



UFAM

Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Programa de Pós-Graduação em Ciências Pesqueiras nos Trópicos – PPG-CIPET



**A influência dos componentes da paisagem sobre a abundância de pirarucu
(*Arapaima gigas*) em áreas de manejo.**

Jean Felipe Silva de Abreu

Manaus – AM

2019

Universidade Federal do Amazonas – UFAM
Programa de Pós-Graduação em Ciências Pesqueiras nos Trópicos – PPG-CIPET

**A influência dos componentes da paisagem sobre a abundância de pirarucu
(*Arapaima gigas*) em áreas de manejo.**

Jean Felipe Silva de Abreu

Área de Concentração: Uso Sustentável de Recursos Pesqueiros Tropicais

Linha de Pesquisa: Ecologia de Recursos Pesqueiros e Ambiente

Orientadora: Dra. Kedma Cristine Yamamoto

Co-orientador: Dr. Carlos Edwar de Carvalho Freitas

Manaus – AM

2019

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

A162i Abreu, Jean Felipe Silva de
A influência dos componentes da paisagem sobre a abundância de pirarucu (*Arapaima gigas*) em áreas de manejo. / Jean Felipe Silva de Abreu. 2019
51 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Kedma Cristine Yamamoto
Coorientador: Carlos Edwar de Carvalho Freitas
Dissertação (Mestrado em Ciências Pesqueiras nos Trópicos) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Várzea Amazônica. 2. Manejo Sustentável. 3. Sensoriamento Remoto. 4. Classificação Supervisionada. 5. Modelo Linear Generalizado. I. Yamamoto, Kedma Cristine II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

Jean Felipe Silva de Abreu

A influência dos componentes da paisagem sobre a abundância de pirarucu (*Arapaima gigas*) em áreas de manejo.

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Pesqueiras nos Trópicos, da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Pesqueiras, na linha de pesquisa Ecologia de Recursos Pesqueiros e Ambiente, área de concentração Uso Sustentável de Recursos Pesqueiros Tropicais. Orientadora: Dra. Kedma Cristine Yamamoto, Co-orientador: Dr. Carlos Edwar de Carvalho Freitas.

Aprovado em 25 de Outubro de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof(a). Dra. Kedma Cristine Yamamoto
Universidade Federal do Amazonas (Presidente - UFAM)

Prof(a). Dr(a). Suzy Cristina Pedroza da Silva
Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Prof(a). Dr(a). Suelen Miranda dos Santos
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)

MANAUS-AM

2019

*“Aos meus avós Ana Tereza Ponciano e
Hilário Ramiro de Abreu (in memoriam) e
Aldacy Silva de Andrade e Bento Paixão da
Silva ”*

AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente à Deus, ser supremo que com toda sua sabedoria sempre me guiou e está sempre presente em todos os momentos da minha vida;

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Pesqueiras nos Trópicos (PPG-CIPET) da Universidade Federal do Amazonas, que me proporcionou a oportunidade de aprimorar meus conhecimentos técnicos, em especial à minha Orientadora Professora Dra. Kedma Cristine Yamamoto e ao meu Co-orientador Professor Dr. Carlos Edwar de Carvalho Freitas, e todos os demais docentes do PPG-CIPET;

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM) *campus* Coari, minha atual família, em especial aos amigos e colegas de profissão: Bruna, Lili, Robson, Dinho, Marcos Cione, entre outros, que sempre me apoiaram para conclusão de mais essa etapa;

Ao Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas (IDAM), no qual sempre se fez presente na minha formação profissional e que disponibilizou a infraestrutura para que pudéssemos desenvolver este estudo e que me proporcionou amigos que sempre pude contar Alfeu, Bosco, Rolim, Hélio, Levy, Claudiomar, Fredson e Zé Maria;

À Associação dos Povos Indígenas Tikunas do Paraná do Dururuá (APITPAD), que abriram as portas da comunidade, e foi possível desenvolver este estudo, em especial aos amigos e comunitários, Francely, Igson, Birico, Adalberto, Paulo, João, Adailton, Matias, Aminadab, Bernardo, e todos das comunidades do Paraná do Dururuá;

É com carinho muito especial que eu agradeço ao meu pai, Hilário Ramiro de Abreu Filho e minha mãe Francisca Ramos da Silva, pois são as pessoas mais importantes da minha vida, que continuamente me incentivam e me direcionam, agradeço cada conselho e “puxão de orelha” que me deram e é com emoção que digo que amo muito vocês dois;

Às minhas irmãs, Kellen Silva de Abreu e Thayse Silva de Abreu, que sempre estiveram ao meu lado, que nossa cumplicidade seja para toda a vida, e que me deram sobrinhos lindos, “tio ama muito”, Kazuto, Matheus, Grazy, Ana Laysa e Juan Pablo. Juntos sabemos o significado da palavra “Família”;

Ao meu filho e fiel amigo de quatro patas, Nicolas Abreu, papai ama muito (*Lembro quando eu roubava você da “senzala” na madrugada e levava pro quarto, sem sua Vó perceber, pois sempre foi acostumado a dormir de costela com o papai... rs*);

Á todos meus familiares, tios e tias, primos e primas, que apesar de todas as nossas brigas e indiferenças, coisa normal em toda família, sabemos nos perdoar sempre, pois isso nos foi herdados. (Obs.: *não citarei os nomes, pois não caberiam em apenas uma só lauda*);

Aos meus amigos da Faculdade de Engenharia de Pesca da UFAM, em especial ao Departamento de Inteligência da Pesca (DIP), Flávio (*Smigol*), João Paulo (*Tchê*), Lorenzo (*Loro*), Diogo (*Jack*), Paulo (*Iguana*), Aline Telles (*Bebê*), quantos bons momentos nos passamos juntos, hoje ficam as estórias e lembranças daqueles anos que passamos, apesar de trilharmos caminhos distintos, sempre fazemos questão de estarmos juntos, tenho muito carinho por cada um de vocês;

Aos amigos e colegas do PPG-CIPET, Damy, Diego, Marcos, Octávio, Davison, Raoni, Sarah entre outros, que todos possamos chegar aos nossos objetivos e concluir mais essa etapa profissional, desejo boa sorte a todos;

É com muita emoção e carinho que eu agradeço a cada um de vocês, saibam que todos fizeram e/ou fazem parte de momentos especiais em minha vida, meu muito obrigado.

Jean Felipe Silva de Abreu

*“Eu sou a semente mais pura que papai plantou
Regado por velhos costumes que vovô deixou
Regendo um futuro com mais união
Um alegre canto num só tom
Marcando no surdo as batidas de um coração*

*Eu fui abraçado com a benção que mamãe rogou
Na boca o gosto do doce que a vó cozinhou
Ganhei no sangue um toque de azul
Nos dedos leveza e inspiração
Pra compor meu destino, vou que vou”*

Do jeito que eu sou, (Diogo Nogueira)

RESUMO:

Além da sobrepesca, a degradação dos ambientes de várzea por atividades antrópicas, a utilização de indivíduos selvagens na aquicultura, as mudanças climáticas e a construção de hidrelétricas também ameaçam as populações de pirarucu na Amazônia. Sabe-se da importância de se conhecer os efeitos da heterogeneidade ambiental sobre as assembleias de peixes, pois existe uma relação intrínseca entre a ictiofauna e seus habitats, uma vez que deles retiram os recursos necessários para sua sobrevivência, crescimento e reprodução. O desenvolvimento de novas abordagens metodológicas proporcionam outras formas de se avaliar as variáveis ambientais. Os componentes da paisagem possibilitam a caracterização do ambiente, podendo ser estudados no espaço e no tempo por meio do sensoriamento remoto. O presente estudo procura verificar se, os componentes da paisagem dos lagos de várzea Amazônica influenciam na abundância do pirarucu. A abundância foi aferida por meio do método de contagem do pirarucu, realizada durante o período de seca (setembro), estimada em 7 lagos de várzea com categoria de manejo. A abundância do pirarucu foi correlacionada com os componentes da paisagem: (i) água aberta, (ii) macrófitas, (iii) floresta inundada e (iv) floresta não inundada, estimados durante a cheia (maio/julho). Foi identificada a resposta espectral de cada alvo, que auxiliou na classificação supervisionada utilizando o algoritmo de máxima verossimilhança, possibilitando a elaboração dos mapas de ocupação e uso do solo, entre os anos de 2013 e 2018. A área de cada componente da paisagem foi medida após a criação de uma área de influência que correspondeu a um buffer de 100 metros distância, entre o limiar de água e vegetação, para cada lago estudado. Os dados foram analisados utilizando um modelo linear generalizado, considerando a abundância total do pirarucu como variável dependente e área de água aberta, macrófita, floresta inundada e floresta não inundada como variáveis independentes. Nossa análise identificou a influência dos componentes da paisagem na abundância do pirarucu em lagos da planície aluvial Amazônica. No modelo ajustado (pseudo- R^2 0,64; $p < 0,05$) explica 64% da influência das variáveis, água aberta, macrófita e floresta inundada na abundância do pirarucu. Por fim, a conservação dos componentes da paisagem das planícies inundadas da várzea amazônica é de extrema importância para manutenção das populações de pirarucu. Nossos resultados podem corroborar com o zoneamento participativo e a adequação da legislação ambiental vigente que estabelece diretrizes para o manejo sustentável do pirarucu na Amazônia.

Palavras-chave: Várzea Amazônica. Manejo Sustentável. Sensoriamento Remoto. Classificação Supervisionada. Modelo Linear Generalizado.

ABSTRACT:

In addition to overfishing, the degradation of floodplain environments by anthropic activities, the use of wild individuals in aquaculture, climate change and the construction of hydroelectric dams also threaten pirarucu populations in the Amazon. It is well known the importance of knowing the effects of environmental heterogeneity on fish assemblages, as there is an intrinsic relationship between the ichthyofauna and their habitats, since they derive the resources necessary for their survival, growth and reproduction. The development of new methodological approaches provide other ways of assessing environmental variables. Landscape components enable the characterization of the environment and can be studied in space and time through remote sensing. The present study seeks to verify if the landscape components of the Amazonian floodplain lakes influence the abundance of pirarucu. The abundance was measured by the pirarucu counting method, performed during the dry season (September), estimated in 7 floodplain lakes with management category. Pirarucu abundance was correlated with landscape components: (i) open water, (ii) macrophytes, (iii) flooded forest and (iv) non-flooded forest, estimated during the flood (May/July). It was identified the spectral response of each target, which assisted in the supervised classification using the maximum likelihood algorithm, allowing the elaboration of the land use and occupation maps between 2013 and 2018. The area of each landscape component was measured. After the creation of an area of influence that corresponded to a buffer of 100 meters distance, between the water and vegetation threshold, for each lake studied. Data were analyzed using a generalized linear model, considering total pirarucu abundance as the dependent variable and open water area, macrophyte, flooded forest and non-flooded forest as independent variables. Our analysis identified the influence of landscape components on pirarucu abundance in lakes of the Amazon floodplain. In the adjusted model (pseudo-R² 0.64; p <0.05) explains 64% of the influence of the variables, open water, macrophyte and flooded forest on the abundance of pirarucu. Finally, the conservation of landscape components of the floodplains of the Amazon floodplain is extremely important for the maintenance of pirarucu populations. Our results can corroborate the participatory zoning and the adequacy of the current environmental legislation that establishes guidelines for the sustainable management of pirarucu in the Amazon.

Keywords: Amazon Floodplain. Sustainable management. Remote sensing. Supervised Classification. Generalized Linear Model.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 01.** Mapa de localização da área de estudo que compreende o Acordo de Pesca do Paraná do Dururuá, as comunidades São José e São Miguel localizadas no município de Coari, Amazonas, Brasil. 26
- Figura 02.** Classificação supervisionada (MAXVER) para imagens LANDSAT-8 da área de estudo entre os anos 2013 a 2018. Figura 02. (A) Imagem para o ano 2013; (B) ano de 2014; (C) ano de 2015; (D) ano de 2016; (E) ano de 2017 e (F) ano de 2018. Composição da Imagem (R5G4B3), Datum WGS84, UTM 20N. 30
- Figura 03.** Gráfico de dispersão, (A) abundância do pirarucu X água aberta, (B) abundância do pirarucu X macrófita e (C) abundância do pirarucu X floresta inundada. Linha de tendência para o modelo ajustado, com as variáveis independentes significativas, linha em azul referente à regressão e em cinza o intervalo de confiança a 95%. 31

LISTA DE TABELAS

- Tabela 01.** Ambientes aquáticos categorizados como lagos de manejo, localizados na área do Acordo de Pesca do Paraná do Dururuá, a tabela contém os nomes dos lagos, as coordenadas geográficas (datum WGS84), o setor e sua categoria de uso. 27
- Tabela 02.** Contagens do pirarucu (indivíduos adultos e juvenis) realizadas durante os anos de 2013 a 2018, nos lagos com categoria de manejo dentro da área do Acordo de Pesca do Paraná do Dururuá, localizado no município de Coari, Amazonas, Brasil. 29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Água Aberta
AM	Amazonas
APITPAD	Associação dos Povos Indígenas Tikunas do Paraná do Dururuá
EG	Exatidão Global
FI	Floresta Inundada
FNI	Floresta Não Inundada
GPS	Global Position System/Sistema de Posicionamento Global
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IK	Índice Kappa
IUCN	União Internacional para a Conservação da Natureza
LANDSAT	Land Remote Sensing Satellite/Satélite de Sensoriamento Remoto Terrestre
MA	Macrófita
MAXVER	Máxima Verossimilhança
MLG	Modelos Lineares Generalizados
OLI	Operacional Land Imager/Imageamento Operacionais de Terreno
RDS	Reserva de Desenvolvimento Sustentável
RTAA	Relatórios Técnicos Anuais de Atividades
TIRS	Thermal Infrared Sensor/Sensor Infravermelho Térmico
USGS	United States Geological Survey/Pesquisa Geológica dos Estados Unidos
UTM	Universal Transversa de Mercator/Transversa Universal de Mercator
VIF	Variance Inflation Factor/Fator de Inflação de Variação
WGS84	World Geodetic System 1984/Sistema Geodésico Mundial

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	15
1.1. Biologia e Ecologia do Pirarucu (<i>Arapaima gigas</i>)	15
1.2. Legislação e Manejo Comunitário do Pirarucu	16
1.3. As Características Ambientais e o Sensoriamento Remoto na Várzea Amazônica	17
2. HIPÓTESE	20
3. OBJETIVOS	21
3.1. Objetivo Geral	21
3.2. Objetivos Específicos	21
4. CAPÍTULO I – INFLUÊNCIA DOS COMPONENTES DA PAISAGEM NA ABUNDÂNCIA DO PIRARUCU (<i>Arapaima gigas</i>) EM ÁREAS DE MANEJO	22
4.1. INTRODUÇÃO	23
4.2. MATERIAL E MÉTODOS	25
4.3. RESULTADOS	28
4.4. DISCUSSÃO	31
4.5. CONCLUSÃO	36
5. CONCLUSÃO GERAL	37
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

ORGANIZAÇÃO GERAL DO TRABALHO

O presente estudo foi desenvolvido na localidade denominada Paraná do Dururuá, distante 24,5 km em linha reta da sede do município de Coari, região do médio Solimões, Amazonas. Estão inseridas nesta localidade as comunidades São José (03°53'24,5"S e 63°02'07,9"W) e São Miguel (03°52'47,4"S e 63°01'06,9"W), onde foi implementado o Acordo de Pesca do Paraná do Dururuá, formalizado pela Associação dos Povos Indígenas Tikunas do Paraná do Dururuá (APITPAD) e regulamentado pela IN N° 01, de 31 de março de 2016, da Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA), gerido através do co-manejo do pirarucu. A área de manejo é de 2.356,7 hectares, subdivididos em dois setores (setor 1 e 2), contendo 24 lagos, divididos em três categorias de uso, onde nove (09) são lagos de manejo, seis (06) são lagos de procriação e nove (09) são lagos de manutenção/subsistência.

O objetivo do estudo foi avaliar a relação da abundância do pirarucu (*Arapaima gigas*) com os componentes da paisagem da planície inundada da várzea Amazônica, com finalidade de ressaltar a importância da conservação dos habitats de várzea para a manutenção das populações de pirarucu, além de corroborar com informações técnicas para elaboração dos zoneamentos participativos e categorização dos lagos de várzea, além da adequação da legislação ambiental que estabelece diretrizes para o manejo sustentável do pirarucu.

Foram desenvolvidas questões que relacionam os componentes da paisagem (nova forma de abordagem metodológica para caracterização ambiental, utilizando a assinatura espectral dos alvos, técnicas de correção atmosféricas e sensoriamento remoto) com a abundância do pirarucu em área manejada nas planícies de inundadas da Amazônia.

Esta dissertação foi constituída com finalidade gerar o artigo científico denominado **INFLUÊNCIA DOS COMPONENTES DA PAISAGEM NA ABUNDÂNCIA DE PIRARUCU (*Arapaima gigas*) EM ÁREA DE MANEJO**, que será submetido à Revista Internacional Fisheries Management and Ecology.

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1 Biologia e Ecologia do Pirarucu (*Arapaima gigas*)

Pertencente à família Arapaimatidae, o pirarucu é considerado o maior peixe de escama do mundo encontrado em ambiente de água doce, podendo chegar a medir até três metros de comprimento e pesar mais de 200 kg (QUEIROZ, 2000). Possui uma ampla distribuição, habitando principalmente as planícies inundadas na Bacia do Rio Amazonas, incluindo florestas alagadas, rios, lagos e algumas drenagens costeiras do Brasil (CASTELLO et al., 2008a; ARANTES et al., 2010; CASTELLO et al., 2013).

O pirarucu é uma espécie carnívora (SÁNCHEZ, 1969; LOWEL-MCCONNEL, 1987). Segundo Queiroz (2000) a espécie alimenta-se de vertebrados (principalmente peixes), ainda na forma jovem pode se alimentar de pequenos invertebrados (insetos, crustáceos e moluscos). Diversos são os estudos realizados sobre a alimentação do pirarucu (SÁNCHEZ, 1969; JUNK, 1984; CASTELLO; STEWART, 2010). Os principais itens alimentares consumidos pelo pirarucu são encontrados nas zonas submersas das raízes das macrófitas aquáticas (JUNK, 1984; PETRY; BAYLEY; MARKLE, 2003; HERCOS et al., 2012). Sendo os bancos de macrófitas e capins flutuantes utilizados como locais de alimentação, berçários e esconderijos contra predadores (JUNK; FURCH, 1993; SÁNCHEZ-BOTERO; ARAÚJO-LIMA, 2001; SCHIESARI et al., 2003; LOPES et al., 2011; BULLA et al., 2011).

Segundo Fontenelle (1948), o pirarucu não aparenta dimorfismo sexual. Durante o período reprodutivo, a espécie apresenta um dicromatismo sexual, quando é possível diferenciar os indivíduos machos das fêmeas, por sua coloração avermelhada característica (LOPES; QUEIROZ, 2009). Existe uma correlação entre a biologia reprodutiva do pirarucu com a flutuação do nível das águas, em virtude da diversidade de habitats aquáticos utilizados pela espécie (QUEIROZ, 2000; CASTELLO, 2008a; ARANTES et al., 2013; ARANTES et al., 2017). Além do que seu ciclo reprodutivo é bastante longo e complexo, sendo necessária desde a formação de casais ao cuidado parental (QUEIROZ, 2000). O pirarucu atinge a maturidade sexual entre quatro e cinco anos de idade, pesando entre 40 e 45 kg e medindo 165-168 cm de comprimento total (QUEIROZ, 2000; LOPES; QUEIROZ, 2009; COUTINHO, 2008; ARANTES et al., 2010).

Considerada uma espécie sedentária, pouco se conhece sobre o deslocamento longitudinal do pirarucu (QUEIROZ, 2000). Entretanto, estudos recorrentes descreveram seus deslocamentos laterais ao longo das planícies inundadas da várzea Amazônica (LOWE-MCCONNEL, 1964; JUNK et al., 1984; FERNANDEZ, 1997; CASTELLO, 2008a; CASTELLO; STEWART; ARANTES, 2013). Queiroz (2000) verificou uma dispersão média

de 13,7 km/ano para o pirarucu, utilizando metodologia de marcação e recaptura, entretanto os dados foram inconclusivos em virtude da pequena quantidade de indivíduos recapturados pelo pesquisador. Utilizando uma abordagem genética para avaliar a dispersão do pirarucu, Araripe et al., (2013) observaram uma diferenciação genética entre os estoques separados por cerca de 100 km nos ambientes de várzea, o que corrobora com o padrão de sedentarismo do pirarucu.

Os deslocamentos laterais do pirarucu foram descritos detalhadamente e estão diretamente relacionados ao seu ciclo reprodutivo (CASTELLO, 2008 a e b). Durante o período de águas baixas (seca) nos ambientes lacustres das planícies inundadas de várzea, os pirarucus adultos formam os casais. Com o início da enchente (novembro/dezembro), eles constroem seus ninhos a beira da floresta de restinga, nas proximidades dos lagos. Após a construção dos ninhos as fêmeas depositam os ovócitos e os machos os fertilizam, o período de incubação dura cerca de uma semana, o casal se reveza na proteção e oxigenação dos ovos até sua eclosão. Após o nascimento das larvas, as fêmeas deixam os ninhos, e os machos se encarregam de cuidar das proles pelos próximos três meses. O cuidado parental é marcado pela natação das larvas nas proximidades da cabeça do macho. O deslocamento para os ambientes de florestas inundadas, chavascas e restingas se dá no período de cheia (abril/junho), caracterizado pelo fato de que grande parte dos itens alimentares disponíveis ser encontrada entre a floresta inundada e os bancos de macrófitas aquáticas. Com a vazante, os adultos se separam dos juvenis (que já medem cerca de 30 a 50 cm de comprimento total), e ambos começam a retornar para os ambientes lacustres. Permanecem nos lagos durante o final da vazante e novo período de seca, dando fim à migração lateral, onde os adultos reiniciam um novo ciclo reprodutivo (CASTELLO, 2008 a e b).

1.2 Legislação e Manejo Comunitário do Pirarucu

O pirarucu representa um dos mais importantes recursos pesqueiros na região norte, devido ao sabor singular de sua carne e do seu alto valor comercial (MURRIETA, 2001; CASTELLO; STEWART, 2010). Características que impulsionaram a práticas de pesca insustentáveis, impactando diretamente nas populações, que demonstraram sinais claros de sobrepesca (BAYLEY; PETRERE, 1989; SANTOS; SANTOS, 2005; VIANA et al., 2007; CASTELLO et al., 2013). O que levou a espécie a ser inserida na Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) (ARANTES et al., 2010; CASTELLO; STEWART, 2010). Medidas administrativas foram estabelecidas para reduzir a pressão da pesca sobre os estoques naturais. Após a criação do Instituto Brasileiro de

Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), se estabeleceu o tamanho mínimo de captura (150 cm) e alteração do período de defeso para (1º de dezembro a 31 de maio), através da Portaria nº 9, 20 de dezembro de 1989 e Portaria nº 48, de 4 de março de 1991, respectivamente.

A sobre-exploração dos estoques e a proibição da captura incentivaram ao desenvolvimento de novas alternativas para o uso dos recursos pesqueiros, originando os chamados “Acordos de Pesca” (MCGRATH et al., 1993; CASTRO, 2000; ALMEIDA; LORENZEN; MCGRATH, 2003; CASTELLO et al., 2009). Os acordos de pesca são sistemas de ordenamentos pesqueiros locais constituídos com a participação direta dos comunitários (MCGRATH et al., 1993; SANTOS; SANTOS, 2005). Consiste em estabelecer regras locais de acesso aos recursos, zoneamento dos ambientes aquáticos através de mapeamento participativo, período de captura e apetrechos utilizados, além da forma de uso dos recursos, visando à conservação dos habitats e da biodiversidade (QUEIROZ, 2005; MCGRATH et al., 2008; ALMEIDA; LORENZEN; MCGRATH, 2009). Por se tratar de um importante instrumento para redução de conflitos, o IBAMA através de IN N° 29, de 31 de dezembro de 2002, regulamentou os procedimentos para criação dos acordos de pesca no Amazonas.

O sistema de co-manejo do pirarucu teve início em 1999 na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Mamirauá (RDS-Mamirauá) (VIANA et al., 2007). A ideia para o manejo do pirarucu partiu dos próprios comunitários que sugeriram um rodízio dos lagos existente na área da reserva (VIANA et al., 2007). Foi considerado um grande avanço no ordenamento pesqueiro e na conservação do pirarucu na Amazônia (CASTELLO et al., 2009). O sucesso obtido nesse sistema está atribuído à efetiva participação dos comunitários no processo, além da exploração racional dos recursos e o comprometimento pela conservação da espécie, unificando o conhecimento tradicional ao científico. Os resultados foram à redução da pressão da pesca sobre os estoques naturais e aumento da renda das famílias envolvidas (VIANA et al., 2007; AMARAL, 2009; CASTELLO et al., 2009; ARANTES et al., 2010).

1.3 As Características Ambientais e o Sensoriamento Remoto na Várzea Amazônica

A caracterização dos ambientes aquáticos pode ser realizada através de seus parâmetros morfológicos, morfométricos, biológicos e limnológicos, podendo ser analisadas em uma variedade de escalas temporais e espaciais, ou de uma combinação entre elas (BAIN; HUGHES; AREND, 1999). Há uma relação direta entre as assembleias de peixes e seus habitats, pois é de onde retiram os recursos necessários para sua sobrevivência, crescimento e

reprodução (BROWN, 1984). Estudos relacionados às características ambientais que influenciam na distribuição e abundância dos peixes foram realizados por (NELSON et al., 1992; PORTER et al., 2000; JOWETT; RICHARDSON, 2003; ROWE; PIERCE; WILTON, 2009; ARANTES et al., 2010; FREITAS et al., 2018).

Uma caracterização comumente utilizada dos ambientes aquáticos está relacionadas a variáveis abióticas (oxigênio, pH, temperatura, condutividade) e biótica (presença de macrófitas aquáticas). Estudos de caracterização ambiental que abordaram a qualidade da água e a distribuição espacial de macrófitas aquáticas foram realizados por (NOVO; SHIMABUKURO, 1994; HESS et al., 1995; NOVO; SHIMABUKURO, 1997; PETRY; BAYLEY; MARKLE, 2003; NOVO; PEREIRA; MELACK, 2004; COSTA, 2005; BARBOSA, 2005; NOVO et al., 2006; COSTA; TELMER, 2006; SÁNCHEZ-BOTERO; ARAÚJO-LIMA; GARCEZ, 2008; SILVA; COSTA; MELACK, 2010; ARRAUT et al., 2010; RICHARD et al., 2018). O conhecimento dos efeitos da heterogeneidade dos ambientes de várzea Amazônica sobre a abundância dos peixes, principalmente os que são manejados é de grande importância para o ordenamento pesqueiro (BAYLEY; PETRERE, 1989; GOULDING; SMITH; MAHAR, 1996; BARTHEM; FABRÉ, 2004).

Novas abordagens metodológicas para avaliar as planícies inundadas da várzea Amazônica têm sido utilizadas, principalmente as que fazem uso de imagens de satélites proveniente do sensoriamento remoto. (SIQUEIRA et al., 2000; RICHEY et al., 2002; COSTA et al., 2002; HESS et al., 2003; MELACK, 2004; ARRAUT et al., 2010; HAWES et al., 2012; ARNESEN et al., 2013; MELACK; COE, 2013; HESS et al., 2015). O estudo dos componentes da paisagem possibilita caracterizar o ambiente através de imagens multiespectrais (TURNER et al., 2003). Os componentes da paisagem podem ser identificados e quantificados, permitindo a elaboração de mapas de ocupação do uso solo e cobertura vegetal. Pode-se utilizar de uma diversidade de classes dos componentes da paisagem, tais como, água aberta, macrófita, floresta inundada, floresta não inundada, solo exposto, áreas agrícolas, vegetação arbustiva, entre outros. (HESS et al., 2003; NAKAEGAWA, 2012; JUNK et al., 2011; HESS et al., 2015). Bem como, possibilita avaliar a relação entre os componentes da paisagem e as assembleias de peixes. Estudos relacionados à distribuição das comunidades de peixes e os componentes da paisagem foram realizados por (ARANTES et al., 2010; LOBÓN-CERVIÁ et al., 2015; AFFONSO, 2012; ARANTES et al., 2017; FREITAS et al., 2018).

Ainda são necessários ampliar os estudos para melhor compreendermos a existência de padrões no comportamento das populações de pirarucu. Segundo Arantes et al., (2010) a

abundância do pirarucu está relacionada com a profundidade, conectividade e disponibilidade de área dos ambientes aquáticos. No estudo realizado por Affonso (2012) verificou-se que as densidades são influenciadas por variáveis ambientais e pela duração do período de inundação. É evidente a importância de entendermos a relação entre as populações de pirarucu e o ambiente. Uma vez que a espécie apresenta variações locais de suas características populacionais (ARANTES; CASTELLO, 2014). Diante disso, nossa pesquisa investiga a relação da abundância do pirarucu com os componentes da paisagem dos lagos de várzea da planície inundada Amazônica.

2. HIPÓTESE

O nosso estudo procura contribuir com informações a cerca da relação da abundância do pirarucu com os componentes da paisagem, utilizando-os para a caracterização ambiental das planícies inundadas da várzea Amazônica, através do uso de sensoriamento remoto, aplicando técnicas de correção atmosférica e classificação supervisionada para identificar os componentes da paisagem. Consideramos H0: A abundância do pirarucu não é influenciada pelos componentes da paisagem dos lagos de várzea Amazônica.

3. OBJETIVOS

3.2. Objetivo Geral

Avaliar a relação da abundância do pirarucu (*Arapaima gigas*) com os componentes da paisagem dos lagos de várzea da planície inundada Amazônica.

3.3. Objetivos Específicos

Identificar os componentes da paisagem dos lagos de várzea da planície inundada Amazônica, utilizando sensoriamento remoto, técnicas de correção atmosférica e classificação supervisionada.

Analisar se os componentes da paisagem dos lagos de várzea da planície inundada Amazônica influenciam na abundância do pirarucu.

4. CAPÍTULO I

INFLUÊNCIA DOS COMPONENTES DA PAISAGEM NA ABUNDÂNCIA DE PIRARUCU (*Arapaima gigas*) EM ÁREAS DE MANEJO

Jean Felipe Silva de ABREU ¹

Carlos Edwar de Carvalho FREITAS ²

Kedma Cristine YAMAMOTO ²

¹ Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas;

² Departamento de Ciências Pesqueiras da Universidade Federal do Amazonas;

RESUMO

O presente estudo procura verificar se componentes da paisagem dos lagos de várzea Amazônica influenciam na abundância do pirarucu. A abundância foi estimada por contagens em sete lagos de várzea com categoria de manejo durante o período de seca e correlacionado com os componentes da paisagem: (i) água aberta, (ii) macrófitas, (iii) floresta inundada e (iv) floresta não inundada, no período da cheia. Os componentes da paisagem foram estimados com auxílio de uma classificação supervisionada e posteriormente a criação de uma área de influência. Os dados foram analisados utilizando um modelo linear generalizado e tem a abundância total do pirarucu como variável dependente e as áreas de água aberta, macrófita, floresta inundada e floresta não inundada como variáveis independentes. Nosso modelo ajustado (pseudo-R² 0,64; p < 0,05) explica 64% da influência das variáveis, água aberta, macrófita e floresta inundada na abundância do pirarucu. A conservação dos componentes da paisagem das planícies inundadas da várzea amazônica é de extrema importância para manutenção das populações de pirarucu.

Palavras-chave: Várzea Amazônica. Manejo Sustentável. Co-Gestão. Sensoriamento Remoto. Classificação Supervisionada. Modelo Linear Generalizado.

4.1. INTRODUÇÃO

O *Arapaima gigas* (SCHINZ, 1822) é uma espécie endêmica da bacia amazônica, que habita planícies alagadas, lagos de várzea e florestas inundadas (QUEIROZ, 2000; CASTELLO, 2008a; ARANTES et al., 2010). Representa um dos mais importantes recursos pesqueiros na região norte, devido ao sabor de sua carne e do seu alto valor comercial (MURRIETA, 2001; CASTELLO; STEWART, 2010). Essas características impulsionaram práticas de pesca insustentáveis na maior parte da Amazônia, levando a espécie a ser inserida na Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) (CASTELLO, 2008a; ARANTES et al., 2010; CASTELLO; STEWART, 2010; CASTELLO et al., 2013). Não somente a sobrepesca, a utilização de indivíduos selvagens na aquicultura e a degradação dos habitats também ameaçam as populações de pirarucu (SANTOS; SANTOS, 2005; VIANA et al., 2007; CASTELLO et al., 2013; CASTELO; STEWART, 2010).

A pesca do pirarucu era uma importante fonte de renda para as famílias ribeirinhas em muitas regiões da Amazônia (QUEIROZ, 2000; VIANA et al., 2007). O declínio das populações de pirarucu (ISAAC; RUFFINO; MCGRATH, 1998; CASTELLO; STEWART, 2010), levou a busca por novas alternativas para conservação deste recurso, o que deu origem à primeira iniciativa de co-manejo participativo de base comunitária, através dos chamados “acordos de pesca” (MCGRATH et al., 1993; ALMEIDA; LORENZEN; MCGRATH, 2003; CASTELLO, 2007; VIANA et al., 2007; MCGRATH et al., 2008; CASTELLO et al., 2009; CASTELLO et al., 2013). Os acordos de pesca são sistemas locais de ordenamento pesqueiro constituídos com a participação direta dos comunitários (MCGRATH et al., 1993; MCGRATH et al., 2008; SANTOS; SANTOS, 2005). Os atores envolvidos estabelecem regras locais de acesso ao recurso e o zoneamento dos ambientes aquáticos através do mapeamento participativo, visando à conservação dos habitats e da biodiversidade (QUEIROZ, 2005; MCGRATH et al., 2008; ALMEIDA; LORENZEN; MCGRATH, 2009), norteados por bases técnicas-científicas e pelo conhecimento tradicional (QUEIROZ, 2005).

As ações de conservação do meio ambiente pelos ribeirinhos se mostram duradouras quando há existência de benefícios concretos, tais como a melhoria da qualidade de vida nas comunidades (QUEIROZ, 2005). O sistema de manejo comunitário desenvolvido na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Mamirauá (RDS Mamirauá) é considerado um grande avanço na conservação do pirarucu na Amazônia (CASTELLO et al., 2009; CASTELLO et al., 2013). Estudos indicam recuperação significativa das populações de pirarucu nos ambientes manejados (ARANTES; GARCEZ; CASTELLO, 2006; CASTELLO et al., 2009;

CASTELLO; STEWART; ARANTES, 2011; CAMPOS-SILVA; PERES, 2016), assim como aumento da renda per capita das famílias envolvidas (VIANA et al., 2004; ARANTES; GARCEZ; CASTELLO, 2006; VIANA et al., 2007; CASTELLO et al., 2009; CASTELLO; STEWART; ARANTES, 2011). Os resultados obtidos em Mamirauá incentivaram a criação de novos acordos de pesca para o manejo comunitário do pirarucu em diferentes regiões da Amazônia Legal.

O aumento da exploração e do esforço de pesca não são os únicos fatores que influenciam na abundância dos recursos pesqueiros. Estudos relacionados às características ambientais influenciando na abundância de peixes foram realizados por (NELSON et al., 1992; PORTER; ROSENFELD; PARKINSON, 2000; JOWETT; RICHARDSON, 2003; ROWE; PIERCE; WILTON, 2009). Outros estudos indicaram a relação das variações abióticas e bióticas na distribuição de peixes nas planícies inundadas da Amazônia (GOULDING, 1980; SÁNCHEZ-BOTERO; ARAÚJO-LIMA, 2001; THOMAZ; CUNHA, 2010). A importância de se conhecer os efeitos decorrentes da heterogeneidade ambiental sobre a abundância dos peixes já foi estudado por (BAYLEY; PETRERE, 1989; GOULDING; SMITH; MAHAR, 1996; BARTHEM; FABRÉ, 2004). O conhecimento gerado deve ser utilizado para a conservação da ictiofauna e aprimoramento da legislação ambiental aplicada à administração dos recursos pesqueiros (HALL; ALVERSON; METUZALS, 2000; LEYEQUIEN et al., 2007).

A caracterização dos ambientes aquáticos pode ser realizada utilizando parâmetros de sua estrutura morfológica, morfométrica, biológica e limnológica (BAIN; HUGHES; AREND, 1999). Estudos de caracterização ambiental que abordaram à qualidade da água e a distribuição espacial de macrófitas aquáticas foram realizados por (NOVO; SHIMABUKURO, 1994; HESS et al., 1995; NOVO; SHIMABUKURO, 1997; PETRY; BAYLEY; MARKLE, 2003; NOVO; PEREIRA; MELACK, 2004; COSTA, 2005; BARBOSA, 2005; NOVO et al., 2006; COSTA; TELMER, 2006; SÁNCHEZ-BOTERO; ARAÚJO-LIMA; GARCEZ, 2008; SILVA; COSTA; MELACK, 2010; ARRAUT et al., 2010). Contudo ainda é necessário utilizar de novas abordagens metodológicas para se conhecer e avaliar as variáveis ambientais. Os componentes da paisagem possibilitam caracterizar os ambientes, e podem ser estudados através de imagens multiespectrais (TURNER et al., 2003). Atualmente o uso do sensoriamento remoto possibilita analisar a relação entre os componentes da paisagem com os peixes, e assim gerar novos conhecimentos sobre a estrutura dos habitats utilizando diversas escalas espaciais e temporais. Nas planícies inundadas da Amazônia, alguns estudos já utilizaram imagens de satélite para estudar as

assembleias de peixes (ARANTES et al., 2010; AFFONSO, 2012; FREITAS et al., 2018). Para Brown (1984) existe uma relação direta entre os peixes e seus habitats, pois deles retiram os recursos para sua sobrevivência, crescimento e reprodução.

Um entrave para o manejo sustentável do pirarucu é a falta de informações sobre as populações naturais (CASTELLO et al., 2009; CAMPOS-SILVA; HAWES; PERES, 2018). Ainda são necessários estudos para melhor compreendermos o comportamento das populações de pirarucu associados aos componentes da paisagem. Segundo Arantes et al., (2010) a abundância do pirarucu está relacionada com a profundidade, conectividade e disponibilidade de área dos ambientes aquáticos. No estudo realizado por Affonso (2012) verificou-se que as densidades são influenciadas por variáveis ambientais, duração do período de inundação. É evidente a importância de novas abordagens metodológicas para o entendimento da relação entre as populações de pirarucu e o ambiente. Já que a espécie apresenta variações locais das características populacionais (ARANTES; CASTELLO, 2014). Diante disso, nossa pesquisa investiga a influencia dos componentes da paisagem das planícies inundadas da várzea Amazônia sobre a abundância do pirarucu, utilizando imagens de satélite disponíveis gratuitamente para uso civil, assim como técnicas de correções atmosféricas e de sensoriamento remoto para a caracterização ambiental.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Paraná do Dururuá, município de Coari (AM), região do médio Solimões, onde estão localizadas as comunidades de São José (03° 53' 24,0"S e 63° 02' 07,9"W) e São Miguel (03° 52' 47,4"S e 63° 01' 06,9"W). Nesta localidade foi implementado o Acordo de Pesca do Paraná do Dururuá, regulamentado em 2016, através da gestão do co-manejo do pirarucu, em uma área total (2.356,65 hectares), subdividido em dois setores (setor 1 e 2), contendo 24 lagos, divididos em três categorias de uso, onde nove (09) são lagos de manejo, seis (06) são lagos de procriação e nove (09) são lagos de manutenção/subsistências. Para o nosso estudo foram selecionados sete (07) lagos de manejo, apresentados na (Tabela 1).

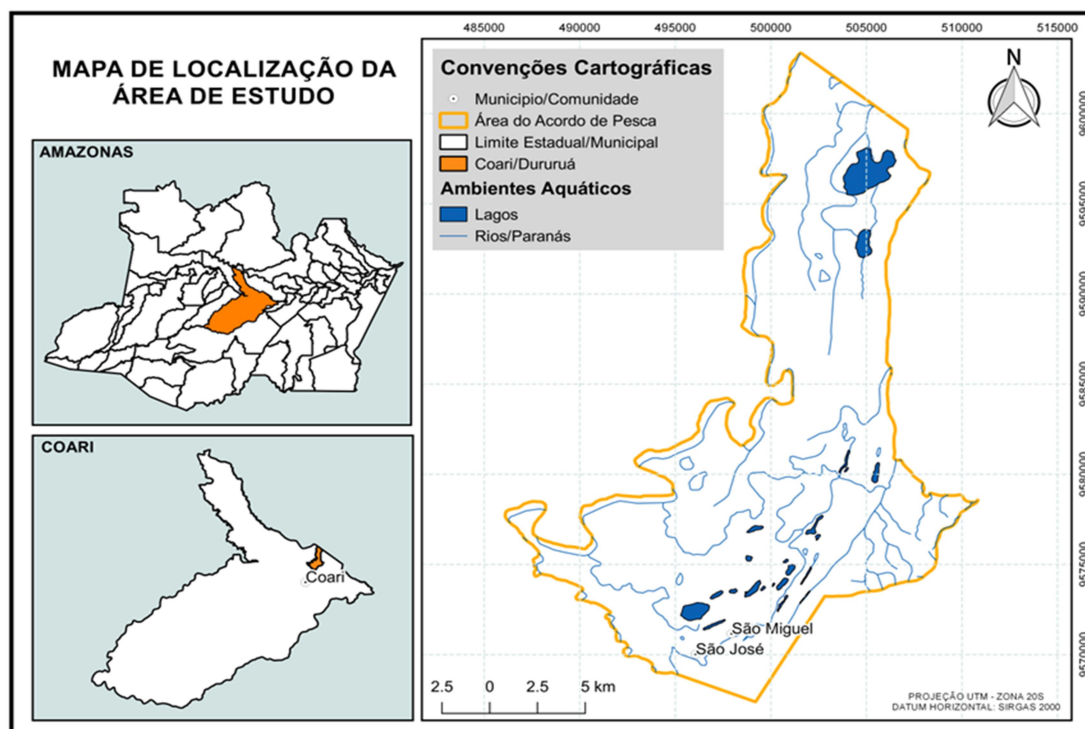


Figura 01. Mapa de localização da área de estudo que compreende o Acordo de Pesca do Paraná do Dururuá, as comunidades São José e São Miguel localizadas no município de Coari, Amazonas, Brasil.

O censo populacional do pirarucu vem sendo realizado anualmente por um grupo de pescadores habilitados na metodologia de contagem do pirarucu validada por Castello (2004). As contagens são realizadas no período de seca (setembro) e ocorrem nos ambientes aquáticos categorizados como “lagos de manejo”. Estes ambientes são divididos em unidades amostrais, levando em consideração as dificuldades encontradas para as contagens, decorrente da presença de macrófitas aquáticas, ocorrência de chuva e/ou fortes ventos (CASTELLO, 2004; CAMPOS-SILVA; HAWES; PERES, 2018). O pescador contabiliza 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). Utilizamos dados secundários (Tabela 02) retirados dos Relatórios Técnicos Anuais de Atividades (RTAA) do manejo do pirarucu, elaborado pela Associação dos Povos Indígenas Tikunas do Paraná do Dururuá (APITPAD), encaminhados ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), entre os anos de 2013 a 2018.

Tabela 01. Ambientes aquáticos categorizados como lagos de manejo, localizados na área do Acordo de Pesca do Paraná do Dururuá, a tabela contém os nomes dos lagos, as coordenadas geográficas (datum WGS84), o setor e sua categoria de uso.

Nome do Lago	Coordenadas S	Coordenadas W	Setor	Categoria
Lago Campininha	03° 51' 38,7"	63° 01' 33,3"	01	Manejo
Lago Âmago	03° 51' 32,8"	63° 01' 04,3"	02	Manejo
Lago Branco	03° 51' 25,0"	63° 00' 13,5"	02	Manejo
Lago Quininho Comprido	03° 51' 20,8"	62° 59' 44,1"	02	Manejo
Lago Quininho Redondo	03° 50' 59,6"	62° 59' 29,2"	02	Manejo
Lago Pajé I	03° 48' 10,1"	62° 57' 02,8"	02	Manejo
Lago Buiçu	03° 47' 45,2"	62° 57' 55,8"	02	Manejo

Para identificação dos componentes da paisagem foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT-8 (órbita 232/ponto 63), contendo baixa obstrução por cobertura de nuvens (máximo 30%), correspondendo ao período de cheia para a região (maio/julho). As imagens foram descarregadas gratuitamente do sítio do *United States Geological Survey* (USGS) correspondendo aos anos de 2013 a 2018. 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 das (02) bandas (USGS, 2018). Anteriormente ao processamento das imagens (classificação supervisionada) foi realizado o pré-processamento, utilizando o pacote *Radiometric Calibration* do software ArcGIS (versão 10.2). Foram utilizados os coeficientes radiométricos de calibração encontrados no arquivo metadado (extensão MTL.txt) descarregado juntamente com as imagens. O pré-processamento consistiu em: a) correção radiométrica; b) conversão da reflectância; c) definição do limite; d) recorte das imagens; e) reprojeção e f) análise dos atributos espectrais.

Os componentes da paisagem selecionados para o estudo foram: a) Água Aberta (AA); b) Macrófita (MA); c) Floresta Inundada (FI) e Floresta Não Inundada (FNI), classes adaptadas do estudo de Hess et al., (2003, 2015). Foi realizada uma excussão de campo no período de cheia (julho/2018) para obtenção de dados primários que auxiliaram na identificação dos componentes da paisagem. Os dados consistem em um conjunto de coordenadas geográficas referentes às classes previamente estabelecidas (AA, MA, FI e FNI) obtidas utilizando um aparelho receptor de sinal GPS (*Global Position System*) marca/modelo: Garmim/GPSMAP 64S. As classes correspondentes aos componentes da paisagem foram identificadas a partir de sua assinatura espectral, forma e localização

(SILVA; COSTA; MELACK, 2010) utilizando o software de análise de imagem ENVI (versão 5.3).

Para o processamento das imagens foi realizada uma classificação supervisionada, utilizando o algoritmo de classificação Máxima Verossimilhança (MAXVER) (ARRAUT et al., 2010; AFFONSO, 2012). Este algoritmo aloca cada pixel à classe de maior probabilidade, ponderando estatisticamente as distâncias entre as médias da reflectância da superfície das classes, a partir de um critério previamente escolhido (BRASIL, 2006). Foram utilizados o coeficiente de Exatidão Global (EG) e Índice de Kappa (IK) para avaliar a qualidade da classificação das imagens (COHEN, 1960). O conhecimento sobre a dinâmica de inundação da área do estudo assim como a flutuação do nível do rio (médio Solimões) também foi utilizado. As imagens classificadas foram reprojctadas para a projeção plana (UTM/20S), datum (WGS84), e estabelecida uma área de influência para cada lago de manejo, sendo atribuído um buffer de 100 metros (a criação de linhas paralelas a uma distância exata predefinida do limiar entre água e vegetação). Na área de influência cada componente da paisagem foi mensurado utilizando como unidade de área, metros quadrados (m²).

Foram usados Modelos Lineares Generalizados (MLG) baseados em uma distribuição de probabilidade de Poisson, para avaliar a relação entre a abundância do pirarucu e a área dos componentes da paisagem (FREITAS et al., 2018). O modelo inicial foi submetido ao método stepwise para seleção das variáveis do modelo com melhor ajuste que foi identificado pelo pseudo-R², estimado pela relação entre percentual de variação explicado pelo modelo nulo e o percentual de variação residual. O modelo ajustado foi submetido à inspeção visuais dos resíduos e apenas aqueles que não violaram as premissas foram considerados. Gráficos de dispersão com linhas de tendência foram apresentados para as variáveis que apresentaram relações estatisticamente significativas. Foi utilizada uma variância agregada no fator de inflação (VIF) menor do que 2 como critério para decidir se determinadas variáveis seriam incluídas ou não no modelo ajustado, com a finalidade de minimizar os efeitos da autocorrelação (DORMANN et al., 2013). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o Software Livre (R-Studio). O MLG foi ajustado utilizando o Pacote MASS e o VIF foi estimado usando o Pacote CAR.

4.3. RESULTADOS

O censo populacional do pirarucu é realizado anualmente no período de seca (setembro). Foi realizado o acompanhamento da contagem no ano de 2018, juntamente com os manejadores. Os demais dados de contagem foram extraídos do (RTAA) encaminhados ao

(IBAMA). Os lagos de manejo selecionados para o nosso estudos, são tipicamente lagos de várzea, com formatos predominantemente arredondados e alongados, circundados por bancos de macrófitas aquáticas flutuantes e enraizadas, com a presença de áreas alagadiças (chavascal, restinga baixa e restinga alta), interligados aos demais por pequenos igarapés e paranãs. De modo geral os ambientes manejados apresentaram uma tendência de crescimento da abundância, o total de indivíduos de pirarucu em 2013 era de 1.379, em 2017 passou para 6.106 indivíduos, um crescimento de 342,78% em relação ao ano de 2013. Os lagos Campininha e Âmago são os ambientes aquáticos que apresentaram maior abundância (somados possuem 4.160 indivíduos para o ano de 2017), valores que incluem indivíduos jovens somados aos adultos. No entanto observa-se uma expressiva redução no número total de pirarucu contados entre os anos de 2017 a 2018, caindo de 6.106 para 3.160 (redução de 48,25%). Nota-se que os demais lagos de manejo (Branco, Pajé e Buiucu) apresentaram um crescimento de (21,79%, 56,33% e 36,28%) respectivamente. Os lagos Quininho Comprido e Quininho Redondo apresentam eventuais problemas nos dados coletados (NA*) para os anos de 2013 e 2018, decorrentes de disputas internas entre os associados. Os dados brutos das contagens de pirarucu para os anos de 2013 a 2018 podem ser observados na (Tabela 02).

Tabela 02. Contagens do pirarucu (indivíduos adultos e juvenis) realizadas durante os anos de 2013 a 2018, nos lagos com categoria de manejo dentro da área de Acordo de Pesca do Paraná do Dururuá, localizado no município de Coari, Amazonas, Brasil.

Lagos	Anos					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Campininha	614	858	1.598	1.758	2.058	325
Âmago	264	835	1.529	1.778	2.102	727
Branco	429	569	899	975	1.175	1.431
Quininho Comprido	NA*	41	85	50	87	NA*
Quininho Redondo	NA*	43	104	172	252	NA*
Pajé	41	68	153	151	158	247
Buiucu	31	51	124	169	274	430
Total	1.379	2.465	4.492	5.053	6.106	3.160

(NA*) Censo não realizado

O processamento das imagens de satélite apresentou resultados satisfatórios (Figura 02). A resposta espectral dos alvos dos componentes da paisagem (AA, MA, FI e FNI) possibilitou a identificação destas variáveis ao se utilizar imagens LANDSAT-8. Foi gerada uma matriz de erro pelo cruzamento dos dados de campo com informações do mapeamento. A classificação supervisionada foi avaliada pelos coeficientes (EG) e (IK). Foram encontrados

os seguintes resultados: Ano de 2013 (EG 95.83%; IK 0,9476); Ano de 2014 (EG 93.82%; IK 0,9228); Ano de 2015 (EG 94.87%; IK 0,9359); Ano de 2016 (EG 98.00%; IK 0,9733); Ano de 2017 (EG 93.40%; IK 0,9175) e Ano de 2018 (EG 90.24%; IK 0,8780).

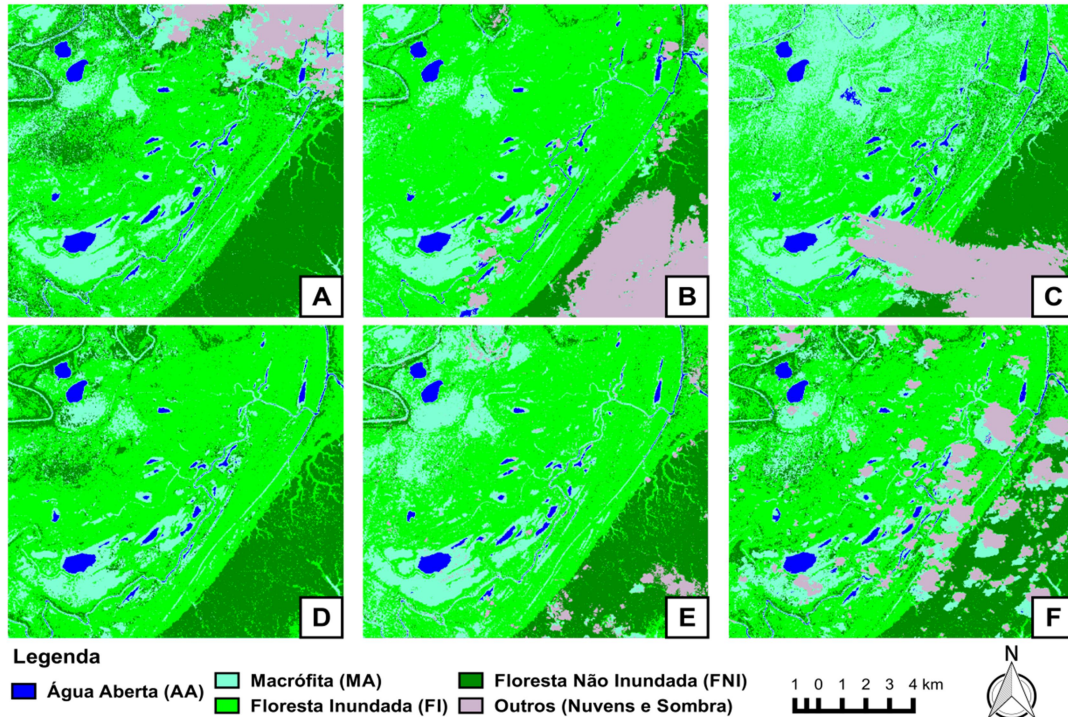


Figura 02. Classificação supervisionada (MAXVER) para imagens LANDSAT-8 da área de estudo entre os anos 2013 a 2018. Figura 02. (A) Imagem para o ano 2013; (B) ano de 2014; (C) ano de 2015; (D) ano de 2016; (E) ano de 2017 e (F) ano de 2018. Composição da Imagem (R5G4B3), Datum WGS84, UTM 20S.

O modelo (MLG) ajustado que se mostrou mais robusto para o estudo proposto identificou três variáveis independentes (AA, MA e FI) que influenciavam significativamente na abundância do pirarucu (variável dependente). O modelo apresentou um valor para o pseudo- R^2 (0,64; $p < 0,05$) o que explica 64% da abundância do pirarucu sendo influenciada pelos componentes da paisagem (AA, MA e FI). Os valores encontrados para o VIF (AA = 1.86; MA = 1.61; FI = 1.34) das variáveis independentes foram menores que o proposto na metodologia (VIF < 2), demonstrando que os efeitos da autocorrelação na estimativa dos coeficientes do modelo foi insignificante. Ao visualizarmos a (Figura 03) observamos a relação entre as variáveis significativas e a abundância do pirarucu.

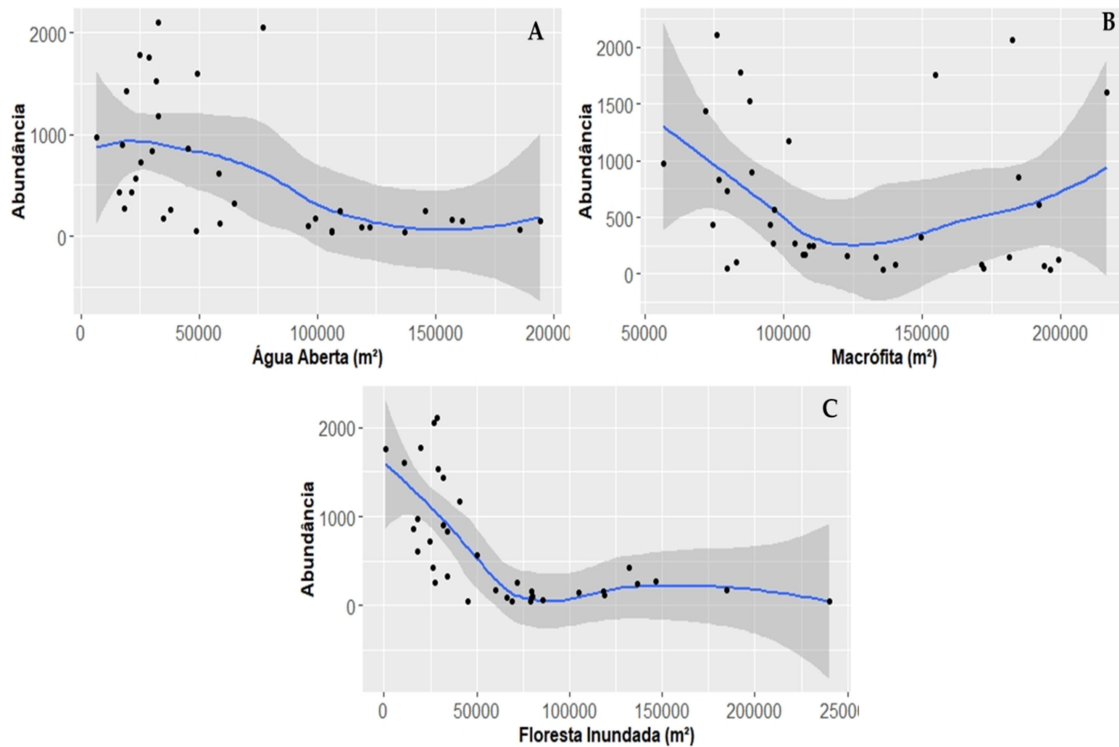


Figura 03. Gráfico de dispersão, (A) abundância do pirarucu X água aberta, (B) abundância do pirarucu X macrófita e (C) abundância do pirarucu X floresta inundada. Linha de tendência para o modelo ajustado, com as variáveis independentes significativas, linha em azul referente à regressão e em cinza o intervalo de confiança a 95%.

4.4. DISCUSSÃO

O procedimento de contagem é uma importante etapa no processo de gestão e manejo sustentável do pirarucu (CASTELLO, 2004; CASTELLO et al., 2013). Observamos em nossos resultados uma tendência de crescimento do número de indivíduos contados a cada ano, sugerindo recuperação da população de pirarucu. As populações apresentam alta resiliência à sobre-exploração (CAMPOS-SILVA; HAWES; PERES, 2018). Segundo Arantes e Castello (2007) populações de pirarucu que anteriormente se encontravam sobrexplotadas, após o manejo aumentaram a uma taxa de 25% ao ano a sua abundância. Resultados semelhantes foram encontrados em outros estudos para a Amazônia (ARANTES; GARCEZ; CASTELLO, 2006, ARANTES et al., 2007; CASTELLO et al., 2009; ARANTES et al., 2010; CASTELLO; VIANA; PINEDO-VASQUEZ, 2011; AFFONSO, 2012; CAMPOS-SILVA; HAWES; PERES, 2018).

Ainda é necessário ampliar os estudos para um melhor entendimento das populações de pirarucu (CASTELLO, et al., 2013a; CAMPOS-SILVA; HAWES; PERES, 2018). Diversos são os fatores que podem influenciar negativamente a qualidade dos dados de contagem, tais como a dificuldade de acesso aos ambientes, existência da pesca ilegal, indisponibilidade de pescadores experientes e treinados, falta de recursos financeiros e de fiscalização (ARANTES; GARCEZ; CASTELLO, 2006). Porém, erros presentes nas amostragens são minimizados quando a contagem é realizada por um grupo de pescadores (ARANTES; CASTELLO; GARCEZ, 2007; VIANA et al., 2007; ANDRADE et al., 2011). Nenhum outro método para estimar abundância do pirarucu é considerado usual. O método de contagem chega a ser 200 vezes mais rápido do que a estimativa pelo método de marcação e recaptura (CASTELLO et al., 2009; CAMPOS-SILVA; HAWES; PERES, 2018). Atualmente as cotas de capturas (até 30% do total de pirarucu contado no ano anterior) continuam sendo liberadas utilizando o método de contagem do pirarucu (ANDRADE et al., 2011).

A redução da abundância observado no nosso estudo, provavelmente é resultado de uma falha de planejamento da despesca no ano de 2017, onde os indivíduos autorizados à captura foram explorados na sua grande maioria dos lagos Campininha e Âmago. Outra hipótese está relacionada à ineficiência da fiscalização “guarda dos lagos” decorrente da ampla extensão territorial da área manejada e da indisponibilidade de recursos financeiros, que acabam por favorecer a invasão dos ambientes por pescadores que praticam a pesca ilegal. A sazonalidade das planícies inundadas da várzea amazônica também influenciam na distribuição da ictiofauna, podendo interferir na contagem do pirarucu (ARANTES; CASTELLO; GARCEZ, 2007; CAMPOS-SILVA; HAWES; PERES, 2018).

Segundo Tunder et al., (2003) o sensoriamento remoto pode ser utilizado para o monitoramento do estado de conservação dos sistemas ecológicos, pois possibilita avaliar variáveis ambientais ao longo do tempo, utilizando diferentes escaladas. Podendo ser utilizado para verificar a influência do pulso de inundação nas planícies aluviais, assim como atividades antrópicas (HESS et al., 1995; HESS et al., 2003; HESS et al., 2015). A metodologia adotada durante o pré-processamento das imagens proporcionou a identificação dos componentes da paisagem (AA, MA, FI e FNI) através da resposta espectral de cada alvo. A visita de campo se mostrou de fundamental importância para o conhecimento prévio do ambiente estudado, onde os dados coletados ajudaram na elucidação de eventuais dúvidas gerada durante o processamento das imagens.

A classificação supervisionada utilizando o algoritmo MAXVER se mostrou eficiente para elaboração dos mapas temáticos de uso do solo, onde podemos observar os

componentes da paisagem. A matriz de confusão possibilitou a visualização dos erros ocorridos durante a classificação supervisionada. Este método quantitativo é utilizado para caracterizar a acurácia da classificação (CONGALTON, 2001). Os coeficientes (EG > 90%) e (IK > 0,9) é considerado excelente. O coeficiente EG é calculado dividindo o somatório de pixel corretos pela quantidade total e o (IK) mede o grau de concordância em escalas nominais, agrupando as informações de todos os pixels (CONGALTON; MEAD 1983). O Índice Kappa varia de 0 a 1, quanto mais próximo de 1 o valor de Kappa, melhor a sua acurácia. Classificação de imagens com (IK) superior a 65% é considerado aceitável (CONGALTON; MEAD, 1983).

A utilização de um buffer de 100 metros para delimitar a área de influencia dos lagos de manejo se mostrou satisfatório e foi determinado levando em consideração a resolução espacial (15 metros) das imagens LANDSAT-8 utilizadas e para evitar a possibilidade de sobreposição entre as áreas de influencias. Entretanto, deve-se considerar que as escalas utilizadas impulsionam os padrões espaciais de uma diversidade de espécies, podendo ser realizados outros estudos incluindo diferentes tamanhos de buffer (FREITAS et al., 2018). Os lagos que apresentaram em sua área de influencia um valor superior a 10% de interferência por nuvens foram excluídos da análise, metodologia semelhante à utilizada no estudo de Affonso (2012).

Nossos resultados mostraram que os componentes da paisagem que influenciaram significativamente na abundância do pirarucu foram Água Aberta (AA), Macrófita (MA) e Floresta Inundada (FI). Resultados semelhantes sobre a influenciados componentes da paisagem na diversidade e abundância de peixes na região Amazônica podem ser encontrados nos estudos (FERNANDES, 1997; CASTELLO, 2008a; AFFONSO, 2012; FREITAS et al., 2014; SIQUEIRA-SOUZA et al., 2016; FREITAS et al., 2018). Compreender a importância da caracterização ambiental através dos componentes da paisagem e sua influencia na estrutura da ictiofauna de água doce deverá ser uma das prioridades para a conservação e manejo da biodiversidade na Amazônia.

A crescente perda de habitats aquáticos em virtude das alterações causadas pelas mudanças climáticas, desmatamento e construção de hidrelétricas é uma realidade nos ecossistemas amazônicos (DUDGEON et al., 2006; KAHN; FREITAS; PETRERE, 2014; LEES et al., 2016; LOBÓN-CERVIÁ et al., 2015; ARANTES et al., 2017; CASTELLO et al., 2017; FORSBERG et al., 2017). A degradação dos ambientes de várzea afeta a dinâmica populacional dos peixes (LOBÓN-CERVIÁ et al., 2015). A alta correlação entre os habitats das planícies inundadas e a biologia reprodutiva do pirarucu, torna a espécie ainda mais

vulnerável às modificações antropogênicas das várzeas Amazônicas (QUEIROZ, 2000; CASTELLO, 2008a; ARANTES, et al., 2013; ARANTES et al., 2017).

Segundo Lowe-McConnel (1964; 1987) os peixes da planície inundada da Amazônia realizam dois tipos de migração, uma longitudinal e outra lateral. O pirarucu é conhecido por ser uma espécie sedentária e que realiza somente pequenos deslocamentos (CASTELLO, 2008a; CAMPOS-SILVA; HAWES; PERES, 2018), o padrão sedentário fica evidente no estudo de Araripe et al., (2013) que utilizou uma abordagem genética para avaliar as populações de pirarucu da RDS-Mamirauá. Corroborando com os estudos de Watson (2011) que concluiu que existem mais de uma população de pirarucu na Guyana. O deslocamento lateral do pirarucu foi descrito detalhadamente por Castello (2008a), que verificou que as dispersões realizadas durante a flutuação do nível das águas estão intimamente relacionadas à sua biologia reprodutiva.

Durante o período de estiagem o pirarucu permanece nos lagos de várzea, ambiente propício à formação de casais e com maior disponibilidade de alimento (QUEIROZ, 2000; CASTELLO, 2008a; CASTELLO, 2008b; CASTELLO, 2008c; ARANTES, et al., 2010). Os lagos de várzea com maior profundidade e extensão durante o período de seca, proporcionam melhores condições de sobrevivência para a comunidade de peixes, incluindo a do pirarucu (WELCOMME, 1979; FERNANDES, 1997; ARANTES et al., 2010; ARANTES et al., 2013). Nossos resultados mostram uma relação entre a abundância do pirarucu e o componente da paisagem água aberta (AA) durante o período de cheia. No estudo realizado por Affonso (2012) a pesquisadora encontrou uma correlação negativa entre área do lago e a densidade de pirarucu jovens. No entanto, o formato do lago e seu desenvolvimento perimetral não mostraram relação com as densidades de pirarucu (AFFONSO, 2012).

Outro componente da paisagem que se mostrou significativo para nosso estudo foi a variável Macrófita (MA), é importante salientar que a classe (MA) representa os bancos permanentes e/ou sazonais, que se encontram nas margens dos lagos e nas áreas de chavascal. Segundo Castello (2007) os habitats mais importantes para o pirarucu são o chavascal, restinga baixa e alta. No período de enchente e cheia os lagos de várzea permanecem margeados por extenso bancos de macrófitas e capins flutuantes que os peixes utilizam como locais de alimentação, berçários e esconderijos contra predadores (JUNK; FURCH, 1993; SÁNCHEZ-BOTERO; ARAÚJO-LIMA, 2001; SCHIESARI et al., 2003; LOPES et al., 2011; BULLA et al., 2011;).

O pirarucu é uma espécie carnívora (SÁNCHEZ, 1969; LOWEL-MCCONNEL, 1987; CASTELLO; STEWART, 2010) e que faz uso de outros itens alimentares durante as

diferentes fases do seu ciclo de vida, geralmente influenciado pelo pulso de inundação (QUEIROZ, 2000). Peixes e outros invertebrados consumidos pelo pirarucu são encontrados próximos as macrófitas aquáticas (JUNK, 1984; PETRY; BAYLEY; MARKLE, 2003; VILLABONA-GONZÁLEZ; AGUIRRES; ESTRADA, 2011, HERCOS et al., 2012), aumentando a probabilidade de sobrevivência, principalmente durante os primeiros meses de vida. Segundo Affonso (2012) existe 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, resultado corroborado pelo estudo de Arantes et al., (2010). O que nos faz afirmar que as macrófitas representam ambientes-chave para a conservação do pirarucu (QUEIROZ, 2000; AFFONSO, 2012; CASTELLO, 2008a; FIDELIS; NESSIMIAN; HAMADA, 2008).

Durante o período de cheia a água entra pelos canais atravessando a floresta localizada nas planícies mais baixas da várzea, a floresta que estava seca se transforma em floresta inundada (GOULDING, 1980; SANTOS; SANTOS, 2005). Muitos lagos se conectam uns com outros, contribuindo para homogeneização e diluição dos ambientes aquáticos (ALMEIDA; MELO, 2009; MELACK; FORSBURG, 2001; AFFONSO, 2012). A reprodução do pirarucu ocorre durante a enchente, com o nascimento das larvas a fêmea deixa de realizar o cuidado parental deixando-o sob responsabilidade do macho, que cuidam da prole por pelo menos três meses ao longo da enchente (CASTELLO, 2008a; CASTELLO, 2008b). Já no período de cheia o macho guia os jovens pela floresta inundada, deslocamento que recebe o nome de migração lateral ou dispersão (CASTELLO, 2008a; CASTELLO et al., 2013; CAMPOS-SILVA; HAWES; PERES, 2018).

A floresta inundada serve de abrigo e disponibiliza uma variedade de itens alimentares para os juvenis de pirarucu, tais como, insetos, moluscos, microcrustáceos e peixe que fazem parte dieta neste período (QUEIROZ, 2000; CARVALHO et al., 2018). Durante a vazante, o pirarucu sai da proteção da floresta inundada e começam a retornar para os ambientes lóticos, onde permanecerão durante o período de seca, esperando que um novo ciclo de inicie (CASTELLO, 2008a). Na hipótese de uma vazante muito acentuada, os animais podem não ter acesso aos ambientes lênticos, permanecendo nas entradas dos rios, canais e canos mais profundos, reduzindo assim a abundância do pirarucu nos lagos (AFFONSO, 2012). O nosso estudo mostrou que a variável Floresta Inundada (FI) é significativa para a abundância do pirarucu, o que corrobora com os estudos já realizados.

O componente da paisagem que não se mostrou significativo neste estudo foi “Floresta Não Inundada” (FNI), assim como outras variáveis que ainda se encontram sem explicação, o que provavelmente está relacionada à alta heterogeneidade espaço-temporal,

variabilidade desses habitats e variáveis ambientais locais (FREITAS et al., 2014; SIQUEIRA SOUZA et al., 2016; HURD et al., 2016; FREITAS et al., 2018). A heterogeneidade da planície de inundação amazônica resulta em um ecossistema complexo, cuja estrutura e dinâmica está associada a mecanismos determinísticos e estocásticos (FREITAS et al., 2018; HESS et al., 2015).

Existem outras variáveis que influenciam populações de peixes e seus derivantes, incluindo variáveis que não incluímos em nosso modelo, por exemplo, profundidade, transparência, oxigênio dissolvido, conectividade, distância entre ambientes, entre outros (RODRIGUEZ; LEWIS, 1997; FREITAS et al., 2014; KEMENES; FORSBERG, 2014; SIQUEIRA-SOUZA et al., 2016; HURD et al., 2016; FREITAS et al., 2018). Apesar de estudos já realizados, ainda não se conseguiu demonstrar relações entre as características físicas e químicas da água com a abundância do pirarucu (QUEIROZ, 2000; ARANTES et al., 2010; AFFONSO, 2012), tais fatores poderiam influenciar a disponibilidade dos itens alimentares utilizados pelo pirarucu (QUEIROZ, 2000; ARANTES et al., 2010; AFFONSO, 2012).

4.5. CONCLUSÃO

O estudo de componentes da paisagem por meio de sensoriamento remoto se mostrou promissor para caracterização ambiental das planícies inundadas da várzea Amazônica. Pois permite uma avaliação espaço-temporal, possibilitando o entendimento da relação intraespecífica entre a ictiofauna e o ambiente, além do monitoramento de atividades antrópicas que poderiam colocar em risco os ambientes de várzea e conseqüentemente, o sucesso do manejo do pirarucu. As áreas de água aberta, macrófita e floresta inundada influenciam na abundância do pirarucu. Compreender melhor a relação do pirarucu com os componentes da paisagem nos permitirá inferir sobre informações necessárias ao aperfeiçoamento do manejo sustentável, a partir do aprimoramento do zoneamento participativo e da escolha das categorias de uso dos lagos manejados. A preservação ambiental das planícies inundadas da várzea Amazônica é indispensável para conservação das populações de peixes, incluindo o pirarucu. Possibilitando a adequação da legislação ambiental vigente que estabelece as diretrizes para o manejo sustentável desta espécie.

5. CONCLUSÃO GERAL

A criação de acordos de pesca para o manejo comunitário proporciona o crescimento das populações de pirarucu nos ambientes de várzea Amazônica;

O uso de imagens LANDSAT-8 obtidas por sensoriamento remoto possibilita uma nova abordagem metodológica para a caracterização ambiental dos ambientes de várzea Amazônica, podendo ser analisadas em diferentes escalas de espaço e tempo;

A identificação da assinatura espectral dos componentes da paisagem possibilita a realização de uma classificação supervisionada, originando mapas temáticos para o uso e ocupação do solo das planícies inundadas da Amazônia;

Os componentes da paisagem água aberta, macrófita e floresta inundada influenciam na abundância do pirarucu nos lagos de várzea das planícies inundadas da Amazônia;

Os componentes da paisagem podem ser utilizados para caracterizar os ambientes de várzea, bem como auxiliar no zoneamento participativo, na escolha das categorias de uso dos lagos e no aprimoramento da legislação ambiental que estabelece diretrizes para o manejo sustentável do pirarucu;

Nosso estudo mostra a importância da preservação e conservação dos habitats pertencentes às planícies inundadas da várzea Amazônica.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

ALMEIDA, O. T.; LORENZEN K.; MCGRATH D. G. Commercial fishing in the Brazilian Amazon: regional differentiation of fleet characteristics and economic efficiency. **Fisheries Management and Ecology**, v. 10, p. 109–115, 2003.

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.

ALMEIDA, F. F.; MELO, S. Considerações limnológicas sobre um lago da planície de inundação amazônica (lago Catalão – Estado do Amazonas, Brasil). **Acta Scientiarum: Biological Sciences**, v. 31, p. 387–395, 2009.

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.

ANDRADE, L.; AMARAL E.; SILVA N.; QUEIROZ H. Re-counts 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. 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. p. 33-42, 2014.

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(1): e54470, 2013.

ARNESEN, A. S.; SILVA T. S. F.; HESS, L. L.; Novo, E. M. L. M.; RUDORFF, C. M.; CHAPMAN, B. D.; MCDONALD, K. C. Monitoring flood extent in the lower Amazon River floodplain using ALOS/PALSAR ScanSAR images. **Remote Sensing of Environment**, v. 130, p. 51-61, 2013.

ARRAUT, E. M.; MARMONTEL, M.; MANTOVANI, J. E.; NOVO, E. M. L. M.; MACDONALD, D. W.; KENWARD, R. E. The lesser of two evils: seasonal migrations of Amazonian manatees in the Western Amazon. **Journal of Zoology**, v. 280, n. 3, p. 247–256, 2010.

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. **Sensoriamento remoto da dinâmica de circulação da água do sistema planície de Curai/Rio Amazonas**. 2005. 286p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos : INPE, 2005.

BARTHEM, R. B.; FABRÉ, N. N. Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros da Amazônia. In: RUFFINO, M. L. (Org.). **A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia Brasileira**. Brasília: IBAMA/PROVÁRZEA, 272 p. 2004.

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

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Manual do SPRING: Tutorial de Geoprocessamento**. 2006. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/segmentacao.html>>. Acessado em: 19 novembro 2018.

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

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.

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. **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. **A socio-ecological synthesis on the conservation of the pirarucu (Arapaima) in floodplains of the Amazon**. 2007. 190p. PhD Thesis. State University of New York, Syracuse, New York, 2007.

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. Modeling population dynamics and conservation of *arapaima* in the Amazon. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 21, n. 3, p. 623-640, 2011b.

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. **The Amazon Várzea**, Springer, Dordrecht, p. 259-273, 2011.

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.

CASTRO, F. **Fishing Accords: The Political Ecology of Fishing Intensification in the Amazon**. 2000. Ph.D. Dissertation, Indiana University, Bloomington. 2000.

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

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.

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.

COSTA M. H.; OLIVEIRA, C. H. C.; ANDRADE, R. G.; BUSTAMANTE, T. R.; SILVA, F. A.; COE, M. A macroscale hydrological data set of river flow routing parameters for the Amazon Basin. **Journal of Geophysical Research**, v. 107, NO. D20, 2002.

COSTA, M. P. F. Estimate of net primary productivity of aquatic vegetation of the Amazon floodplain using Radarsat and JERS-1. **International Journal of Remote Sensing**. v. 26, p. 4527-4536, 2005.

COSTA, M. P. F.; TELMER, K. H. Utilizing SAR imagery and aquatic vegetation to map fresh and brackish lakes in the Brazilian Pantanal wetland. **Remote Sensing of Environment**. v. 105, p. 204-213, 2006.

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.

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.

DUDGEON, D.; ARTHINGTON, A. H.; GESSNER, M. O.; KAWABATA, Z. I.; KNOWLER D. J.; LEVEQUE, C.; NAIMAN, R. J.; PRIEUR-RICHARD, A. H.; SOTO, D.; STIASSNY, M. L. J.; SULLIVAN, C. A. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. **Biological Reviews**, v. 81, n. 2, p. 163–182, 2006.

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

FIDELIS, L.; NESSIMIAN, J. L.; HAMADA, N. Distribuição espacial de insetos aquáticos em igarapés de pequena ordem na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v. 38, p. 127-134, 2008.

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

FORSBERG, B. R.; MELACK, J. M.; DUNNE, T.; BARTHEM, R. B.; GOULDING, M.; PAIVA, R. C. D.; SORIBAS, M. V.; SILVA, U. L. JR.; WEISSER, S. The potential impact of new Andean dams on Amazon fluvial ecosystems. **PLoS ONE**, v. 12, n. 8, p. 1-35, 2017.

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.

GOULDING M. **The fishes and the forest: explorations in Amazonia natural history**. Berkeley: California University Press, 1980.

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

HALL, M. A.; ALVERSON, D. L.; METUZALS, K. I. By-Catch: Problems and Solutions. **Marine Pollution Bulletin**, v. 41, p. 204-219, 2000.

HAWES, J. E.; PERES, C. A.; RILEY, L. B.; HESS, L. L. Landscape-scale variation in structure and biomass of Amazonian seasonally flooded and unflooded forests. **Forest Ecology and Management**, v. 281, p. 163-176, 2012.

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.; FILOSO, S.; WANG, Y. Delineation of inundated area and vegetation along the Amazon floodplain with SIR-C Synthetic Aperture Radar. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 33, n. 4, p. 896-904, 1995.

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.

ISAAC, V. J.; RUFFINO, M. L.; MCGRATH, D. In search of a new approach to fisheries management in the middle Amazon, In: FUNK, F.; HEIFETZ, J.; IANELLI, J.; POWER, J.; QUINN, T.; SCHWEIGERT, J.; SULLIVAN, P.; ZHANG, C. I. **Fishery Stock Assessment Models for the 21st Century**. Proceedings. Alaska Sea Grant College Program. 1998.

JOWETT, I. G.; RICHARDSON, J. Fish communities in New Zealand rivers and their relationship to environmental variables. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**, v. 37, p. 347-366, 2003.

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. p. 215-224, 1984.

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.

KAHN, J.; FREITAS, C. E. C.; PETRERE, M. JR. False shades of green: the case of Brazilian Amazonian hydropower. **Energies**, v. 7, n. 9, p. 6063–6082, 2014.

KEMENES, A.; FORSBERG, B. R. Factors influencing the structure and spatial distribution of fishes in the headwater streams of the Jaú River in the Brazilian Amazon. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, p. 23–32, 2014.

LEES, A. C.; PERES, C. A.; FEARNSTIDE, P. M.; SCHNEIDER, M.; ZUANON, J. A. S. Hydropower and the future of Amazonian biodiversity. **Biodiversity and Conservation**, v. 25, n. 3, p. 451–466, 2016.

LEYEQUIEN, E.; VERRELST, J.; SLOT, M.; SCHAEPMAN-STRUB, G.; HEITKONIG, I.; SKIDMORE, A. Capturing the fugitive: applying remote sensing to terrestrial animal distribution and diversity. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 9, p. 1-20, 2007.

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.

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, 2009.

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

LOWE-MCCONNELL, R. H. The fishes of the Rupununi savanna district of British Guiana, South America. Part 1. Ecological groupings of fish species and effects of the seasonal cycles on the fish. **Zoological Journal of the Linnaean Society**, v. 45, p. 103-144, 1964.

MCGRATH, D. G.; CARDOSO, A.; ALMEIDA, O. T.; PEZZUTI, J. Constructing a policy and institutional framework for an ecosystembased 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.

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 Univ. Press, p. 235-276, 2001.

MELACK, J. M. Remote sensing of tropical wetlands. In: USTIN S. (ed) **Manual of remote sensing**, vol 4. Wiley, New York, p. 319-343, 2004.

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.

MURRIETA, R. S. A mística do Pirarucu: pesca, ethos e paisagem em comunidades rurais no Baixo Amazonas. **Horizontes Antropológicos**, v. 16, p. 113-130, 2001.

NAKAEGAWA, T. Comparison of water-related land cover types in six 1-km global land cover data sets. **Journal of Hydrometeorology**, v. 13, p. 649-664, 2012.

NELSON, R. L.; PLATTS, W. S.; LARSEN, D. P.; JENSEN S. E. Trout distribution and habitat in relation to geology and geomorphology in North Fork Humboldt River drainage, northeastern Nevada. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 121, p. 405-426, 1992.

NOVO, E. M. L. M.; BARBOSA, C. C. F.; FREITAS, R. M.; SHIMABUKURO, Y. E.; MELACK, J. M.; E PEREIRA-FILHO, W. Seasonal changes in phytoplankton distribution in

floodplain lakes in response to Amazon flood pulse derived from MODIS images. **Limnology**, v. 7, n. 3, p. 153-161, 2006.

NOVO, E. M. L. M.; PEREIRA, W.; MELACK, J. M. Assessing the utility of spectral band operators to reduce the influence of total suspended solids on the relationship between chlorophyll concentration and the bidirectional reflectance factor in Amazon waters. **International Journal of Remote Sensing**, v. 25, p. 5105-5116, 2004.

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.; SHIMABUKURO, Y. E. Spectral mixture analysis of inland tropical waters. **International Journal of Remote Sensing**, v. 15, n. 6, p. 1351-1356, 1994.

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.

PORTER, M. S.; ROSENFELD, R.; PARKINSON, E. A. Predictive models of fish species distribution in the Blackwater drainage, British Columbia. **North American Journal of Fisheries Management**, v. 20, p. 349-359, 2000.

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. 222p. Ph.D. Thesis, St. Andrews: University of St. Andrews. 2000.

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.; MELACK, J. M.; AUFDENKAMPE, A. K.; BALLESTER, V. M.; HESS, L. L. Outgassing from Amazonian rivers and wetlands as a large tropical source of atmospheric CO₂. **Nature**, v. 416, p. 617-620, 2002.

RODRÍGUEZ, M. A.; LEWIS, W. M. STRUCTURE OF FISH ASSEMBLAGES ALONG ENVIRONMENTAL GRADIENTS IN FLOODPLAIN LAKES OF THE ORINOCO RIVER. **Ecological Monographs**, v. 67, n. 1, p. 109-128, 1997.

ROWE, D. C.; PIERCE, C. L.; WILTON, T. F. Fish Assemblage Relationships with Physical Habitat in Wadeable Iowa Streams. **North American Journal of Fisheries Management**, v. 29, p. 1314-1332, 2009.

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. As macrófitas aquáticas como berçário para a ictiofauna da várzea do Rio Amazonas. **Acta Amazonica**, v. 31, n. 3, p. 437-447, 2001.

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.

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

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.

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.

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. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 38, n. 6, p. 2638-2644, 2000.

SIQUEIRA-SOUZA, F. K.; FREITAS, C. E. C.; HURD, L. E.; PETERERE, M. JR. Amazon floodplain fish diversity at different scales: do time and place really matter? **Hydrobiologia**, v. 776, n. 1, p. 99–110, 2016.

THOMAZ, S. M.; CUNHA, E. R. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages, composition and biodiversity. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 22, n. 2, p. 218-236, 2010.

TURNER, W.; SPECTOR, S.; GARDINER, N.; FLADELAND, M.; STERLING, E.; STEININGER, M. Remote sensing for biodiversity science and conservation. **Trends in ecology and evolution**, v. 18, n. 6, p. 306-314, 2003.

USGS. United States Geological Survey. 2018. Disponível em: <<https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites>> Acessado em: 18 jul. 2018.

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: **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, p. 139-154, 2004.

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.

WATSON, L. C. **Ecology and Conservation of Arapaima in Guyana: Recovery of a Giant Fish in Distress**. 2011. 152p. Thesis (Doctorate), SUNY College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, New York, 2011.

WELCOMME, R. L. **Fisheries ecology of flood-plain rivers**. Logman, London, England. 1979.