 295-310, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118470596>.

MELACK, J. M.; COE, M. T. **Amazon floodplain hydrology and implications for aquatic conservation**. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, v. 31, n. 5, p. 1029-1040, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/aqc.3558>.

MELACK, J. M.; FORSBERG, B. **Biogeochemistry of Amazon floodplain lakes and associated wetlands**. In: MCCLAIN, M. E.; VICTORI, A. R. L.; RICHEY, J. E. (Eds.). The Biogeochemistry of the Amazon Basin and its Role in a Changing World. Oxford: Oxford University Press, p. 235-276, 2001.

MELACK, J. M.; HESS, L. L. **Remote sensing of the distribution and extent of wetlands in the Amazon basin**. In: JUNK, W. J.; PIRES, J. M. R.; AYRES, J. M.; PRANCE, G. T. (Eds.). Amazonian Floodplain Forests: Ecophysiology, Biodiversity and Sustainable Management. Dordrecht: Springer, p. 43-59, 2011. DOI: https://doi.org/10.1007/978-90-481-8725-6_3.

MELACK, J. M.; HESS, L. L.; SIPPEL, S. **Remote sensing of lakes and floodplains in the Amazon Basin**. Remote Sensing Reviews, v. 10, n. 1-3, p. 127-142, 1994. DOI: <https://doi.org/10.1080/02757259409532240>.

PEIXOTO, J. M. A.; NELSON, B. W.; WITTMANN, F. **Spatial and temporal dynamics of river channel migration and vegetation in central Amazonian white-water floodplains by remote-sensing techniques**. Remote Sensing of Environment, v. 113, n. 10, p. 2258-2266, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.06.015>.

POLIDORI, L.; EL HAGE, M. **Digital elevation model quality assessment methods: A critical review**. Remote Sensing, v. 12, n. 21, p. 3522, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12213522>.

REIS, V.; HERMOSO, V.; HAMILTON, S. K.; BUNN, S. E.; FLUET-CHOUINARD, E.; VENABLES, B.; LINKE, S. **Characterizing seasonal dynamics of Amazonian wetlands for conservation and decision making**. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, v. 29, n. 7, p. 1073-1082, 2019a. DOI: <https://doi.org/10.1002/aqc.3051>.

REIS, V.; HERMOSO, V.; HAMILTON, S. K.; BUNN, S. E.; LINKE, S. **Conservation planning for river-wetland mosaics: A flexible spatial approach to integrate**

floodplain and upstream catchment connectivity. *Biological Conservation*, v. 236, p. 356-365, 2019b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.05.042>.

RENÓ, V. F.; NOVO, E. M. L. M.; SUEMITSU, C.; RENNO, C. D.; SILVA, T. S. F. **Assessment of deforestation in the Lower Amazon floodplain using historical Landsat MSS/TM imagery.** *Remote Sensing of Environment*, v. 115, n. 12, p. 3446-3456, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.08.008>.

ROUSE JR, J. W.; HAAS, R. H.; DEERING, D. W.; SCHELL, J. A.; HARLAN, J. C. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation.** *Monitoring the Vernal Advancement and Retrogradation (Green Wave Effect) of Natural Vegetation*. No. E75-10354, 1974. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/citations/19750020419>. Acesso em: 10 de maio de 2025.

SHAHRIARI, H.; RANJBAR, H.; HONARMAND, M.; CARRANZA, E. J. M. **Selection of less biased threshold angles for SAM classification using the real value-area fractal technique.** *Resource Geology*, v. 64, n. 4, p. 301-315, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/rge.12042>.

SILVA, T. S. F.; COSTA, M. P. F.; MELACK, J. M. **Spatial and temporal variability of macrophyte cover and productivity in the eastern Amazon floodplain: A remote sensing approach.** *Remote Sensing of Environment*, v. 114, p. 1998-2010, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.04.007>.

SIOLI, H. **Amazônia: Fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais.** Vozes ed. Petrópolis, RJ: Backhuys Publishers, 1991. 72 p.

XUE, F.; ZHANG, Q.; MELACK, J. M.; TANG, H.; YUAN, S.; JIA, Y.; SONG, Y. **Floodplain lakes: Linking hydrology to ecology and conservation.** *Earth-Science Reviews*, p. 104967, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2024.104967>.

ZHU, Z. **Change Detection Using Landsat Time Series: A Review of Frequencies, Preprocessing, Algorithms, and Applications.** *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 130, p. 370-384, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.06.013>.

CAPÍTULO III

ABUNDÂNCIA DE PIRARUCUS (*Arapaima gigas*) EM ÁREAS DE MANEJO COMUNITÁRIO: INTEGRANDO OS COMPONENTES DA PAISAGEM E O COMPORTAMENTO SOCIOAMBIENTAL DAS COMUNIDADES RIBEIRINHAS

Jean Felipe Silva de Abreu^{1,2}, Carlos Edwar de Carvalho Freitas³, Kedma Cristine
Yamamoto³

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM, Coari, Amazonas, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3383-0903>

²Discente do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros – PPGCARP, Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Manaus, Amazonas, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1224-9801>

³Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Faculdade de Ciências Agrárias – FCA, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros – PPGCARP, Manaus, Amazonas, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1026-2712>

RESUMO

A abundância do pirarucu é influenciada por uma diversidade de fatores ecológicos e socioambientais. Testamos a hipótese de que os componentes da paisagem e os aspectos socioambientais das comunidades ribeirinhas influenciam significativamente a abundância de pirarucu em áreas de acordo de pesca. A abundância foi estimada por contagem e correlacionada com água aberta (WO), macrófitas (MA), floresta inundada (FF), floresta não inundada (NFF), gestão participativa (GP), conhecimento etnoictiológico (CE) e aptidão agrícola (AA). Os componentes da paisagem foram estimados por meio de classificação

supervisionada (*Random Forest*) para uma área de influência com buffer de 1.000 metros. Os dados socioambientais obtidos por meio de entrevistas com aplicação de formulário estruturado. Os dados foram analisados utilizando um modelo linear generalizado misto (GLMM) com distribuição binomial negativa. Nosso modelo ajustado ($AIC = 358$, $\logLik = -172$ e $pseudo-R^2 = 0,968$) explica 96,8% da variação da abundância de pirarucu sendo influenciada pelos componentes da paisagem e variáveis socioambientais. As proporções de água aberta (WO, $\beta = 0,060$, $p = 0,053$), macrófitas aquáticas (MA, $\beta = 0,058$, $p = 0,048$) e floresta inundada (FF, $\beta = 0,063$, $p = 0,043$) tiveram efeito positivo sobre a abundância. Por outro lado, o componente PC1 Social ($\beta = -0,672$, $p = 0,005$) apresentou efeito negativo, indicando que áreas com maior nível de gestão participativa (GP) e conhecimento etnoictiológico (CE) tendem a suportar populações mais abundantes, enquanto localidades com alta aptidão agrícola (AA) estão associadas a menores valores de abundância. A integração entre a conservação dos ambientes de várzea e a participação direta das comunidades ribeirinhas é essencial para garantir a sustentabilidade da pesca manejada e a conservação da espécie.

Palavra-chave: Manejo Sustentável, Várzea Amazônica, Médio-Solimões, Sensoriamento Remoto, Modelo Linear Generalizado Misto.

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia abriga uma das maiores e mais complexas zonas úmidas do mundo, com uma área de aproximadamente 840.000 km² (Hess *et al.*, 2015; Melack, 2016; Fleischmann *et al.*, 2023). Os ambientes de várzea constituem ecossistemas dinâmicos, sazonalmente alagados, onde a paisagem se transforma em resposta ao pulso de inundação (Junk *et al.*, 1989; Melack; Coe, 2013; Reis *et al.*, 2019). Sustentando não apenas uma alta

diversidade biológica, mas também fornecem recursos essenciais para manutenção das populações ribeirinhas que dependem da agricultura, do extrativismo e da pesca artesanal (Junk *et al.*, 2011; Pereira *et al.*, 2015; Castello, 2021). Entre as espécies de maior importância econômica e cultural destaca-se o pirarucu (*Arapaima gigas*), espécie endêmica que habita planícies alagadas, lagos de várzea e florestas inundadas (Castello, 2008a; Arantes *et al.*, 2010; Castello; Stewart, 2010).

A abundância do pirarucu têm sido associada a fatores ambientais, como volume, profundidade e conectividade dos lagos de várzea (Arantes *et al.*, 2013). Bem como, com áreas de macrófitas aquáticas, chavascais e restingas (Arantes; Castello, 2013; Affonso *et al.*, 2013). Entretanto, fatores antropogênicos podem influenciar diretamente a abundância de pirarucu (Andrade *et al.*, 2011; Arantes *et al.*, 2022). A intensa pesca do pirarucu, desde a primeira metade do século XX, ocasionou um declínio substancial dos estoques naturais, estimulando iniciativas de manejo, como a proibição da pesca de 1º de dezembro a 31 de maio e o estabelecimento de um tamanho mínimo de captura de 150 cm (Cavole; Arantes; Castello, 2015). No entanto, apenas após a implantação de estratégias de co-manejo, com amplo envolvimento dos ribeirinhos, começaram a surgir indícios de recuperação dos estoques (Arantes *et al.*, 2006; Castello *et al.*, 2009; Campos-Silva; Peres, 2016; Petersen *et al.*, 2016; Campos-Silva *et al.*, 2019).

Na região Amazônica, diversos estudos já relacionaram os componentes da paisagem à diversidade de peixes e a abundância das populações (Castello, 2008a; Affonso *et al.*, 2013; Lobón-Cerviá *et al.*, 2015; Arantes *et al.*, 2017; Freitas *et al.*, 2018; Arantes *et al.*, 2019; Pereira *et al.*, 2023). Também foi demonstrado que componentes da paisagem como água aberta, macrófitas e floresta inundada podem influenciar o comportamento, a reprodução e a sobrevivência do pirarucu (Queiroz, 2000; Castello, 2008a; Arantes *et al.*, 2013), com efeitos na abundância das populações. No entanto, acreditamos que variáveis socioambientais, como

a gestão participativa das organizações comunitárias, o conhecimento tradicional das populações ribeirinhas e a atividade agrossilvipastoris dos atores sociais também exercem influência significativa sobre a dinâmica populacional da espécie (Amaral *et al.*, 2013; Campos-Silva; Peres, 2016; Arantes *et al.*, 2022).

Fatores antropogênicos também podem influenciar diretamente abundância do pirarucu (Andrade *et al.*, 2011; Arantes *et al.*, 2022). Arantes *et al.* (2022) estudando sistemas de manejo pesqueiro em 83 comunidades do estado do Pará propuseram que seis princípios institucionais: limites definidos, congruência entre regras e condições locais, arranjo de ação coletiva, sistema de monitoramento, sanções graduais e mecanismos de resolução de conflitos, foram determinantes para o sucesso dos sistemas de manejo em aumentar a abundância das populações de *Arapaima* sp. Apesar da temática ser amplamente investigada, nenhum estudo buscou integrar de forma simultânea a influência dos componentes da paisagem e variáveis socioambientais a abundância de pirarucu. Essa lacuna dificulta a formulação de políticas públicas baseadas em estudos locais que abordem a complexidade dos sistemas socioecológicos amazônicos.

Compreender como diferentes fatores interagem para influenciar a abundância do pirarucu se torna fundamental para aprimorar as estratégias de manejo da espécie, bem como a conservação dos ambientes de várzea. Sob essa perspectiva, o presente estudo tem como objetivo avaliar a influência de componentes da paisagem (água aberta, macrófitas, floresta inundada e floresta não inundada) e variáveis socioambientais (gestão participativa, conhecimento etnoictiológico e aptidão agrícola) na abundância de pirarucu em ambientes de várzea amazônica. Este estudo parte da hipótese de que a abundância do pirarucu é positivamente influenciada pela área de cobertura dos componentes da paisagem em lagos de várzea amazônica e por maiores níveis de comportamento socioambiental dos atores sociais e suas organizações. O propósito é fornecer subsídios técnico-científicos para a gestão

sustentável da espécie, contribuindo para a formulação de estratégias de conservação e manejo de um dos recursos pesqueiros mais importantes da Amazônia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em duas áreas de acordo de pesca que desenvolvem o manejo comunitário do pirarucu no rio Copeá, município de Coari, Amazonas, Brasil: i) Acordo de Pesca do Rio Copeá – Setores A e B, gerenciado pela Associação União das Comunidades Indígenas e Não Indígenas do Rio Copeá (AUCINIRC); ii) Acordo de Pesca do Médio e Baixo Rio Copeá, gerenciado pela Associação Comunitária Unidos Venceremos (ACUV). Na região residem aproximadamente 230 famílias distribuídas em 12 comunidades (SEMA, 2022). Das quais, sete foram visitadas: 1) São Francisco da Vila Fernandes; 2) São Sebastião da Liberdade; 3) Santa Maria do Poção; 4) Nossa Senhora do Perpétuo Socorro da Boa Fé; 5) Boa Esperança; 6) São José da Fortaleza; 7) São João do Campina (Figura 1).

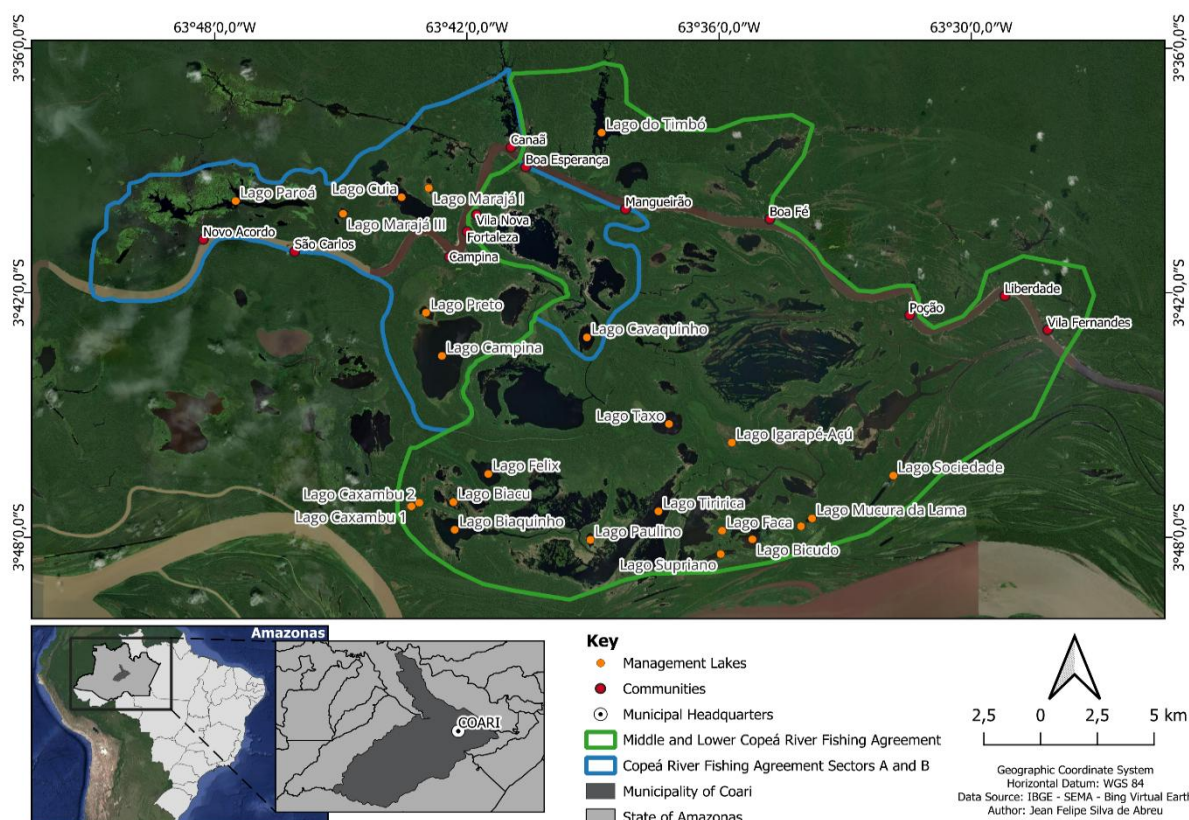


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo com identificação das áreas de acordo de pesca, das comunidades e dos lagos de manejo onde realizam o manejo comunitário do pirarucu no Rio Copeá, Município de Coari, Amazonas, Brasil.

2.2 Amostras e procedimentos de coleta

2.2.1 Lagos de manejo

O Acordo de Pesca do Rio Copeá – Setores A e B (APRC), possui uma área total (16.254,93 ha), constituído por 15 ambientes manejados, sendo 04 lagos de preservação, 06 lagos de manejo, 04 lagos de subsistência e 01 lago comercial. O Acordo de Pesca do Médio e Baixo Rio Copeá (APMBRC), possui uma área total (41.774,66 ha), constituído por 51 ambientes manejados, sendo 11 lagos de preservação, 21 lagos de manejo, 09 lagos de subsistência e 10 lagos de pesca comercial. Nesse estudo, foram incluídos 23 ambientes categorizados como lagos de manejo, situados nas duas (02) áreas de acordo de pesca (Tabela 1). Optou-se por excluir quatro ambientes do APMBRC que apresentavam ausência de dados (Lago Curari Grande, Lago Taboca, Lago da Orelha e Lago da Onça).

Tabela 1 – Lagos de manejo incluídos no estudo, localizados no Rio Copeá, Município de Coari (AM), a tabela contém o nome dos lagos, as coordenadas geográficas, associação gestora e a área do lago.

Nome do Lago	Coordenadas S	Coordenadas W	Associação Gestora	Área do Lago (ha)
Lago Marajá I	03° 39' 19,1"	63° 42' 53,4"	AUCINIRC	47,1
Lago Cuia	03° 38' 50,6"	63° 44' 02,1"	AUCINIRC	227,5
Lago Preto	03° 42' 31,5"	63° 42' 53,9"	AUCINIRC	359,0
Lago Campina	03° 42' 52,7"	63° 42' 35,0"	AUCINIRC	685,2
Lago Marajá III	03° 40' 05,0"	63° 44' 53,3"	AUCINIRC	39,6
Lago Paroá	03° 39' 35,9"	63° 47' 32,3"	AUCINIRC	1.186,3
Lago Caxambu 1	03° 47' 14,1"	63° 43' 17,3"	ACUV	6,9
Lago Caxambu 2	03° 47' 08,1"	63° 43' 09,8"	ACUV	5,0

Lago Felix	03° 46' 42,8"	63° 41' 29,9"	ACUV	95,6
Lago Biaçú	03° 47' 01,1"	63° 42' 34,1"	ACUV	63,9
Lago Biaquinho	03° 47' 44,9"	63° 42' 13,5"	ACUV	242,1
Lago Paulino	03° 48' 08,1"	63° 39' 01,9"	ACUV	15,0
Lago Tiririca	03° 47' 03,7"	63° 37' 26,5"	ACUV	1.247,6
Lago Supriano	03° 48' 22,4"	63° 35' 49,4"	ACUV	131,3
Lago Bicudo	03° 48' 10,5"	63° 35' 22,8"	ACUV	64,8
Lago Faca	03° 47' 26,9"	63° 35' 41,9"	ACUV	18,2
Lago Mucura da Lama	03° 47' 31,9"	63° 33' 47,3"	ACUV	11,6
Lago Mucura do Centro	03° 47' 43,1"	63° 34' 02,8"	ACUV	8,1
Lago Sociedade	03° 45' 53,9"	63° 31' 24,4"	ACUV	70,1
Lago Taxo	03° 45' 22,4"	63° 37' 09,6"	ACUV	111,3
Lago Igarapé-Açú	03° 45' 27,3"	63° 35' 29,0"	ACUV	238,0
Lago Cavaquinho	03° 42' 52,4"	63° 39' 09,4"	ACUV	74,3
Lago Timbó	03° 37' 56,9"	63° 39' 42,3"	ACUV	228,3

2.2.2 Censo populacional e dados de contagem

O censo populacional do pirarucu vem sendo realizado anualmente por um grupo de ribeirinhos, denominados manejadores devido ao envolvimento com o manejo, habilitados na metodologia de contagem validada por Castello (2004). As contagens são realizadas no período de seca (setembro/outubro), os ambientes são divididos em unidades amostrais (0,2 a 1,0 ha) levando em consideração as dificuldades encontradas pelos manejadores, como a presença de macrófitas aquáticas, ocorrência de chuva e fortes ventos. Os manejadores contabilizam durante 20 minutos o número de indivíduos que sobem a superfície da água para respirar. Os pirarucus são classificados em juvenis (menor que 1.50 metros de comprimento total) e adultos (maior que 1.50 metros de comprimento total). Para o estudo, foram utilizados dados de contagem realizadas de 2019 a 2023 disponibilizados pela Secretaria de Estado e Meio Ambiente (Ofício nº 2270/2024/GS/SEMA).

2.2.3 Estimativa dos componentes da paisagem

Foram utilizadas imagens do satélite *Land Remote Sensing Satellite – 8* (Lansat-8), órbita/ponto (233/63), com resolução espacial (30 metros), baixa obstrução por cobertura de nuvens (máximo 30%) no período de cheia (maio/julho). As imagens foram descarregadas gratuitamente no sítio do *United States Geological Survey* (USGS), correspondendo aos anos de 2019 a 2023. As imagens orbitais tem o formato (GeoTIFF) e foram ortorretificadas (L1T1), utilizando como referência pontos de controle no terreno e altitudes baseadas em Modelos Digitais de Elevação (MDE), elaborados utilizando o *Shuttle Radar Topography Missions* (SRTM).

O software utilizado para o processamento das imagens foi o QGIS versão (3.34 Prizren). Inicialmente foi realizada a etapa de pré-processamento que consistiu na correção radiométrica e correção atmosférica utilizando o método *Dark Object Subtration* (DOS1), presentes no plug-in *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP) na versão (8.5.0) (Congedo, 2021). Em seguida, foi realizado o recorte da imagem e definida a projeção cartográfica *Universal Transverse Mercator* (UTM) com referencial métrico (SIRGAS 2000), fuso 20, Sul. Para auxiliar na identificação dos alvos foram utilizadas duas composições de bandas diferentes, para diferenciação de corpos d'água, solo e vegetação (R6G5B4) e para realçar a vegetação (R5G4B3). Também foram utilizados o Modelo Digital de Elevação (MDE) que permitiu a análise do relevo na região, os índices *Normalized Difference Water Index* (NDWI) e o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), para realçar nas imagens corpos d'água e cobertura vegetal, respectivamente.

Os componentes da paisagem selecionados para o estudo foram: Água Aberta (OW), Macrófitas (MA), Floresta Inundada (FF) e Floresta Não Inundada (NFF), adaptados dos estudos de Hess et al., (2003; 2015). Foram realizadas excursões de campo no período de cheia (março/julho-2024) para obtenção de dados primários que auxiliaram na identificação

dos componentes da paisagem nas imagens orbitais utilizadas. Os dados primários consistiram em um conjunto de fotografias aéreas georreferenciadas, obtidas utilizando um drone (DJI Mini 2) com receptor de sinal *Global Navigation Satellite System* (GNSS).

Para cada missão de coleta de dados foi elaborado um plano de voo (*Dronelink*, versão 4.9.4). As especificações técnicas utilizadas foram: velocidade (32,2 km/h), altitude de voo (120 m), ângulo de captura das imagens (-90°), sobreposição frontal (75%), sobreposição lateral (70%) e intervalo mínimo de captura (2/seg.). Cada voo realizado teve duração máxima de até 25 minutos e foram necessários de um a três voos para o mapeamento completo de alguns dos ambientes aquáticos. As imagens aéreas foram processadas no *Agisoft Metashape Professional* (versão 2.0.2), seguindo um fluxo de trabalho: i) importação das imagens; ii) alinhamento das imagens; iii) construção de nuvem de pontos densa; iv) construção do ortomosaico; vii) exportação dos resultados. Todas as etapas do fluxo de trabalho foram conduzidas com alto padrão de processamento.

Na seleção das amostras de treinamento foi utilizada a ferramenta *Region of Interest* (ROI) do SCP, onde 20 poligonais representativas de cada classe (WO, MA, FF e NFF) foram coletadas. A seleção foi baseada na interpretação visual, imagens aéreas obtidas com drones, MDE, NDWI e NDVI. O conhecimento prévio sobre a dinâmica de inundação também auxiliou na redução das incertezas durante todo o processamento digital das imagens. Para a classificação supervisionada foi utilizado o algoritmo *Random Forest* (RF), um algoritmo de *machine learning* que utiliza um conjunto de árvores de decisão independentes para realizar classificações por meio de regressão (Breiman, 2001; Kohersén, 2017).

Para cada imagem classificada foi elaborada uma matriz de erro com plug-in (AcATaMa, versão 24.12c). Foram utilizados o índice de Acurácia Global (AG), expresso em porcentagem ($AG > 60\%$) são considerados aceitáveis e o Índice Kappa (K) para avaliar a qualidade da classificação das imagens (Cohen, 1960; Landis; Koch, 1977; Congalton; Mead,

1983; Congalton, 1991). A área de influência para cada lago de manejo foi obtida atribuindo um buffer de 1.000 metros (distância do raio em relação ao ponto central do ambiente aquático). Dentro da área de influência de cada lago os componentes da paisagem foram mensurados em unidades de hectares (ha). O tamanho do buffer foi determinado para minimizar a sobreposição entre as áreas de influência dos lagos de manejo que se encontravam próximos, evitando elevados níveis de autocorrelação (Dormann *et al.* 2013).

2.2.4 Dados socioambientais

Foram realizadas doze (12) excursões de campo, entre os meses de (março/2022 e dezembro/2024) para coleta de dados geoespaciais e socioambientais. Os dados socioambientais foram obtidos por meio da realização de entrevistas com utilização de formulário estruturado “Diagnóstico da Unidade de Produção Familiar” (UPF), aplicados aos manejadores da AUCINIRC e ACUV. As entrevistas tiveram duração de 30 a 50 minutos, onde cada ator social entrevistado representava um núcleo familiar. O formulário possuía perguntas abertas e fechadas e apresentava a seguinte estrutura: I) Perfil do Produtor/Pescador; II) Infraestrutura, Habitação e Saúde; III) Sistema de Produção e Comercialização; IV) Características Biológicas, Ecológicas, Ambientais e Antropogênicas; V) Assistência Técnica e Extensão Rural, Associativismo e Crédito Rural. Os critérios de inclusão foram, ser maior de 18 anos, desenvolver atividade de manejo e integrar a associação de manejadores. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE). Esta pesquisa foi autorizada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), junto a Plataforma Brasil (CAAE: 64090922.0.0000.5020).

Os dados coletados foram tabulados e inseridos em uma planilha eletrônica (Excel/Office 2021) para construção do banco de dados. Os dados do perfil dos atores sociais e da Aptidão Agrícola (AA) foram analisados utilizando estatística descritiva qualitativa (frequência relativa e frequência de citação), medidas de tendência central

(média) e dispersão de dados (desvio padrão). Para analisar o Conhecimento Etnoictiológico (CE) dos manejadores de pirarucu foi construída uma tabela de cognição comparada proposta por (Marques, 2012; Silvano; Valbo-Jorgensen, 2008). Foram avaliadas 12 variáveis (abundância, peso/comprimento, hábito alimentar, habitats, migração, sexagem/dimorfismo, primeira maturação, período reprodutivo, comportamento reprodutivo, estágio gonadal, cuidado parental e habitats dos filhotes/juvenis), o valor utilizado para CE foi a média da frequência relativa de todas variáveis analisadas para cada associação.

Para avaliar a Gestão Participativa (GP) das associações que realizam o manejo comunitário do pirarucu foi utilizada o Método de Avaliação Participativa (MAP) adaptado de (Amaral; Queiroz, 2011; Amaral *et al.*, 2013). O método consiste em avaliar os princípios fundamentais com bases nas seguintes dimensões: (a) organização coletiva; (b) obediência às regras; (c) zoneamento; (d) sistema de vigilância; (e) levantamento de estoque; (f) capacidade produtiva; (g) monitoramento; (h) comercialização; (i) distribuição dos benefícios; (j) avaliação participativa. Para cada uma dessas dez dimensões citadas foi atribuído um peso (0 a 10), o valor final da dimensão é proveniente da média das respostas no (UPF) dos manejadores para cada associação. O valor utilizado para GP foi a soma de todas as dez dimensões avaliadas para cada associação (AUCINIRC e ACUV).

2.3 Análise de dados

Foi utilizado o Modelo Linear Generalizado Misto (GLMM) baseado em uma distribuição de probabilidade binomial negativa, para lidar com a superdispersão nos dados de contagem. A estrutura do modelo inicial proposto pode ser observado na (Equação 1).

$$\log (\mu_i, \theta) = \beta_0 + \beta_1 \cdot AL_i + b_{1i} \cdot WO_i + b_{2i} \cdot MA_i + b_{3i} \cdot FF_i + b_{4i} \cdot NFF_i + b_{5i} \cdot GP_i + b_{6i} \cdot CE + b_{7i} \cdot AA_i$$

Equação (1)

Onde:

μ_i : média esperada para abundância para unidade i ; θ : parâmetro de dispersão da distribuição binomial negativa; $\log(\mu_i)$: função de ligação logarítmica; β_0 : intercepto do modelo; β_1 : coeficiente do efeito fixo da variável área do lago (AL_i); b_{1i} : coeficiente de efeito aleatório associados às variáveis de componentes da paisagem e socioambientais; WO_i : Água aberta; MA_i : Macrófitas; FF_i : Floresta inundada; NFF_i : Floresta não inundada; GP_i : Gestão participativa; CE_i : Conhecimento etnoictiológico; AA_i : Aptidão Agrícola.

O modelo inicial foi submetido a uma análise sistemática visando um modelo robusto e interpretável. Foi avaliada a significância das variáveis ($p < 0,05$) e a comparação dos modelos pelo critério de informação de Akaike (AIC) para escolher o mais parcimonioso. A multicolinearidade foi avaliada por meio de uma matriz de correlação e inspeção gráfica. Para reduzir a dimensionalidade e evitar colinearidade entre as variáveis socioambientais, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA) com as variáveis socioambientais (GP, CE e AA). A homoscedasticidade foi avaliada pelo teste de Breusch-Pagan. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software livre (R-Studio, versão 2023.06.1), os pacotes utilizados foram (glmmTMB, lme4, MASS, FactoMineR, corrrplot, ggplot2, ggeffects, sjPlot, insight).

3. RESULTADOS

No geral, os ambientes aquáticos manejados apresentaram uma tendência crescente na abundância de pirarucus de 2019 a 2023. A abundância de pirarucu dentro das áreas de acordo de pesca (APRC e APBMRC) apresentou um crescimento (130,5%), passando de 20.886 indivíduos em 2019 para 48.126 em 2023. A taxa de variação interanual foi de 62,2% (2019/2020), -15% (2020/2021), 22,7% (2021/2022) e 36,2% (2022/2023). Esses resultados demonstram que alguns ambientes se beneficiaram significativamente da implantação do manejo comunitário do pirarucu, indicando um aumento populacional. Os dados brutos das contagens de pirarucu entre os anos de 2019 a 2023 podem ser observados na (Tabela 2).

Tabela 2 – Contagens do pirarucu (indivíduos adultos e juvenis) realizadas de 2019 a 2023, nos lagos manejados do Acordo de Pesca do Rio Copeá – Setores A e B e do Acordo de Pesca do Médio e Baixo Rio Copeá, localizados no município de Coari, Amazonas, Brasil.

Lagos de Manejo	Anos				
	2019	2020	2021	2022	2023
Lago Marajá I	1.266	1.518	2.248	1.882	1.106
Lago Cuia	7.522	7.519	6.449	6.049	4.470
Lago Preto	604	2.262	2.387	2.566	3.070
Lago Campina	4.092	7.014	6.450	7.070	7.793
Lago Marajá III	891	1.874	514	2.539	3.136
Lago Paroá	3.763	4.912	5.696	6.118	6.539
Lago Caxambu 1	0	32	72	33	25
Lago Caxambu 2	0	23	38	63	20
Lago Felix	166	417	1.207	494	1.452
Lago Biaçú	21	12	19	33	17
Lago Biaquinho	19	0	0	0	11
Lago Paulino	31	34	38	0	24
Lago Tiririca	0	288	0	116	932
Lago Supriano	0	1.102	154	317	2.472
Lago Bicudo	0	1.119	150	459	2.730
Lago Faca	25	130	25	232	1.603
Lago Mucura da Lama	0	74	14	95	1.198
Lago Mucura do Centro	80	237	210	805	4.489
Lago Sociedade	2.219	4.510	2.495	5.179	2.164
Lago Taxo	0	150	95	370	2.689
Lago Igarapé-Açú	0	324	14	269	1.470
Lago Cavaquinho	183	329	502	620	676
Lago Timbó	4	7	15	20	40
Total	20.886	33.887	28.792	35.329	48.126

A metodologia empregada para o processamento digital das imagens de satélite apresentou resultados satisfatórios para o estudo. A classificação supervisionada utilizando o

algoritmo *Random Forest* (RF) possibilitou a identificação dos componentes da paisagem (OW, MA, FF e NFF), no período de 2019 a 2023 (Figura 2). A utilização de índices espectrais (NDWI e NDVI), modelos topográficos (MDE) e imagens áreas de alta resolução espacial (ortomosaicos) se mostraram indispensáveis para a distinção dos alvos de interesse durante o processo de coleta de amostras de treinamento. A matriz de erro gerada após a classificação supervisionada (RF) possibilitou a avaliação da acurácia, por meio acurácia global (AG) e do índice Kappa (K): Ano de 2019 (AG 53,6%; K 0,42); Ano de 2020 (AG 96,3%; K 0,95); Ano de 2021 (AG 83,9%; K 0,80); Ano de 2022 (AG 70,9%; K 0,64); e Ano de 2023 (AG 87,2%; K 0,84). Em decorrência da cobertura por nuvens, principalmente sobre as unidades amostrais (lagos de manejo), que impossibilitou a quantificação acurada da cobertura total dos componentes da paisagem para os anos (2019, 2021, 2022 e 2023), consideramos no modelo estatístico apenas os dados obtidos para o ano de 2020 (Figura 2B).

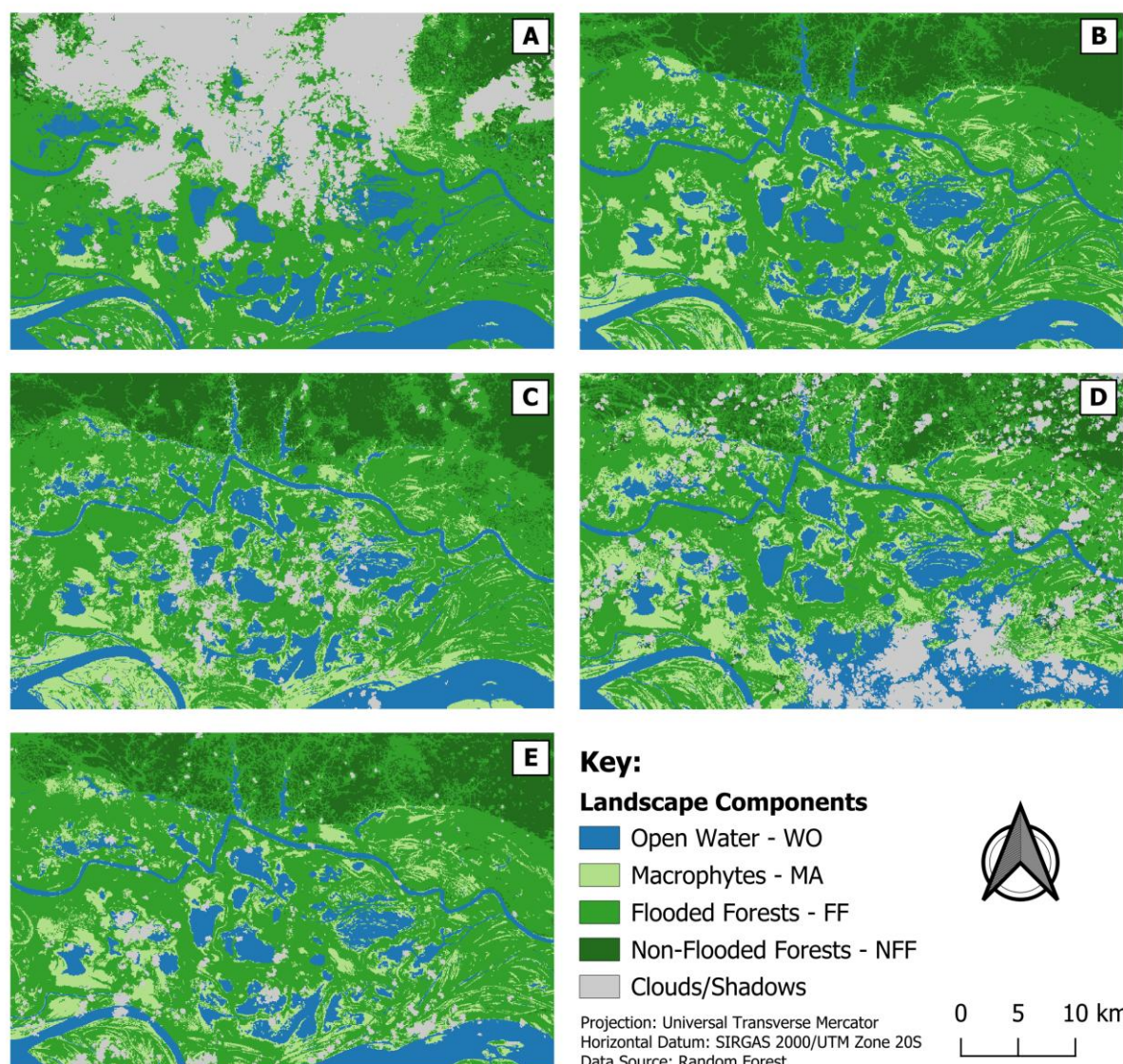


Figura 2. Classificação supervisionada com algoritmo *Random Forest* (RF) para imagens LANDSAT-8 entre os anos 2019 a 2023. (A) Imagem para o ano 2019; (B) ano de 2020; (C) ano de 2021; (D) ano de 2022; e (E) ano de 2023. Datum SIRGAS 2000/UTM 20S.

O modelo (GLMM) ajustado que se mostrou mais robusto para o estudo proposto incluiu três componentes da paisagem (WO, MA e FF) e o primeiro eixo (PC1 Social) da Análise de Componentes Principais (PCA), derivado da combinação de três variáveis socioambientais (GP, CE e AA). A variável (Área do Lago) foi incluída como efeito aleatório para capturar a variação entre unidades amostrais e controlar a não independência dos dados coletados dentro das mesmas localidades. O intercepto aleatório permitiu que o nível médio

de abundância variasse entre as áreas, refletindo possíveis diferenças estruturais não observadas diretamente.

O resultado da PCA mostrou que a variância total das variáveis socioambientais foi explicada pelo primeiro eixo (PC1 Social). As cargas fatoriais revelam que (GP e CE) apresentaram correlação negativa perfeita com o eixo 1 (- 1,0) enquanto (AA) teve correlação positiva perfeita (+ 1,0). Portanto, valores negativos de (PC1 Social) representam área com alta gestão participativa e conhecimento etnoictológico e baixa aptidão agrícola. Os valores indicam correlação moderada a forte entre os componentes da paisagem, com destaque para a correlação entre (WO e FF, $r = -0,77$). No entanto, todos os coeficientes permaneceram abaixo do limiar crítico (0,8), considerando indicativo de colinearidade severa. Dessa forma, optou-se por manter as três variáveis no modelo, dado que não houve comprometimento significativo da independência entre os preditores.

O modelo apresentou bom ajuste (AIC = 358, logLik = -172) e incluiu um intercepto aleatório para o fator (Área do Lago, $dp = 0,665$), representando a variabilidade espacial entre os 23 lagos de manejo. A estimativa do pseudo- R^2 em 0.968, que representa a variância explicada apenas pelos efeitos fixos indica que mais de 95% da variação da abundância de pirarucu está sendo influenciada pelos componentes da paisagem (OW, MA e FF) e aspectos socioambientais (GP e CE), indicando forte capacidade preditiva do modelo. A abundância de pirarucu foi positivamente associada às proporções de água aberta (WO, $\beta = 0.060$, $p = 0.053$), macrófitas aquáticas (MA, $\beta = 0.058$, $p = 0.048$) e floresta inundada (FF, $\beta = 0.063$, $p = 0.043$). O eixo (PC1 Social) teve efeito significativamente negativo ($\beta = -0.672$, $p = 0.005$) indicando que áreas com maior nível de (GP e CE) tendem a apresentar maior abundância de pirarucu, enquanto localidades com maior (AA) estão associados a menores valores de abundância. O teste de heterocedasticidade de Breusch-Pagan não indicou violação dos pressupostos (BP = 3.69, $p = 0,45$), sugerindo homoscedasticidade dos resíduos.

4. DISCUSSÃO

Os resultados provenientes dos acordos de pesca implementados no sistema lacustre do rio Copeá, no Médio Solimões, com o pirarucu como espécie alvo, corroboram os sucessos alcançados em outras iniciativas de manejo comunitário na várzea amazônica, evidenciando uma tendência consistente de aumento na abundância de pirarucu (Arantes *et al.*, 2006; Castello *et al.*, 2009; Petersen *et al.*, 2016; Campos-Silva *et al.*, 2019). O incremento de 130.5% registrado entre 2019 e 2023 é tão expressivo quanto os resultados obtidos em lagos do médio rio Juruá, onde Campos-Silva e Peres (2016) estimaram aumentos de 213.3% na população de pirarucu de lagos protegidos e de 193.5% em lagos de subsistência. Na RDS-Piagaçu Purus, após seis anos de co-manejo observou-se um aumento de 77% na densidade média (indivíduos/ha) de pirarucu (Petersen *et al.*, 2016).

Uma análise mais detalhada dos dados revela que o crescimento populacional do pirarucu não ocorreu de forma homogênea entre os diferentes lagos de manejo monitorados nos últimos três anos. Lagos como Supriano, Bicudo, Faca, Mucura da Lama, Mucura do Centro, Taxo e Igarapé-Açu apresentaram aumento superiores a 1.000% da abundância de pirarucu. Esses resultados, embora aparentemente positivos, destoam do esperado para a dinâmica populacional do pirarucu, sugerindo a necessidade de investigações adicionais para compreender os possíveis fatores envolvidos, sejam eles relacionados as etapas do manejo, variáveis ambientais ou intervenções antrópicas. Resultados semelhantes foram encontrados no estudo realizado por Arantes *et al.* (2006) na RDS-Mamirauá e RDS-Anamã, que verificaram um aumento na densidade de pirarucu (nº de indivíduos/km²) para juvenis e adultos nos lagos de manejo, com crescimento da ordem de 20% (Coraci), 169% (Tijuca), 525% (Jarauá) e 1.039% (Lago Preto/Maraã). Essa heterogeneidade nos lagos sugere a existência de fatores intraespecíficos que potencializam o limitam o crescimento populacional

do pirarucu, sendo de grande importância investigá-los futuramente para o aprimoramento das ações de conservação.

O processamento digital das imagens do satélite LANDSAT-8 possibilitou a identificação dos componentes da paisagem: água aberta (OW), macrófitas (MA), floresta inundada (FF) e floresta não inundada (NFF), mesmo em um ambiente altamente heterogêneo como a várzea amazônica. A classificação supervisionada utilizando o algoritmo *Random Forest* se mostrou altamente indicada para elaboração de mapas temáticos de uso e ocupação do solo. A matriz de erro possibilitou a visualização dos erros ocorridos durante a etapa de classificação, especificamente no ano de 2020, cuja acurácia global (AG = 96,3%) e o Kappa (K = 0,95) indicaram uma concordância quase perfeita (Landis; Koch, 1977). Acurácia (AG > 90%) e (K > 0,9) encontrados em classificações supervisionadas são consideradas excelentes (Cohen, 1960; Congalton; Mead, 1983; Congalton, 1991).

A limitação imposta as demais imagens (2019, 2021, 2022 e 2023) devido a elevada cobertura de nuvens reforça a importância de novos estudos complementares, utilizando dados de radar ou imagens de alta resolução temporal, assegurando a continuidade para análise em escala temporal (Novo; Shimabukuro, 1997; Hess *et al.*, 2003; Melack; Hess, 2010; Hess *et al.*, 2015; Fassoni-Andrade *et al.*, 2020). A definição do buffer de 1.000 metros para delimitar a área de influência se mostrou satisfatório para evitar a sobreposição entre as unidades amostrais. Entretanto, deve-se considerar que buffers com diferentes escalas podem influenciar significativamente as análises e os padrões espaciais de distribuição de espécies, incluindo o pirarucu, oportunizando a realização de outros estudos com diferentes tamanhos de buffers (Arantes *et al.*, 2017; Castello *et al.*, 2017; Freitas *et al.*, 2018; Pereira *et al.*, 2023).

O modelo estatístico GLMM Binomial Negativo ajustado se mostrou robusto e apresentou alto desempenho preditivo, indicando que os componentes da paisagem e os aspectos socioambientais explicam 96,8% da variação na abundância do pirarucu. As

proporções de água aberta (WO, $\beta = 0,060$, $p = 0,053$), macrófitas aquáticas (MA, $\beta = 0,058$, $p = 0,048$) e floresta inundada (FF, $\beta = 0,063$, $p = 0,043$) tiveram efeito positivo sobre a abundância da espécie, corroborando com outros estudos que indicaram a importância desses habitats para a sobrevivência e reprodução do pirarucu (Queiroz, 2000; Castello, 2008a; Arantes *et al.*, 2013; Campos-Silva *et al.*, 2019). Por outro lado, o componente PC1 Social ($\beta = -0,672$, $p = 0,005$) apresentou efeito negativo, indicando que áreas com maior nível de gestão participativa (GP) e conhecimento etnoictiológico (CE) tendem a suportar populações mais abundantes, enquanto localidades com alta aptidão agrícola (AA) estão associadas a menores valores de abundância. Isso sugere que pressões antrópicas e formas de uso do solo influenciam diretamente a população de pirarucu, reforçando a necessidade de integração entre práticas de conservação e gestão territorial (Amaral; Queiroz, 2011; Amaral *et al.*, 2013; Campos-Silva; Peres, 2016; Arantes *et al.*, 2022).

Segundo Arantes *et al.* (2013a) a abundância de pirarucu está positivamente relacionada a área do ambiente e profundidade da coluna d'água. Nossos resultados corroboram com o entendimento de que a abundância do pirarucu aumenta em ambientes com maior proporção de água aberta. Aparentemente, o motivo pelo qual o pirarucu prefere ambientes grandes, profundos e conectados a outros ambientes é a possibilidade de sobrevivência em casos de eventos extremos de seca e maior disponibilidade de recursos alimentares devido a necessidade de grandes áreas para forrageamento (Welcomme, 1979; Fernandes, 1997; Arantes *et al.*, 2010). Entretanto, lagos de grandes dimensões, em geral com maior área de água aberta, podem dificultar as contagens, pois necessitam de um número maior de pescadores treinados e o avistamento está sujeito a interferência dos ventos (Castello, 2004; Arantes *et al.*, 2007; Andrade *et al.*, 2011).

O chavascal e a restinga baixa e alta são habitats importantes no ciclo de vida do pirarucu (Castello *et al.*, 2009), corroborando nossos resultados sobre a importância das áreas

com maior cobertura de macrófitas. É importante ressaltar que o habitat macrófitas representa os bancos permanentes e/ou sazonais de macrófitas aquáticas, capim flutuante e campos inundáveis, que se encontram nas margens dos lagos e nas áreas de chavascal. O pirarucu é uma espécie carnívora, mas que consome outros itens alimentares durante as diferentes fases do seu ciclo de vida (Sánchez, 1969; Lowel-McConnell, 1987; Castello; Stewart, 2010). Peixes de menor porte, juvenis de outras espécies e invertebrados, que são presas do pirarucu, usam os bancos de macrófitas como áreas de alimentação e refúgio contra predadores (Junk, 1984; Petry *et al.*, 2003; Sánchez-Botero *et al.*, 2008; Villabona-González, 2011; Hercos *et al.*, 2012). Segundo Affonso *et al.* (2013) há uma alta correlação entre a abundância do pirarucu e a área de macrófita no período de cheia, já no período de seca não foi evidenciada nenhuma correlação, resultados semelhantes aos encontrados no estudo de Arantes *et al.* (2010).

O efeito positivo da floresta inundada sobre a abundância de pirarucu em várzeas amazônicas foi observado em diversos estudos (Queiroz, 2000; Castello, 2008a; Arantes *et al.*, 2013; Carvalho *et al.*, 2018). Em síntese, demonstramos que o pirarucu explora os diversos habitats da várzea, sazonalmente e ao longo de seu ciclo de vida, sendo que essa dependência torna a espécie vulnerável a modificações na estrutura do ambiente de várzea (Queiroz, 2000; Castello, 2008a; Arantes *et al.*, 2013;).

Durante a seca, os pirarucus adultos formam casais que habitam as áreas mais fundas dos lagos de várzea. Na enchente, os machos constroem ninhos à margem da floresta de restinga, onde as fêmeas depositam os ovócitos. Após a fertilização, o casal protege e oxigena os ovos até a eclosão, em cerca de uma semana. As fêmeas abandonam os ninhos e os machos cuidam das larvas por três meses (cuidado parental marcado pela natação das larvas próximo a cabeça do macho). O deslocamento para os ambientes de florestas inundadas se dá no período de cheia, motivado pela disponibilidade de itens alimentares e abrigo. Com a vazante,

os adultos se separam dos juvenis (30 a 50 cm de comprimento total) e ambos retornam para os ambientes lacustres, onde permanecem até o novo período de seca, dando fim ao seu deslocamento lateral e recomeçando um novo ciclo reprodutivo (Castello, 2008a, b, c).

O componente socioambiental (PC1 Social), derivado da análise de componentes principais, revelou que a abundância de pirarucu é maior em áreas com maior gestão participativa (GP) e conhecimento etnoictiológico (CE). O envolvimento das comunidades locais na construção das normativas e na tomada de decisões parece ser um fator determinante para o sucesso da gestão dos recursos pesqueiros. Segundo Viana *et al.* (2007), a efetividade do manejo comunitário do pirarucu está diretamente relacionada ao conhecimento tradicional e habilidades dos pescadores. Entretanto, não é apenas incluir as comunidades locais no processo de cogestão, pois o manejo envolve uma série de etapas e procedimentos, pois se trata de um sistema baseado na divisão dos trabalhos (Viana *et al.*, 2007; Castello *et al.*, 2009; Amaral *et al.*, 2013; Campos-Silva; Peres, 2016).

A variável aptidão agrícola (AA) apresentou uma associação negativa com a abundância de pirarucu, um dos possíveis motivos é que acordos de pesca administrados por comunidades com maior vocação para atividades agropecuárias tendem a possuir um menor grau de dependência do recurso pesqueiro manejado. O manejo comunitário de pirarucu envolve uma série de atividades que demandam muitas horas de trabalho, incluindo programas de capacitação técnica, com reuniões, palestras, oficinas e cursos, nos quais os comunitários estabelecem as regras de uso: apetrechos autorizados, espécies e quantidades permitidas e macrozoneamento, contagem de pirarucu para estimar a abundância, proteção dos corpos d'água com rotinas de vigilância, pescarias controladas e comercialização da produção (Viana *et al.*, 2007; Castello *et al.*, 2009; Campos-Silva; Peres, 2016). Um forte envolvimento com outras atividades pode resultar em baixo comprometimento com as atividades do manejo comunitário, reduzindo a possibilidade de sucesso.

A floresta não inundada (NFF) não foi incluída no modelo ajustado pois não apresentou efeito significativo, sugerindo uma relação limitada entre esse tipo de habitat e a dinâmica populacional da espécie. Essa ausência de significância pode estar associada à alta heterogeneidade espaço-temporal da várzea amazônica, variabilidade nos padrões de ocupação desses habitats e à influência de fatores ambientais locais que ainda necessitam de maior investigação (Freitas *et al.* 2014, Siqueira-Souza *et al.* 2016, Hurd *et al.* 2016, Freitas *et al.* 2018). A complexidade estrutural e funcional da planície de inundação amazônica resulta de processos determinísticos e estocásticos que interagem para moldar as condições ambientais e a distribuição das espécies (Hess *et al.*, 2015, Freitas *et al.*, 2018).

De modo geral, os achados deste estudo indicam que tanto os componentes da paisagem quanto os aspectos socioambientais influenciam significativamente a abundância do pirarucu nos lagos manejos da várzea amazônica. A integração entre a conservação de habitats da várzea e aspectos socioambientais das comunidades ribeirinhas é essencial para garantir a sustentabilidade da pesca manejada e a conservação da espécie. O crescimento populacional observado sugere que as estratégias de manejo comunitário vem desempenhando um papel fundamental na recuperação das populações naturais em toda a região Amazônica, reforçando a importância da participação efetiva das comunidades locais na gestão dos recursos pesqueiros. Ainda assim, flutuações anuais na abundância destacam a necessidade do monitoramento contínuo e ações integradas para minimizar impactos e garantir os benefícios do manejo comunitário.

AGRADECIMENTOS

Aos manejadores de pirarucu pelo conhecimento compartilhado e participação na pesquisa, à Associação União das Comunidades Indígenas e Não Indígenas do Rio Copeá (AUCINIRC), à Associação Comunitária Unidos Venceremos (ACUV), à Universidade Federal do Amazonas, ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros (PPGCARP), ao Laboratório de Ictiologia (LABIC/UFAM), ao Instituto Federal do Amazonas, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo apoio financeiro proveniente do Edital N. 008/2021 – PROSPAM/FAPEAM e Edital N. 009/2022 – PNF/FAPEAM.

REFERÊNCIAS

AFFONSO, A. G.; QUEIROZ, H. L.; NOVO, E. M. L. M. Influência da cobertura de macrófitas sobre a abundância de pirarucus em lagos da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. In: FIGUEIREDO, E. S. A. (Org.). **Biologia, conservação e manejo participativo de pirarucus na Pan-Amazônia**. Tefé, Amazonas, Brasil, 2013. p. 213-236.

AMARAL, E.; QUEIROZ, H. Estabelecimento de cotas sustentáveis de pirarucu (*Arapaima gigas*) com base em outros indicadores além das contagens. In: **Seminário Anual de Pesquisa do IDSM**. Tefé: IDSM. 2011

AMARAL, E.; TORRES, A. C.; PERALTA, N. A avaliação participativa como ferramenta para tomadas de decisão em processos de manejo de pirarucu (*Arapaima gigas*). In: FIGUEIREDO, E. S. A. (Org.). **Biologia, conservação e manejo participativo de pirarucus na Pan-Amazônia**. Tefé, Amazonas, Brasil, 2013. p. 213-236.

ANDRADE, L.; AMARAL E.; SILVA N.; QUEIROZ H. Recounts pirarucu: a method for evaluating the quality of the pirarucu counts. **Scientific Magazine UAKARI**, v. 7, n. 1, p. 29-40, 2011.

ARANTES, C. C.; WINEMILLER, K. O.; ASHER, A.; CASTELLO, L.; HESS, L. L.; PETRERE-JR, M. P. Floodplain land cover affects biomass distribution of fish functional diversity in the Amazon River. **Scientific Reports/Nature Research**, v. 9, n. 1, p. 1-13, 2019.

ARANTES, C. C.; CASTELLO, L. Implicações da biologia, ecologia e contagens para o manejo do pirarucu. In: FIGUEIREDO, E. S. A. (Org.). **Biologia, conservação e manejo participativo de pirarucus na Pan-Amazônia**, Tefé, Amazonas, Brasil, 2013. p. 33-42.

ARANTES, C. C.; CASTELLO, L.; CETRA, M.; SCHILLING, A. Environmental influences on the distribution of arapaima in Amazon floodplains. **Environmental Biology of Fishes**, v. 96, p. 1257-1267, 2013.

ARANTES, C. C.; CASTELLO, L.; GARCEZ, D. S. Variation among counts of *Arapaima gigas* (Schinz) (Osteoglossomorpha, Osteoglossidae) done by fishers individually in Mamirauá, Brazil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 2, n. 3, p. 263-269, 2007.

ARANTES, C. C.; CASTELLO, L.; STEWART, D. J.; CETRA, M.; QUEIROZ, H. L. Population density, growth and reproduction of arapaima in an Amazonian river-floodplain. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 19, p. 455–465, 2010.

ARANTES, C.; CASTELLO, L.; BASURTO, X.; ANGELI, N.; SENE-HAPER, A.; MCGRATH, G. Institutional effects on ecological outcomes of community-based management of fisheries in the Amazon. **Ambio**, v. 51, n. 3, p. 678-690, 2022.

ARANTES, C. C.; GARCEZ, D. S.; CASTELLO, L. Densidades de pirarucu (*Arapaima gigas*, Teleostei, Osteoglossidae) em lagos das Reservas de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá e Amanã, Amazonas, Brasil. **Scientific Magazine UAKARI**, v. 2, p. 37-43, 2006.

ARANTES, C. C.; WINEMILLER, K.; PETRERE-JR, M.; CASTELLO, L.; FREITAS, C. E. C HESS, L. Relationships between forest cover and fish diversity in the Amazon River. **Journal of Applied Ecology**, v. 55, n. 1, p. 386–395, 2017.

BREIMAN, L. Random forests. **Machine learning**, v. 45, p. 5-32, 2001.

CAMPOS-SILVA, J. V.; HAWES, J. E.; PERES, C. A. Population recovery, seasonal site fidelity, and daily activity of pirarucu (*Arapaima* spp.) in an Amazonian floodplain mosaic. **Freshwater Biology**, p. 1-10, 2019.

CAMPOS-SILVA, J. V.; PERES, C. A. Community-based management induces rapid recovery a high-value tropical freshwater fishery. **Nature/Scientific Report**, v. 6, n. 34745, 2016.

CARVALHO, F.; POWER, M.; FORSBERG, B. R.; CASTELLO, L.; MARTINS, E. G.; FREITAS, C. E. C. Trophic Ecology of *Arapaima* sp. in a ria lake-river-floodplain transition zone of the Amazon. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 27, p. 237-246, 2018.

CASTELLO, L. A method to count pirarucu: fishers, assessment and management. **North American Journal of Fisheries Management**, v. 24, p. 379-389, 2004.

CASTELLO, L. Lateral migration of *Arapaima gigas* in floodplains of the Amazon. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 17, p. 38-46, 2008a.

CASTELLO, L. Nesting habitat of *Arapaima gigas* (Schinz) in Amazonian floodplains. **Journal of Fish Biology**, v. 72, n. 6, p. 1520-1528, 2008b.

CASTELLO, L. Nests of pirarucu *Arapaima gigas* in floodplains of the Amazon: habitat and relation to spawner abundance. **Journal of Fish Biology**, v. 72, p. 1-9, 2008c.

CASTELLO, L. Science for conserving Amazon freshwater ecosystems. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 31, n. 5, p. 999-1004, 2021.

CASTELLO, L.; HESS, L.; THAPA, R.; ARANTES, C. C.; MCGRATH, D. G.; RENO, V.; ISAAC, V. Fishery yields vary with land cover on the Amazon River floodplain. **Fish and Fisheries**, v. 19, n. 2, p. 431-440, 2017.

CASTELLO, L.; STEWART, D. J. Assessing CITES non-detriment findings procedures for *Arapaima* in Brazil. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 26, p. 49-56, 2010.

CASTELLO, L.; VIANA, J. P.; WATKINS, G.; PINEDO-VASQUEZ, M.; LUZADIS, V. A. Lessons from integrating fishers of arapaima in small-scale fisheries management at the Mamirauá Reserve, Amazon. **Environmental Management**, v. 43, n. 2, p. 197–209, 2009.

CAVOLE, L. M.; ARANTES, C. C.; CASTELLO, L. How illegal are tropical small-scale fisheries? An estimate for arapaima in the Amazon. **Fisheries Research**, v. 168, p. 1-5, 2015.

CONGEDO, L. Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. **Journal of Open Source Software**, v. 6, n. 64, p. 3172, 2021.

COHEN, J. A. Coefficient of Agreement for Nominal Scales. **Educational and Psychological Measurement**, v. 20, n. 1, p. 37-46, 1960.

CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v. 37, n. 1, p. 35-46, 1991.

CONGALTON, R. G.; MEAD, R. A. A Quantitative Method to Test for Consistency and Correctness in Photointerpretation. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 49, p. 69-74, 1983.

DORMANN, C. F.; ELITH, J.; BACHER, S.; BUCHMANN, C.; GUDRUN, C.; GABRIEL, C.; GARCIA-MARQUES, J. R.; GRUBER, B.; LAFOURCADE, B.; LEITÃO, P. J.; MUNKEMULLER, T.; MCCLEAN, C.; OSBORNE, P. E.; REINEKING, B.; SCHRODER, B.; SKIDMORE, A. K.; ZURELL, D.; LAUTENBACH, S. Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. **Ecography**, v. 36, n. 1, p. 27-46, 2013.

FERNANDEZ, C. C. Lateral migration of fishes in Amazon floodplains. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 6, p. 36-44, 1997.

FASSONI-ANDRADE, A. C.; PAIVA, R. C. D.; RUDORFF, C. M.; BARBOSA, C. C. F.; NOVO, E. M. L. M. High-resolution mapping of floodplain topography from space: A case study in the Amazon. **Remote Sensing of Environment**, v. 251, p. 112065, 2020.

FLEISCHMANN, A. S.; PAPA, F.; HAMILTON, S. K.; FASSONI-ANDRADE, A.; WONGCHUIG, S.; ESPINOZA, J. C.; COLLISCHONN, W. Increased floodplain inundation in the Amazon since 1980. **Environmental Research Letters**, v. 18, n. 3, p. 034024, 2023.

FREITAS, C. E. C.; LAURENSEN, L.; YAMAMOTO, K. C.; FORSBERG, B. R.; PETRERE JR, M.; ARANTES, C.; SIQUEIRA-SOUZA, F. K. Fish species richness is associated with the availability of landscape components across seasons in the Amazonian floodplain. **Peerj**, 6:e5080, p. 1-16, 2018.

FREITAS, C. E. C.; SIQUEIRA-SOUZA, F. K.; FLORENTINO, A. C.; HURD, L. E. The importance of spatial scales to analysis of fish diversity in Amazonian floodplain lakes and implications for conservation. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 23, n. 3, p. 470–477, 2014.

HERCOS, A. P.; SOBANSKY, M.; QUEIROZ, H. L.; MAGURRAN, A. E. Local and regional rarity in a diverse tropical fish assemblage. **Proceedings of The Royal Society B: Biological Sciences**, v. 280, p. 1-7, 2012.

HESS, L. L.; MELACK, J. M.; AFFONSO, A. G.; BARBOSA, C.; GASTIL-BUHL, M.; NOVO, E. M. L. Wetlands of the Lowland Amazon Basin: Extent, Vegetative Cover, and Dual-season Inundated Area as Mapped with JERS-1 Synthetic Aperture Radar. **Wetlands**, v. 35, p. 745-756, 2015.

HESS, L. L.; MELACK, J. M.; NOVO, E. M. L. M.; BARBOSA, C. C. F.; GASTIL, M. Dual season mapping of wetland inundation and vegetation for the central Amazon basin. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, p. 404-428, 2003.

HURD, L. E.; SOUZA, R. G. S.; SIQUEIRA-SOUZA, F. K.; COOPER, G. J.; KAHN, J. R.; FREITAS, C. E. C. Amazon floodplain fish communities: habitat connectivity and conservation in a rapidly deteriorating environment. **Biological Conservation**, v. 195, p. 118–127, 2016.

JUNK, W. J. Ecology of the várzea, floodplain of Amazonian white-water rivers. In: JUNK, W. J. **The Amazon: Limnology and Landscape Ecology of a Mighty Tropical River and its Basin**, Dordrecht, Boston, Lancaster, 1984. p. 215-224.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; SCHONGART, J.; COHN-HAFT, M.; ADENEY, J. M.; WITTMANN, F. A classification of major naturally-occurring Amazonian wetlands. **Wetlands**, v. 31, p. 623-640, 2011.

JUNK, W.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems. **Canadian Journal of Fishers and Aquatic Sciences**, v. 106, p. 110-127, 1989.

KOEHRSEN, W. Random forest simple explanation. **Medium**, v. 27, 2017.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. An Application of Hierarchical Kappa-type Statistics in the Assessment of Majority Agreement among Multiple Observers. **Biometrics**, v. 33, n. 2, p. 363-374, 1977.

LOBÓN-CERVIÁ, J.; HESS, L. L.; MELACK, J. M.; ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M. The importance of forest cover for fish richness and abundance on the Amazon floodplain. **Hydrobiologia**, v. 750, n. 1, p. 245–255, 2015.

LOWE-MCCONNELL, R. H. **Ecological Studies in Tropical Fish Communities**. New York: Cambridge University Press, Cambridge, 1987. 382 p.

MARQUES, J. G. W. Etnoictiologia: Pescando pescadores nas águas da transdisciplinariedade. **Revista Ouricuri**, v. 2, n. 2, p. 9-36, 2012.

MELACK, J. M. Aquatic Ecosystems. In: NAGY, L.; FORSBERG, B.; ARTAXO, P. (Ed.). **Interactions Between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basis**. Ecological Studies, Springer, Berlin, v. 227, 2016, p. 119-148.

MELACK, J. M.; HESS, L. L. Remote sensing of the distribution and extend of wetlands in the Amazon basin. In: JUNK, W. J. et al., (Ed.). **Amazonian floodplain forests**, Springer ed. Dordrecht: Springer, 2010. p. 43-59.

MELACK, J. M.; COE, M. T. Climate change and the floodplain lakes of the Amazon basin. **Climatic change and global warming of inland waters: Impacts and Mitigation for Ecosystems and Societies**, p. 295-310, 2013.

NOVO, E. M. L. M.; SHIMABUKURO, Y. E. Identification and mapping of the Amazon habitats using a mixing model. **International Journal of Remotes Sensing**, v. 18, n. 3, p. 663-670, 1997.

PEREIRA, D. V.; ARANTES, C. C.; SOUZA, K. N. S.; FREITAS, C. E. C. Relationships between fishery catch rates and land cover along a longitudinal gradient in floodplains of the Amazon River. **Fisheries Research**, v. 258, n. 106521, 2023.

PEREIRA, H. S.; VINHOTE, M. L. A.; ZINGRA, A. F. C.; TAKEDA, W. M. A Multifuncionalidade da Agricultura Familiar no Amazonas: Desafios para a inovação sustentável. **Revista Terceira Margem Amazônia**, v. 1, n. 5, p. 59-74, 2015.

PETERSEN, T. A.; BRUM, S. M.; ROSSONI, F.; SILVEIRA, G. F. V.; CASTELLO, L. Recovery of Arapaima sp. populations by community-based management in floodplains of the Purus River, Amazon. **Journal of Fish Biology**, v. 89, p. 241-249, 2016

PETRY, P.; BAYLEY, P. B.; MARKLE, D. F. Relationships between fish assemblages, macrophytes and environmental gradients in the Amazon River floodplain, **Journal of Fish Biology**, v. 63, p. 547-579, 2003.

QUEIROZ, H. L. **Natural history and conservation of pirarucu, *Arapaima gigas*, at the Amazonian várzea: Red giants in muddy waters**. 2000. 226p. Ph.D. Thesis, St. Andrews: University of St. Andrews. 2000.

REIS, V.; HERMOSO, V.; HAMILTON, S. K.; BUNN, S. E.; FLUET-CHOUINARD, E.; VENABLES, B.; LINKE, S. Characterizing seasonal dynamics of Amazonian wetlands for conservation and decision making. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 29, n. 7, p. 1073-1082, 2019.

SÁNCHEZ, J. R. “El paiche” aspectos de su hitstoria naturaly aprovechamiento. **Revista de Caza y Pesca**, v. 10, p. 17–61, 1969.

SÁNCHEZ-BOTERO, J. I; ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M; GARCEZ, D. S. Effects of types of aquatic macrophyte stands and variations of dissolved oxygen and of temperature on the

distribution of fishes in lakes of the amazonian floodplain. **Acta Limnológica Brasiliensia**, v 20, n. 1, p. 45-54, 2008.

.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE DO AMAZONAS (SEMA). **Atlas dos acordos de pesca regulamentados no Estado do Amazonas**. Manaus: SEMA, 2022.

SILVANO, R. A. M.; VALBO-JORGENSEN, J. Beyond fishermen's tales: contributions of fishers' local ecological knowledge to fish ecology and fisheries management. **Environment, Development and Sustainability**, v. 10, p. 657, 2008.

SIQUEIRA-SOUZA, F. K.; FREITAS, C. E. C.; HURD, L. E.; PETERERE, M. 2016. Amazon floodplain fish diversity at different scales: do time and place really matter? **Hydrobiologia**, v. 776, n. 1, p. 99-110, 2016.

VIANA, J. P.; CASTELLO, L.; DAMASCENO, J. M. B.; AMARAL, E. S. R.; ESTUPIÑÁN, G. M. B.; ARANTES, C.; BATISTA, G. S.; GARCEZ, D. S.; BARBOSA, S. Manejo Comunitário do Pirarucu *Arapaima gigas* na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá - Amazonas, Brasil, In: PRATES, A. P.; BLANC, D. (Ed.). **Áreas Aquáticas Protegidas como Instrumento de Gestão Pesqueira**. Série Áreas Protegidas do Brasil, Volume 4. Ministério do Meio Ambiente e IBAMA. Brasília-DF, 2007.

VILLABONA-GONZALEZ, S. L.; AGUIRRES, N. J.; ESTRADA, A. L. Influência de las macrófitas sobre la estructura poblacional de rotíferos y microscrustáceos en un plano de inundación tropical. **Revista de Biología Tropical**, v. 59, n. 2, p. 853-870, 2011.

WELCOMME R. L. **Fisheries ecology of flood-plain rivers**. Logman, London, England. 1979.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente tese buscou integrar o comportamento socioambiental das comunidades e os componentes da paisagem para compreender os fatores que influenciam a abundância do pirarucu em áreas de manejo comunitário em ambiente de várzea amazônica na região do Médio Solimões. Tendo como hipótese central de que a abundância é positivamente influenciada pela área de cobertura dos componentes da paisagem em ambientes de várzea e por maiores níveis de comportamento socioambiental dos atores sociais e suas organizações.

A pesquisa evidenciou a relevância do conhecimento etnoictiológico, da aptidão agrícola e da gestão participativa como elementos centrais para sustentabilidade do manejo comunitário do pirarucu. Constatou-se que os manejadores detêm um elevado nível de conhecimento tradicional sobre a espécie, o que demonstra o potencial das comunidades locais como protagonistas na gestão sustentável dos recursos pesqueiros. A aptidão agrícola é predominantemente composta por agricultores familiares em sistemas produtivos com baixa tecnificação, complementada pelo o manejo e a pesca comercial multiespecífica, essenciais para a geração de renda e segurança alimentar. As análises também revelaram fragilidades institucionais nas associações de manejadores, com destaque nas dimensões monitoramento, sistema de vigilância, levantamento de estoque e capacidade produtiva, indicando a necessidade de um programa de capacitação técnica contínuo e o fortalecimento institucional das associações e das suas infraestruturas.

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto e aerofotogrametria mostrou-se eficaz na identificação e quantificação dos componentes da paisagem na várzea amazônica. O classificador *Random Forest* destacou-se como o algoritmo mais robusto na classificação dos componentes da paisagem: água aberta, macrófitas, floresta inundada e floresta não inundada, tanto em termos de acurácia quanto em coerência espacial, mesmo para classes mais heterogêneas. A utilização de índices espectrais (NDWI e NDVI), dados auxiliares (MDE) e imagens aéreas de alta resolução espacial (aerofotogrametria) foram fundamentais para aprimorar a acurácia dos classificadores. Essa abordagem metodológica demonstra que a integração de dados orbitais, imagens de drones e técnicas de processamento digital de imagens podem fornecer subsídios valiosos para o planejamento e a gestão territorial da várzea amazônica, em especial para áreas de manejo dos recursos pesqueiros.

De forma inédita, a pesquisa estabeleceu uma conexão direta entre os fatores socioambientais, os componentes da paisagem e a abundância de pirarucu. O modelo estatístico adotado (GLMM com distribuição binomial negativa) apresentou elevado poder explicativo, demonstrando que as variáveis ambientais (principalmente as proporções de água

aberta, macrófitas e floresta inundada) e os aspectos socioambientais (nível maiores de gestão participativa e de conhecimento etnoictiológico) são determinantes para a variação da abundância de pirarucu entre os diferentes lagos manejados. Por outro lado, verificou-se que localidades com atores sociais com maior aptidão agrícola para agricultura familiar tendem a apresentar menor abundância de pirarucu, indicando que uma dedicação maior em outras atividades agrossilvipastoris podem resultar em baixo comprometimento com as atividades do manejo comunitário, reduzindo a possibilidade de sucesso.

Do ponto de vista técnico-científico, esta pesquisa contribui significativamente para o avanço do conhecimento sobre o manejo comunitário de recursos pesqueiros na Amazônia, em especial para o manjo sustentável do pirarucu. A abordagem integrativa adotada oferece uma nova perspectiva para a cogestão do pirarucu, incorporando aspectos ecológicos, espaciais e socioambientais em um mesmo modelo analítico. Os resultados reforçam a importância da integração entre a conservação dos ambientes de várzea e a participação direta das comunidades ribeirinhas, ambas essenciais para garantir a sustentabilidade da pesca manejada e a conservação da espécie.

Entretanto, é de fundamental importância reconhecer as limitações deste estudo. A indisponibilidade de dados sólidos de todas as localidades que realizam o manejo comunitário do pirarucu no Amazonas, impossibilita uma análise mais abrangente para avaliar o cenário atual das populações naturais deste importante recurso pesqueiro. O custo Amazônia e a dificuldade operacional inerente a pesquisas desta natureza, dificulta o envolvimento de um maior número de atores sociais e comunidades, refletindo na perda de informações relevantes para o aprimoramento das ações de co-manejo. A necessidade de obtenção de imagens orbitais de alta qualidade, além da operacionalização de voos com drone em ambiente alagado representaram um desafio adicional para a pesquisa, bem como a presença elevada de nuvens sobre a área de estudo impuseram limitações para uma análise espaço-temporal e suas possíveis implicações na abundância do pirarucu.

Como recomendações aplicadas, destaca-se a necessidade do macrozoneamento participativo das áreas manejadas considere características ambientais dos lagos de várzea, com ênfase nos componentes da paisagem (cobertura de água aberta, macrófitas e floresta inundada) e aspectos socioambientais (elevados níveis de gestão participativa e conhecimento etnoictiológico). A capacitação continuada das comunidades ribeirinhas e o fortalecimento institucional das associações locais são essenciais para a consolidação do manejo sustentável do pirarucu. Recomenda-se ainda a implementação de políticas públicas que incentivem o manejo comunitário e assegurem os recursos necessários para os sistemas de vigilância e

monitoramento contínuo, minimizando erros nas contagens e garantindo a integridade dos dados disponibilizados.

Por fim, reforça-se que a conservação do ambiente de várzea é um elemento estratégico não apenas para a manutenção das populações de pirarucu, mas também para a segurança alimentar e a geração de renda das comunidades amazônicas. Espera-se que os resultados desta tese possam subsidiar futuras iniciativas de pesquisa, manejo e formulação de políticas públicas voltadas à gestão participativa e à conservação dos recursos pesqueiros da Amazônia.



APÊNDICE – A

EDITAL Nº 008/2021 – PROSPAM/FAPEAM

PROJETO: MANEJO COMUNITÁRIO DO PIRARUCU: BASES PARA INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO

FORMULÁRIO/FAPEAM



DIAGNÓSTICO DA UNIDADE DE PRODUÇÃO FAMILIAR – UPF		
Nº.:	FORMULÁRIO	DATA: / / 202__
Entrevistador:		
Local:	Município/UF: Coari – AM	

I – PERFIL DO PRODUTOR/PESCADOR.

Nome completo: _____ Sexo: () M () F

Idade: _____ Estado civil: () solteiro () casado () divorciado () Outro: _____;

Há quanto tempo mora na comunidade (anos)? () 1-5, () 5-10, () 10-15, () 15-20, () 20-25, () >30;

Já morou em outras localidades? () não () sim, qual: _____;

Estudou até que série? () não alfabetizado, () fundamental incompleto, () fundamental completo, () ensino médio incompleto, () ensino médio completo, () outros _____;

Quantas pessoas moram na casa? () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 () se > de 5, quantos?: _____;

Os filhos estudam? () sim, () não;

Qual sua religião? () católica () evangélica () outra _____;

II – INFRAESTRUTURA, HABITAÇÃO E SAÚDE.

Comunidade possui energia elétrica? () não () sim, se sim () gerador _____ () Programa Luz para Todos;

Comunidade possui água encanada? () não () sim;

Comunidade possui telefonia? () não () sim

Comunidade possui internet? () não () sim

Sua casa é própria? () sim () não;

Tipo da moradia/casa? () flutuante () madeira () alvenaria () mista/palafita () outros _____;

Qual a origem da água que você e sua família consomem? () rio/lago () poço () outros _____;

Qualidade da água que você e sua família consomem? () boa () ruim () regular, por quê? _____;

Destino do lixo orgânico? () adubação () céu aberto () alimentação animal () outros, _____;

Destino do lixo inorgânico? () queima () céu aberto () reciclagem () reaproveitamento () outros _____;

Utiliza agrotóxico? () não () sim, qual? _____; () inseticidas () herbicidas _____;

Comunidade possui unidade/posto de saúde/agente de saúde? () não () sim

Comunidade possui ambulância? () não () sim

Comunidade possui centro comunitário? () não () sim

III – SISTEMA DE PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO.

Atividade principal: () Agricultor(a) Familiar () Pescador(a) () Extrativista () Outros _____;

Qual cultura/criação/produto? _____;

Qual a área plantada de cada cultura (ha)? _____;

O senhor(a) pesca desde qual idade? _____ Quem lhe ensinou? _____;

Há quanto tempo pesca na comunidade? _____;

Sabe fazer algum utensílio de pesca? () não () sim, quais? _____;

Qual a renda média mensal da família (Salário Mínimo/SM)? () < 1 SM () = 1 SM () > 1 SM;

Renda com a Pesca (R\$/Mensal): _____;

Tem outra fonte de renda além da pesca? () não () sim. Qual é o valor mensal? _____;

Qual foi sua renda (anual) com o manejo do pirarucu? _____;

Qual seu custo de produção/ano com a pesca do pirarucu? _____;

Insumos	Unid.	Quant.	V. Unitário	V. Total
Combustível				
Gelo				
Alimentação/Rancho				
Manutenção dos Apetrechos de Pesca				
Outros:				

O senhor(a) sabe o que é acordo de pesca? () não () sim;

Sabe quais regras que estão presentes acordo de pesca? () não () sim;

As regras estabelecidas estão sendo cumpridas pelo grupo de pescadores e pela comunidade? () não () sim;

Já participou de alguma reunião sobre o acordo de pesca na comunidade? () não () sim;

Você concorda com o acordo de pesca? () não () sim. Se sim, por quê?

Como é que surgiu a ideia do acordo de pesca?

Acha que melhorou a vida dos moradores depois do manejo? () sim () não. Por quê?

Como se dá participação dos jovens? E das mulheres?

Está satisfeito com o manejo? () sim () não. Se não por quê?

Quais pontos positivos e negativos que você ver no manejo do pirarucu?

Sabe a diferença das categorias de uso dos lagos?

A comunidade está respeitando o zoneamento dos lagos?

Existem conflitos “invasão” dos lagos/ambiente na área do acordo de pesca da comunidade?

Com a implantação do acordo de pesca houve redução dos conflitos? () não () sim. Se sim, quais? _____;

Como os lagos são fiscalizados ao longo do ano?

O que acontece com as pessoas que são pegas pescando ilegalmente o pirarucu nos lagos?

Existem agentes ambientais voluntários? Quantos? Como eles trabalham?

Existem dificuldades na fiscalização? Se existe, o que você acha que pode melhorar na fiscalização?

A quantidade de pirarucu mudou após o manejo? () aumentou () diminuiu () continua a mesma () não sabe;

Outros peixes aumentam após o manejo do pirarucu? () aumentou () diminuiu () continua a mesma () não sabe;

Se sim, quais peixes? _____;

O senhor sabe contar pirarucus? () não () sim;

Já fez algum curso de contagem de pirarucu? () não () sim, onde? _____;

Como acontece a contagem do pirarucu? () não, se sim, () pouco detalhado () muito detalhado;

O resultado das contagens tem refletido na pescaria? () não () sim

Como vocês realizam a pesca do pirarucu?

Quantos dias permanecem pescado?

O senhor mudou a forma de pescar pirarucu depois do acordo de pesca? () não () sim, se sim como era a pesca antes?

O grupo se reúne para planejar a pesca? () não () sim

A cota de captura mudou de um ano para o outro? () não () sim, se sim para quanto/2021? _____;

O grupo tem conseguido capturar o total da cota liberada? () sim () não. Se não, por quê?

Qual a destinação do pirarucu capturado no manejo? () consumo local/próprio () comercialização;

Como o pirarucu é comercializado? () esviscerado/charuto () salgado/seco () outro _____;

Comercializam a produção para quem? () feira e mercados locais () atravessador () frigorífico;

Qual o valor por quilo (R\$/Kg) de pirarucu comercializado na última despesa? _____;

Nos outros anos o senhor(a) lembra o valor? Em: 2018 _____; 2019 _____; 2020 _____; 2021 _____;

Como o dinheiro é repartido entre os pescadores que participam no manejo?

A sua renda aumentou depois do manejo do pirarucu? () não () sim;

Acha que tem que haver mudança na forma como é dividido o dinheiro?

Você desenvolve outras atividades dentro do manejo?

Sabe explicar como é feito o monitoramento do manejo?

Já participou de algum curso de monitoramento do manejo do pirarucu?

O que vocês fazem com as vísceras do pirarucu?

Aproveitam as escamas, cabeça e couro? () não () sim. O que fazem?

IV – CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS, ECOLÓGICAS, AMBIENTAIS E ANTROPOGÊNICAS.

O pirarucu cresce até que tamanho e peso?

O que o pirarucu gosta de comer?

O pirarucu muda de lugar/lagos (realiza migração)? () não () sim. Se sim, pra onde?

Sabe diferenciar o pirarucu macho da fêmea? () não () sim. Se sim, como?

Qual o tamanho que o pirarucu começa a se reproduzir? () não () sim. Se sim, qual o tamanho?

Qual a época que o pirarucu se reproduz/desova? () enchente () cheia () vazante () seca.

Onde Local: _____;

O pirarucu muda o comportamento quanto está na época da desova? () não () sim. Se sim qual a mudança observada?

Já viu a ova do pirarucu? () não () sim. Se sim, como ela é? _____;

E os filhotes, onde podem ser encontrados?

O pirarucu cuida dos filhotes? () não () sim. Se sim, quais cuidados os pais possuem?

Existem lagos que tem mais pirarucu que outros? Porque você acha que tem mais pirarucu?

Há ocorrência de pesca predatória nas proximidades da comunidade?

Há ocorrência de ações de madeireiros nas proximidades da comunidade?

Nos últimos anos houve o crescimento das queimadas nas proximidades da comunidade?

V – ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL, ASSOCIATIVISMO E CRÉDITO RURAL.

Comunidade recebe Assistência Técnica e Extensão Rural - ATER? () não () sim;

Se sim, quais ações de ATER são desenvolvidas na comunidade? _____;

Você possui o Cartão do Produtor Primário (Carteirinha do Produtor) do IDAM? () não () sim;

Você possui DAP (Declaração de Aptidão ao Pronaf)? () não () sim;

Você possui CAR (Cadastro Ambiental Rural)? () não () sim;

Você pertence a Colônia de Pescadores Z-56 de Coari? () não () sim;

Você atualmente recebe o seguro defeso? () não () sim. Se sim, qual o valor (R\$/Ano)? _____;

Você pertence a alguma associação/sindicato? () não () sim, se sim qual? _____;

Você participa ativamente das reuniões/atividades da associação? () não () sim;

Como você vê a gestão da associação? () boa () razoável () ruim, se ruim por quê? _____;

O que poderia melhorar na gestão da associação?

Você paga mensalidade para associação? () não () sim. Qual valor R\$ _____;

Você possui financiamento rural/pesca junto as agências de fomento? () não () sim, qual agência?;

Qual foi a finalidade do financiamento? () investimento () custeio () máquinas/equipamentos;

Você está adimplente com o financiamento? () sim () não, por quê? _____;

Outras Observações:

Financiamento:



AMAZONAS
GOVERNO DO ESTADO

Apoio:



APÊNDICE – B



Poder Executivo
Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Faculdade de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros – PPGCARP



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O(A) Sr(a) está sendo convidado a participar do projeto de pesquisa **Abundância de Pirarucus (*Arapaima gigas*) em Área de Manejo Comunitário: Integrando os Componentes da Paisagem e o Comportamento Socioambiental das Comunidades Ribeirinhas**, cujo pesquisador responsável é o discente de doutorado Sr. Jean Felipe Silva de Abreu, sob orientação da Professora Dra. Kedma Cristine Yamamoto e coorientação do Professor Dr. Carlos Edwar de Carvalho Freitas.

Os objetivos do projeto são Avaliar a relação entre a abundância de pirarucu (*Arapaima gigas*), os componentes da paisagem dos lagos de várzea da planície inundada Amazônica e o comportamento socioambiental das comunidades ribeirinhas nas áreas de manejo comunitário nos municípios de Coari, Iranduba e Tapauá, no Estado do Amazonas. Seguido pelos os objetivos específicos: a) Identificar os componentes da paisagem dos lagos de várzea nos municípios de Coari, Iranduba e Tapauá utilizando sensoriamento remoto, aerofotogrametria e processamento digital de imagens; b) Analisar se os componentes da paisagem dos lagos de várzea amazônicos influenciam na abundância de pirarucu em áreas de manejo comunitário nos municípios de Coari, Iranduba e Tapauá; c) Verificar se as áreas de influencias em torno dos lagos de várzea amazônicos influenciam na abundância de pirarucu em áreas de manejo comunitário nos municípios de Coari, Iranduba e Tapauá; d) Analisar o conhecimento etnoictológico sobre a abundância de pirarucu em áreas de manejo comunitário localizadas das planícies inundadas de várzea Amazônica, nos municípios de Coari, Iranduba e Tapauá; e) Verificar se cultura organizacional e a aptidão agrícola das comunidades ribeirinhas que desenvolvem o manejo comunitário influenciam na abundância de pirarucu, nos municípios de Coari, Iranduba e Tapauá.

O(A) Sr(a) está sendo convidado por estar inserido no contexto do Manejo Comunitário do Pirarucu, nos municípios de Coari, Iranduba e Tapauá, no estado do Amazonas, e poderá contribuir com informações e conhecimentos para auxiliar no monitoramento das áreas de manejo, na escolha das categorias de uso dos ambientes aquáticos, no aprimoramento da legislação ambiental existentes, mitigação de ações antropogênicas, gestão e administração das populações de pirarucu na região Amazônica.

O(A) Sr(a). tem de plena liberdade de recusar-se a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma para o tratamento que recebe neste serviço do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros (PPG-CARP) vinculado a Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

Caso aceite participar, sua participação consiste em responder um formulário de entrevista estruturado, com questões fechadas e abertas, com a presença dos pesquisadores. Esses formulários serão destinados para obtenção de informações sobre: i) Perfil do produtor/pescador; ii) Infraestrutura, habitação e saúde; iii) Sistemas de produção e

comercialização; iv) Associativismo, crédito rural e assistência técnica e extensão rural; v) Características biológicas e ecológicas do pirarucu. O preenchimento do questionário levará em torno de 20 minutos para ser totalmente respondido.

O(A) Sr(a). também pode obter informações sobre esta pesquisa no Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos – REBEC (<http://www.ensaiosclnicos.gov.br/>).

Toda pesquisa com seres humanos envolve riscos aos participantes. Nesta pesquisa os riscos para Sr.(a) na etapa coleta de dados: os riscos são cansaço ou aborrecimento; invasão de privacidade. No entanto, durante os procedimentos de coleta de dados, Sr (a) estará sempre acompanhado por um dos pesquisadores, que lhe prestará toda a assistência necessária ou acionará pessoal competente para isso. As respostas do Sr (a) serão tratadas de forma anônima e confidencial, ou seja, em nenhum momento será divulgado nome em qualquer fase do estudo. Quando for necessário exemplificar determinada situação, a privacidade do Sr (a) será assegurada.

Também são esperados os seguintes benefícios com esta pesquisa: como forma de conhecer a realidade local e, então, desenvolver ações pontuais, além de fornecer base para desenvolvimento de políticas públicas que beneficiem o arranjo produtivo local do manejo comunitário do pirarucu e cadeia produtiva como um todo.

Se julgar necessário, o(a) Sr(a) dispõe de tempo para que possa refletir sobre a participação, consultando, se necessário, seus familiares ou outras pessoas que possam ajudá-los na tomada de decisão livre e esclarecida. (Resolução N° 466/12 do Conselho Nacional de Saúde).

Garantimos ao (à) Sr (a), e seu acompanhante quando necessário, o ressarcimento das despesas devido sua participação na pesquisa, ainda que não previstas inicialmente. Também estão assegurados ao (à) Sr(a) o direito a pedir indenizações e cobertura material para reparação a dano, causado pela pesquisa ao participante da pesquisa, seu filho(a). Esta indenização será custeada, por parte do pesquisador ou da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), independente da fase pesquisa. (Resolução CNS n° 466 de 2012, IV.3.h, IV.4.c e V.7).

Asseguramos ao(à) Sr(a) o direito de assistência integral gratuita devido a danos diretos/indiretos e imediatos/tardios decorrentes da participação no estudo, pelo tempo que for necessário. (Itens II.3.1 e II.3.2, da Resolução CNS n°. 466 de 2012). Garantimos ao (à) Sr(a) a manutenção do sigilo e da privacidade da participação e de seus dados durante todas as fases da pesquisa e posteriormente na divulgação científica (Item IV.3.e, da Resolução CNS n°. 466 de 2012).

O(A) Sr(a). pode entrar em contato com o pesquisador responsável Sr. Jean Felipe Silva de Abreu a qualquer tempo para informação adicional no endereço Estrada Coari Itapéua, Km 2, s/n° - Bairro Itamaraty, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM) campus Coari, pelo telefone: (92) 99418-1204, e-mail: jean.abreu@ifam.edu.br. Também pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal do Amazonas (CEP/UFAM) e com a Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), quando pertinente. O CEP/UFAM fica na Escola de Enfermagem de Manaus (EEM/UFAM) - Sala 07, Rua Teresina, 495 – Adrianópolis – Manaus – AM, Fone: (92) 3305-1181 Ramal 2004, E-mail: cep@ufam.edu.br. O CEP/UFAM é um colegiado multi e transdisciplinar, independente, criado para defender os

interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos.

Este documento (TCLE) será elaborado em duas VIAS, que serão rubricadas em todas as suas páginas, exceto a com as assinaturas, e assinadas ao seu término pelo(a) Sr(a)., e pelo pesquisador responsável, ficando uma via com cada um.

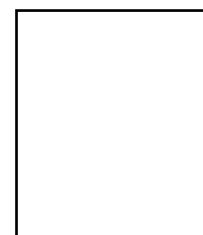
CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO

Li e concordo em participar da pesquisa.

_____ (AM), ____/____/____

Assinatura do Participante

Assinatura do Pesquisador Responsável



IMPRESSÃO DACTILOSCÓPICA

ANEXO – A



OFÍCIO N.º 2270/2024/GS/SEMA

Manaus, 24 de setembro de 2024.

Ao Senhor

Jean Felipe Silva de Abreu

Docente do Instituto Federal Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM

Estr. Coari Itapeua, s/n - Itamarati

69460-000 – Coari/AM

Assunto: Resposta ao Ofício N.º 02/2024 – NUPA/IFAM-CCO/UFAM.**Referência: Processo SIGED N.º 01.01.030101.004706/2024-01.**

Prezado Senhor,

Em resposta ao Ofício em epígrafe, referente à solicitação dos dados de contagem de pirarucu, entre os anos de 2018 a 2023, das áreas de manejo do Acordo de Pesca do Rio Copeá - Setores A e B e Acordo de Pesca do Médio e Baixo Rio Copeá, ambos no município de Coari/AM, encaminhamos a Vossa Senhoria as informações solicitadas por meio do *link* a seguir: [LAGOS DE MANEJO - PNF - DADOS DE CONTAGENS 2018 - 2023 - COARI - COPEÁ.xlsx](#)

Colocamo-nos à disposição para esclarecimentos adicionais por intermédio do Núcleo de Pesca – NUPES por intermédio do telefone (92) 3659-1834 e e-mail protocolo@sema.am.gov.br.

Atenciosamente,

Luzia Raquel Queiroz Rodrigues Said

Secretária de Estado do Meio Ambiente, em exercício

meioambiente.am.gov.br
instagram: @semaamazonas
youtube.com/semaamazonas
facebook.com/sema.amazonas

protocolo@sema.am.gov.br
Fone: (92) 3659-1822
Av. Mário Ypiranga, 3280 –
Parque 10 – Manaus/AM
CEP: 69050-030

Secretaria do
Meio Ambiente

ANEXO – B

DADOS DAS CONTAGENS DE PIRARUCU (JOVENS E ADULTOS) NO PERÍODO DA SECA - REALIZADAS ENTRE 2018 E 2023																						
Nº	LAGO	LOCALIDADE	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		2018			2019			2020			2021			2022			2023		
			Latitude (S)	Longitude (W)	Jovens	Adultos	Total/Lago	Jovens	Adultos	Total/Lago	Jovens	Adultos	Total/Lago	Jovens	Adultos	Total/Lago	Jovens	Adultos	Total/Lago	Jovens	Adultos	Total/Lago
1	Lago Marajá I	Copea - Setores A e B	03° 39' 19,1"	63° 42' 53,4"	554	288	842	849	417	1266	1007	511	1518	1617	631	2248	1469	413	1882	779	327	1106
2	Lago Cula	Copea - Setores A e B	03° 38' 50,6"	63° 44' 02,1"	4586	2052	6638	4746	2776	7522	4925	2594	7519	4781	1668	6449	4495	1554	6049	3354	1116	4470
3	Lago Preto	Copea - Setores A e B	03° 42' 31,5"	63° 42' 53,9"	244	125	369	380	224	604	1615	647	2262	1770	617	2387	1831	735	2566	2203	867	3070
4	Lago Campina	Copea - Setores A e B	03° 42' 52,7"	63° 42' 35,0"	1290	1155	2445	2733	1359	4092	5058	1956	7014	4886	1564	6450	5212	1858	7070	5611	2182	7793
5	Lago Marajá III	Copea - Setores A e B	03° 40' 05,0"	63° 44' 53,3"	381	116	497	651	240	891	1327	547	1874	372	142	514	1789	750	2539	2168	968	3136
6	Lago Parodá	Copea - Setores A e B	03° 39' 35,9"	63° 47' 32,3"	2622	1124	3746	2380	1383	3763	3378	1534	4912	4188	1508	5696	4370	1748	6118	4647	1892	6539
Sub Total Setor A e B					9677	4860	14537	11739	6399	18138	17310	7789	25099	17614	6130	23744	19166	7058	26224	18762	7352	26114
7	Lago Caxambu 1	Médio e Baixo Rio Copeá	03° 47' 14,1"	63° 43' 17,3"	0	0	0	0	0	0	21	11	32	50	22	72	21	12	33	25	0	25
8	Lago Caxambu 2	Médio e Baixo Rio Copeá	03° 47' 08,1"	63° 43' 09,8"	0	0	0	0	0	0	14	9	23	26	12	38	44	19	63	20	0	20
9	Lago Felix	Médio e Baixo Rio Copeá	03° 46' 42,8"	63° 41' 29,9"	0	113	53	166	269	148	417	688	519	1207	308	186	494	837	615	1452		
10	Lago Blaçú	Médio e Baixo Rio Copeá	03° 47' 01,1"	63° 42' 34,1"	0	21	0	21	6	6	12	13	6	19	24	9	33	17	0	17		
11	Lago Blaquinho	Médio e Baixo Rio Copeá	03° 47' 44,9"	63° 42' 13,5"	0	15	4	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	11	
12	Lago Paulino	Médio e Baixo Rio Copeá	03° 48' 08,1"	63° 39' 01,9"	0	17	14	31	23	11	34	30	8	38	0	0	0	0	24	0	24	
13	Lago Tíririca	Médio e Baixo Rio Copeá	03° 47' 03,7"	63° 37' 26,5"	0	0	0	0	247	41	288	0	0	0	54	62	116	426	506	932		
14	Lago Supriano	Médio e Baixo Rio Copeá	03° 48' 22,4"	63° 35' 49,4"	0	0	0	0	841	261	1102	80	74	154	134	183	317	1152	1320	2472		
15	Lago Bicudo	Médio e Baixo Rio Copeá	03° 48' 10,5"	63° 35' 22,8"	0	0	0	0	600	519	1119	107	43	150	190	269	459	1361	1369	2730		
16	Lago Faca	Médio e Baixo Rio Copeá	03° 47' 26,9"	63° 35' 41,9"	0	15	10	25	44	86	130	17	8	25	97	135	232	835	768	1603		
17	Lago Mucura da Lama	Médio e Baixo Rio Copeá	03° 47' 31,9"	63° 33' 47,3"	0	0	0	0	25	49	74	8	6	14	42	53	95	578	620	1198		
18	Lago Mucura do Centro	Médio e Baixo Rio Copeá	03° 47' 43,1"	63° 34' 02,8"	0	38	42	80	150	87	237	108	102	210	359	446	805	2133	2356	4489		
19	Lago Sociedade	Médio e Baixo Rio Copeá	03° 45' 53,9"	63° 31' 24,4"	0	994	1225	2219	2635	1875	4510	1196	1299	2495	3017	2162	5179	1527	637	2164		
20	Lago Taxo	Médio e Baixo Rio Copeá	03° 45' 22,4"	63° 37' 09,6"	0	0	0	0	116	34	150	57	38	95	173	197	370	1446	1243	2689		
21	Lago Igarapé-Açú	Médio e Baixo Rio Copeá	03° 45' 27,3"	63° 35' 29,0"	0	0	0	0	247	77	324	9	5	14	132	137	269	725	745	1470		
22	Lago Curari Grande	Médio e Baixo Rio Copeá	03° 42' 05,5"	63° 34' 05,8"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
23	Lago Cavaquinho	Médio e Baixo Rio Copeá	03° 42' 52,4"	63° 39' 09,4"	0	83	100	183	152	177	329	232	270	502	227	393	620	360	316	676		
24	Lago Taboca	Médio e Baixo Rio Copeá	03° 42' 28,6"	63° 36' 57,3"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
25	Lago da Orelha	Médio e Baixo Rio Copeá	03° 40' 33,8"	63° 35' 52,3"	0	8	2	10	6	4	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
26	Lago da Onça	Médio e Baixo Rio Copeá	03° 38' 11,9"	63° 35' 12,3"	0	412	287	699	614	535	1149	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
27	Lago Timbó	Médio e Baixo Rio Copeá	03° 37' 56,9"	63° 39' 42,3"	0	2	2	4	6	1	7	9	6	15	12	8	20	14	26	40		
Sub Total					0	0	0	1718	1739	3457	6016	3931	9947	2630	2418	5048	4834	4271	9105	11491	10521	22012
DADOS DO RELATÓRIO					14.537			21.595			35.046			28.792			35.329			48.126		