



CARINA PATEZ PORTO

**AVALIAÇÃO DO PADRÃO ESPACIAL DA
DISTRIBUIÇÃO DOS PEIXES NO
RESERVATÓRIO MAIS PROFUNDO DO
BRASIL, RIO JEQUITINHONHA, MG**

LAVRAS – MG

2020

CARINA PATEZ PORTO

**AVALIAÇÃO DO PADRÃO ESPACIAL DA DISTRIBUIÇÃO DOS
PEIXES NO RESERVATÓRIO MAIS PROFUNDO DO BRASIL, RIO
JEQUITINHONHA, MG**

Monografia apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do curso
de Ciências Biológicas, para a
obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Paulo dos Santos Pompeu

Orientador

Dra. Ruanny Casarim

Coorientadora

LAVRAS – MG

2020

CARINA PATEZ PORTO

**AVALIAÇÃO DO PADRÃO ESPACIAL DA DISTRIBUIÇÃO DOS
PEIXES NO RESERVATÓRIO MAIS PROFUNDO DO BRASIL, RIO
JEQUITINHONHA, MG**

**EVALUATION OF THE SPATIAL PATTERN OF FISH
DISTRIBUTION IN THE DEEPEST RESERVOIR IN BRAZIL, RIO
JEQUITINHONHA, MG**

Monografia apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do curso
de Ciências Biológicas, para a
obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 17 de agosto de 2020.

Dr. Marcelo Passamani UFLA
MSe. Izabela Santos Mendes PUC Minas

Prof. Dr. Paulo dos Santos Pompeu
Orientador
Dra. Ruanny Casarim
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2020**

AGRADECIMENTOS

Ao Paulo, por ter confiado e me dado a oportunidade de fazer parte do Laboratório de Ecologia de Peixes, por ser um excelente professor e orientador. Obrigada pela paciência e por todo o conhecimento compartilhado.

À Ruanny, por ter sido uma coorientadora maravilhosa, muito além do que eu poderia esperar, por ter sido tão paciente e compreensiva, por ter me ensinado tanto, pela disponibilidade, que mesmo quando era quase impossível me atender, ainda assim você estava lá. Você é uma inspiração para mim.

Aos membros do Laboratório de Ecologia de Peixes, através de nossas reuniões semanais pude aprender um pouco sobre as linhas de pesquisa de cada um, isso foi maravilhoso, foi uma honra trabalhar com vocês.

Ao Ivo, por ter me apresentado a hidroacústica, por ensinar um pouco sobre os peixes, por ter sido tão paciente, principalmente nas coletas, obrigada pela amizade e por escutar comigo dezenas de podcasts.

À Andressa, por todos os ensinamentos em campo, principalmente sobre os peixes, pois eu não sabia quase nada sobre essas criaturinhas incríveis. Por ter tornado as coletas tão divertidas, apesar de todos os problemas e muito obrigada pela amizade.

Aos meus pais, principalmente à minha mãe, por ter me ensinado desde muito cedo a valorizar os estudos, por me ansiar a amar o conhecimento, pela confiança, por ter permitido sair tão cedo de casa para correr atrás dos meus sonhos.

Às minhas irmãs, pela amizade e parceria. Agradeço especialmente à Delane, por me apresentar a UFLA, por ter sido minha companheira por todos esses anos, sempre juntas.

À Francilene e Eliza, por terem sido muito mais que companheiras de apartamento, por terem sido amigas, irmãs, pela paciência, por todos os momentos de felicidade e tristeza que passamos juntas.

À Leticia e Gabriela, por ter sido minhas amigas desde o início. Tenho muito orgulho das biólogas maravilhosas que se tornaram.

Ao Luís Felipe, por ter sido um excelente parceiro, por estar ao meu lado nos momentos felizes e de tristeza, por sempre tentar me fazer sorrir, mesmo quando era quase impossível. Por me ensinar que a vida pode ser levada de maneira mais leve.

Às mulheres, que foram e são símbolo de luta e resistência, por terem lutado tanto para que eu pudesse me formar bióloga.

Aos professores do Departamento de Biologia, pelos ensinamentos.

Aos professores do Departamento de Ecologia e Conservação, por terem me apresentado ao maravilhoso mundo da ecologia, sempre será minha paixão.

À Universidade Federal de Lavras pela oportunidade concedida para realização da graduação e concessão da bolsa de estudos.

Ao Programa Peixe Vivo da CEMIG, pelo apoio financeiro.

RESUMO

Barramentos foram construídos nas principais bacias hidrográficas brasileiras. Além do elevado impacto representado pela formação de reservatórios, pouco se conhece sobre o padrão de distribuição dos peixes nestes ambientes. Dessa forma o presente estudo buscou responder as seguintes perguntas: como os peixes se distribuem e quais são as profundidades máximas alcançadas pelos indivíduos? Existe algum padrão de movimentação vertical diária como observado em outros reservatórios sul-americanos? Em um reservatório extremamente profundo, quais são as variáveis que influenciam no seu padrão de distribuição vertical? Este estudo foi desenvolvido no reservatório da Usina Hidrelétrica de Irapé, localizado no rio Jequitinhonha, sendo considerado o mais profundo do Brasil. Os eventos de amostragem foram realizados trimestralmente através da hidroacústica, em três pontos do reservatório, durante a estação seca (maio e agosto/2019) e chuvosa (novembro/2019 e fevereiro/2020), no período diurno e noturno. O maior número de peixes visualizados foi na estação seca e no período diurno, sendo que o peixe em maior profundidade foi detectado a 115 metros. Durante o estudo foi possível detectar migração vertical diária, mas não foi possível estabelecer um padrão para todo o reservatório. As variáveis limnológicas explicaram significativamente a distribuição espacial dos peixes. Este estudo traz informações importantes sobre o comportamento da ictiofauna do reservatório mais profundo do Brasil, servindo como auxílio para políticas de manejo e conservação da ictiofauna especialmente em bacias hidrográficas com barramentos.

Palavras-chave: Usina Hidrelétrica de Irapé. Migração Vertical Diária. Hidroacústica. Ictiofauna.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1. Área de estudo.....	10
3.2. Amostragens hidroacústicas	11
3.3. Dados limnológicos	14
3.4. Análise dos dados	14
4. RESULTADOS	15
5. DISCUSSAO.....	24
6. CONCLUSÃO.....	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

1. INTRODUÇÃO

A demanda global por energia cresceu 2,3% em 2018, o ritmo mais acelerado desta década, segundo dados da Agência Internacional de Energia (IEA, 2019) e a busca por fontes renováveis de energia como a energia hidrelétrica cresceu 4% no mundo. A matriz energética brasileira é composta basicamente pela energia hidrelétrica, o que vem criando ainda mais pressão para o barramento de rios e a consequente construção de reservatórios (IEA, 2018), sobretudo em regiões com grande potencial hidrelétrico (AGOSTINHO et al., 2007).

A formação de um reservatório para geração de energia provoca severas mudanças nas características do corpo d'água, provocando desequilíbrio na abundância e diversidade da ictiofauna, alterando a quantidade e disponibilidade de habitats e nas relações tróficas (AGOSTINHO et al., 2007; MELO, 2012). Na região do reservatório, a alteração do ambiente lótico para lêntico é o principal impacto (AGOSTINHO et al., 2008; LIEW et al., 2016; BAXTER, 1977; AGOSTINHO et al., 1999; BARLETTA et al., 2010). Essa mudança no regime afeta as principais características físicas e químicas da água, resultando nas alterações da velocidade, oxigenação, pH, turbidez, temperatura e entre outras variáveis (CRUZ et al., 2010). A fauna aquática é extremamente impactada por essas alterações, especialmente as comunidades de peixes, tornando-as mais pobres e menos estáveis (AGOSTINHO et al., 2008; CRUZ et al., 2010). A formação dos reservatórios atua como filtros ambientais, selecionando características funcionais da fauna de peixes, gerando impactos duradouros no funcionamento e serviços do ecossistema (PINTO, 2019) aumentando a probabilidade de extinção de espécies, principalmente as reoflicas (SANTOS et al., 2010).

Os avanços tecnológicos vêm resultando em melhorias drásticas na variedade de técnicas disponíveis para o estudo do comportamento espacial dos peixes em condições alteradas do habitat. O uso de sonares, tem contribuído muito para a visualização e compreensão das características da vida aquática, especialmente em reservatórios hidrelétricos, devido ao alto grau de perturbação presentes nestes ambientes (PRADO e POMPEU, 2016). Avaliações hidroacústicas ou ecossondagem em sistemas aquáticos têm se mostrado uma ferramenta eficiente na realização de estudos para avaliar a movimentação, distribuição e preferência pelo habitat (BUSCH & MEHNER, 2009; CASARIM, 2014; PRADO e POMPEU, 2014; LOURES e POMPEU, 2015). Além disso, é possível através da prospecção estimar a abundância e a biomassa dos organismos (BRANDT, 1991; BEAUCHAMP, DONNA & ROY., 2009).

A hidroacústica tem sido de grande valia para a compreensão do funcionamento de comunidades aquáticas em reservatórios hidrelétricos, principalmente naqueles com grandes profundidades, nos quais, métodos tradicionais de amostragem, como redes e emalhar, tarrafa ou arrasto não conseguem amostrar adequadamente. Já a hidroacústica é uma ferramenta capaz de detectar organismos em até 2000 m de profundidade (BIOSONICS, INC. 2004). Acredita-se que áreas profundas de reservatórios permanecem inabitadas ou pouco exploradas, pela falta de espécies de peixes pré-adaptadas sendo que estas áreas muitas vezes são anóxicas (AGOSTINHO et al., 2007). Porém, é preciso confirmar tal padrão, através de amostragens mais adequadas a estes ambientes.

Os primeiros estudos utilizando a hidroacústica para monitoramento de peixes em reservatórios brasileiros foram conduzidos na Usina Hidrelétrica de Três Marias, instalada no rio São Francisco (LOURES et al., 2013). O estudo realizado por Prado e Pompeu (2016) diagnosticou a ocorrência do comportamento de migração vertical diária na comunidade de peixes do reservatório, onde tal padrão foi relacionado à transparência da água, temperatura e oxigênio dissolvido (PRADO e POMPEU, 2016). No entanto,

não há estudos para a avaliação desse padrão de comportamento em outros reservatórios brasileiros, sendo esses estudos extremamente importantes para a compreensão de um padrão de distribuição da ictiofauna servindo como auxílio para políticas de manejo e conservação das espécies.

Estudos sobre a fauna de peixes da bacia do rio Jequitinhonha são, ainda, muito escassos (ANDRADE, 2010), mesmo sendo uma região altamente endêmica em peixes (RIBEIRO, 2006). A bacia do rio Jequitinhonha possui cinco espécies catalogadas no livro vermelho de espécies ameaçadas de extinção (MACHADO et al., 2008; ICMBIO, 2018), sendo as principais razões para esta inclusão, a pesca predatória, assoreamento, barramento do rio, introdução de espécies não-nativas, poluição e perda de habitat (ICMBIO, 2018). Os barramentos estão entre as principais causas pela perda de espécies ou empobrecimento das comunidades ícticas (AGOSTINHO, 2007; ANDRADE, 2010).

Este estudo, buscou preencher essa lacuna de conhecimento existente no reservatório mais profundo do Brasil e com a segunda barragem mais alta da América Latina, a Usina Hidrelétrica de Irapé (UHEIR) (CACHAPUZ et al., 2006; GODINHO e LOURES, 2017). Neste reservatório, devido à sua grande profundidade, a hidroacústica se torna a única técnica capaz de avaliar padrões de distribuição de peixes. Dessa forma, este estudo teve como objetivo responder as seguintes perguntas: como os peixes se distribuem e quais são as profundidades máximas alcançadas pelos indivíduos? Existe algum padrão de movimentação vertical diária como observado em outros reservatórios sul-americanos? Em um reservatório extremamente profundo, quais são as variáveis que podem explicar a distribuição espacial vertical dos peixes?

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Barramentos estão sendo construídos nas principais bacias hidrográficas brasileiras para fins de abastecimento humano, irrigação e principalmente, geração de energia elétrica (AGOSTINHO et al. 2008). Os barramentos têm grande importância para o desenvolvimento econômico, porém, a construção e operação dessas estruturas geram diversos impactos ambientais negativos, promovendo alterações graves e irreversíveis no regime hidrológico natural dos rios, alterando a qualidade e distribuição dos habitats e a dinâmica de toda a biota aquática (AGOSTINHO et al. 2008; SILVA, 2012; MAFFRA e DE SOUZA, 2018).

A construção de reservatórios causa grandes modificações não só com relação à ictiofauna, como também nos demais componentes da fauna e flora e da zona ripária, uma vez que há supressão vegetal e alteração do meio físico (BRAVIN et al., 2005; DA SILVA e AMARAL, 2018). Os efeitos das barragens incluem mudanças no fluxo, carga de sedimentos, temperatura, qualidade da água e perda da conectividade lateral e de montante-jusante (ALLAN e CASTILLO, 2007), algumas áreas do reservatório podem ainda se tornar inabitáveis para algumas espécies de peixes devido à estratificação térmica e química (AGOSTINHO et al., 2007), sendo este fator, um dos principais responsáveis pela grande heterogeneidade vertical em um reservatório (ESTEVES, 1998; PADIAL et al., 2009).

A distribuição vertical da fauna aquática é chamada de Migração Vertical Diária (MVD), a qual surge em resposta a fatores biológicos e físico-químicas do meio ambiente (RECHENCQ et al., 2011). Em geral, os padrões verticais e horizontais das variáveis físico-químicas da água, incluindo temperatura, oxigênio e luminosidade, e fatores biológicos, como abundância de presas, taxas de alimentação ou assimilação e risco de predação têm influência direta sobre a composição e distribuição espacial de peixes (ROWE e CHISNALL, 1995; GARNER et al., 1998; GAL et al., 1999; DE OLIVEIRA

e GOULART, 2000; HRABIK, 2006; GHIDINI, 2007; STOCKWELL et al., 2010; RECHENCQ et al., 2011).

A MVD foi observada para várias espécies de zooplânctons como uma resposta comportamental contra predadores visuais (peixes), pois esse comportamento diminui a sobreposição espacial entre presas e seu potencial predador (BEZERRA-NETO e PINTO-COELHO, 2007; KAHILAINEN et al., 2009; SEMYALO et al., 2009; WOJTAL-FRANKIEWICZ et al., 2010; GIRON, 2013). Este grupo pode viver horas abaixo da oxiclina, em resposta ao aumento do risco de predação causado por peixes (JANSSEN e BRANDT, 1980; BEZERRA-NETO e PINTO-COELHO, 2002; WOJTAL-FRANKIEWICZ et al., 2010). Estudos mostram que onde há a presença de peixes planctívoros/onívoros, a distribuição vertical se propaga em diferentes níveis tróficos, configurando interações comportamentais em cascata (BEZERRA-NETO et al., 2007).

Os avanços tecnológicos vêm resultando em melhorias drásticas na variedade de técnicas disponíveis para o estudo do comportamento espacial dos peixes em condições alteradas do habitat, principalmente em reservatórios hidrelétricos, devido ao alto grau de perturbação desses ambientes (PRADO e POMPEU, 2016). Uma das abordagens utilizadas é o sonar (acrônimo de Sound Navigation and Ranging), o qual tem contribuído para a visualização e compreensão das características da vida aquática. O uso utiliza energia acústica propagada o que permite a detecção e o posicionamento remoto de estruturas biológicas ou físicas variáveis presentes na água (BRANDT, 1996). Essa ferramenta que vem ganhando espaço no ramo da pesquisa ictiológica, pois permite visualizar a distribuição e abundância dos peixes (LUCAS e BARAS, 2000).

A utilização do som transmitido para detecção de peixes é conhecida na literatura como hidroacústica, ecossom, acústica subaquática (BRANDT, 1996; LUCAS & BARAS, 2000). A função da ecossonda é transmitir um pulso de alta voltagem para o transdutor. A energia elétrica é transformada pelo transdutor em uma onda de som, que é liberada na água. A onda sonora

incidente atingirá o objeto e será refletida em todas as direções, mas apenas uma pequena porção dela será novamente detectada pelo transdutor. Ao retornar ao transdutor, a onda sonora é novamente transformada em energia elétrica, amplificada, filtrada pelo receptor e armazenada (BRANDT, 1996; FERNANDES et al., 2002; SIMMONDS & MACLENNAN, 2005).

Nos peixes, a reflexão acústica é produzida principalmente pela bexiga natatória pelo fato de ser parcialmente cheia de ar, possuindo uma impedância elevada, em contraste com a água ou outros tecidos do peixe (BRANDT, 1996). O levantamento acústico é mais preciso quando os peixes estão localizados na coluna de água e os alvos dos peixes estão mais escassamente distribuídos, assim, apenas uma pequena proporção dos ecos se sobrepõe, sendo possível identificar e contar os ecos de cada peixe (SIMMONDS & MACLENNAN, 2005). A contagem fornece então, uma estimativa da densidade numérica dos peixes no feixe acústico, suas distribuições e seus tamanhos (BALK et al., 2002; BRANDT, 1996). O uso desta técnica tem sido aplicada majoritariamente em ambientes marinhos, mas seu uso em água doce vem aumentando, tanto para avaliar estoques pesqueiros quanto para estudar a heterogeneidade espacial na distribuição de peixes (BRANDT., 1996; SUMIDA et al., 2004; BEZERRA-NETO et al., 2013).

Assim como outras técnicas de amostragem, a hidroacústica possui vantagens e desvantagens. Dentre as principais vantagens estão: a capacidade de amostrar regiões extremamente profundas; a habilidade de observar e estimar a quantidade de indivíduos debaixo da superfície da água sem interferir no ambiente; não há captura dos peixes; possibilita a amostragem de grandes áreas em um relativo curto período de tempo; precisão e confiabilidade dos resultados. Algumas das desvantagens são a incapacidade de identificação taxonômica e dificuldades em amostrar ambientes rasos (MACLENNAN, 1990; BRANDT, 1996; VEHANEN et al., 1998; LUCAS & BARAS, 2000; BIOSONICS, INC. 2004; SIMMONDS & MACLENNAN, 2005; PARKER-STETTER et al., 2009).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

A bacia do rio Jequitinhonha possui uma área de drenagem que compreende aproximadamente 70.315km² e está localizada entre os paralelos 16° e 18°S e os meridianos 39° e 44°W, situada predominantemente na região norte do estado de Minas Gerais com 66.319 km² e em uma pequena porção de 3.996 km² no sudeste do estado da Bahia (GONÇALVES, 1997). As características climáticas da bacia do rio Jequitinhonha variam do clima semiárido a úmido, a pluviosidade média anual varia entre 600 e 1.600 mm, com irregular distribuição ao longo do ano. A estação chuvosa concentra-se basicamente em seis meses do ano (outubro a março) (GONÇALVES, 1997; FERREIRA e SILVA, 2012), sendo o trimestre dezembro/fevereiro responsável por mais de 50% da precipitação total (GONÇALVES, 1997). A temperatura média anual apresenta pouca variação, situando-se na faixa de 21 a 24°C, sendo mais amenas nas zonas serranas e mais elevadas nas zonas deprimidas. O mês de mais elevada é fevereiro e o mês de menor temperatura é junho (GONÇALVES, 1997). Os principais afluentes do rio Jequitinhonha são os rios Itacambiruçu, Vacaria, Salinas, São Pedro e São Francisco na margem esquerda, e pela margem direita os rios Araçuaí, Piauí, São Miguel e São João (SILVA e FERREIRA, 2012).

Este estudo foi desenvolvido no reservatório da Usina Hidrelétrica de Irapé (UHEIR). A UHEIR denominada oficialmente como Usina Presidente Juscelino Kubitschek, está localizada nos municípios de Berilo e Grão-Mongol (MG) (16°44'15"S, 42°34'30"W). A UHEIR apresenta três unidades geradoras com potência instalada de 120 MW cada, somando um total de 360 MW. A área de influência do reservatório abrange os municípios de Berilo, Grão Mogol, José Gonçalves de Minas, Leme do Prado, Botumirim, Cristália e Turmalina (CACHAPUZ, 2006). Em 2006 iniciou-se a operação de geração de energia hidrelétrica, com um reservatório de 142,95 km² e uma

barragem de 205 metros de altura, sendo considerada, dessa forma, a mais alta do Brasil e a segunda da América Latina (CACHAPUZ, 2006; GODINHO e LOURES, 2017). No nível máximo operativo (510m) o reservatório possui uma extensão de 150 km no Rio Jequitinhonha e 50 km no seu afluente, o Rio Itacambiruçu.

3.2. Amostragens hidroacústicas

O estudo foi realizado em três pontos do reservatório, IR1(-16.755389; -42.622267), IR2 (-16.739392; -42.608928) e IR3 (-16.724417; -42.655367). O ponto IR1 estava localizado no braço do rio Jequitinhonha, o IR2 na tomada d'água, logo a montante da barragem de Irapé, já o ponto IR3 no braço do rio Itacambiruçu (Figura 1).

Imagens hidroacústicas foram prospectadas trimestralmente no reservatório da UHE Irapé através da ecossondagem. Os eventos de amostragem foram realizados durante a estação seca (meses de maio e agosto de 2019) e na estação chuvosa (meses de novembro de 2019 e fevereiro de 2020), durante o período diurno (por volta das 09:00 horas) e no período noturno (por volta das 19:00 horas). As amostragens aconteceram ao longo de transectos pré-determinados em zig-zag durante aproximadamente uma hora de prospecção. (Figura 1). O grau de cobertura, o formato, o espaçamento, o tempo de prospecção e o comprimento dos transectos foram definidos a fim de assegurar o mapeamento preciso da comunidade de peixes do reservatório de Irapé, seguindo as recomendações da literatura (SMMONDS & MACLENNAN, 2005; PARKER-STETTER et al., 2009).

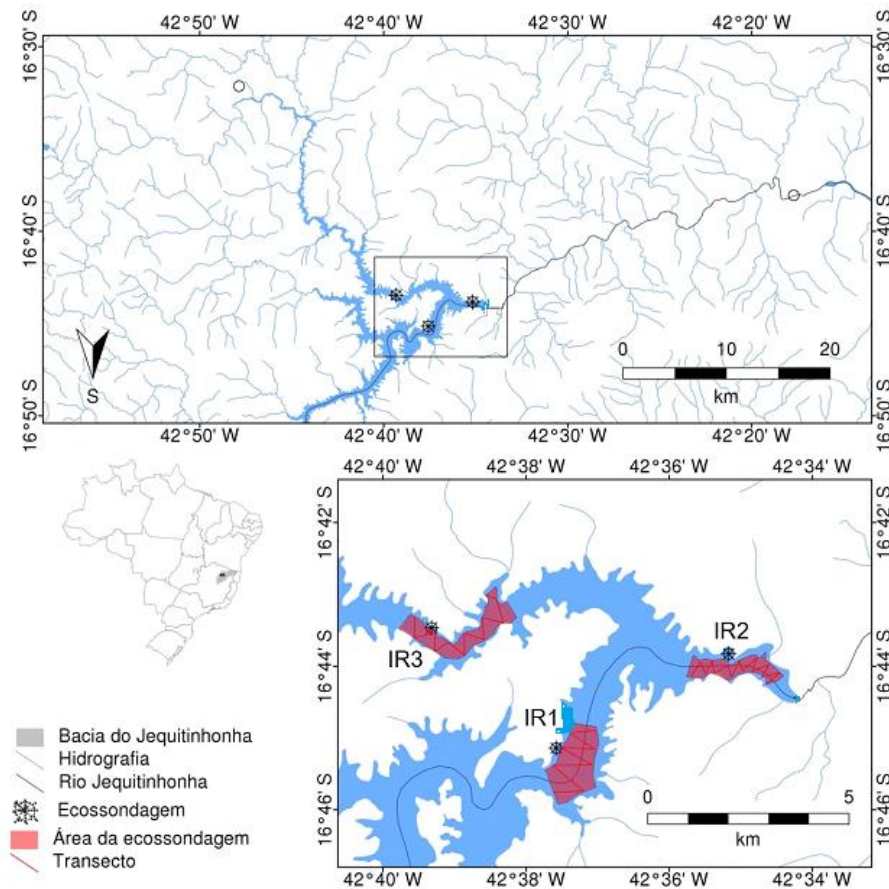


Figura 1. Mapa da UHE Irapé evidenciando os pontos amostrados durante as campanhas nos três pontos amostrados, IR1, IR2, IR3. A área de cobertura da ecossondagem está evidenciada pela cor vermelha e os transectos realizados pelas linhas vermelhas. (Fonte: Rodrigo Dias).

Foi utilizado um barco de alumínio equipado com uma ecossonda BioSonics Científica Digital DT-X, com um transdutor digital DT-X *split beam* feixe de 120 kHz, com abertura circular de visualização de 6°, montado em uma estrutura de metal na lateral do barco. O feixe de sonar foi direcionado verticalmente para o fundo do reservatório, ficando cerca de 0,5 m abaixo da superfície da água. Um sistema de posicionamento global diferencial (DGPS), com uma antena de alta sensibilidade 17X NMEA 0183HVS Garmin também

foi acoplado ao sistema. O barco foi mantido a uma velocidade média de 7 km/h. Para aquisição dos dados e classificação dos alvos visualizados, vários parâmetros da ecosonda foram configurados (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros utilizados na configuração da ecosonda para aquisição e processamento dos dados.

Parâmetro	Valor
Comprimento de pulso transmitido (m/s)	0,4
Taxa de pulsos	3 pps
Visualização máxima esperada	155 metros
Limiar de energia acústica (<i>Threshold</i>)	-65 dB
Largura do feixe entre 3dB e -3 dB	6,8° x 6,8°
Salinidade	0
Posição do transdutor	Vertical
Temperatura	Mensurado durante a amostragem
pH	Mensurado durante a amostragem
Velocidade do som (m/s)	Mensurado durante a amostragem *
Coefficiente de absorção (dB/m)	Mensurado durante a amostragem **

* Algoritmos do *Visual Acquisition* baseado em Medwin (1975) e Pike & Beiboer (1993).

** Algoritmos do *Visual Acquisition* baseado em Francois & Garrison (1982) e MacLennan & Simmonds (1992).

Antes do início da coleta dos dados o equipamento foi calibrado usando uma esfera de carboneto de tungstênio, seguindo as recomendações de FOOTE, 1987 e BIOSONICS Inc., 2004. A ecosonda foi calibrada com valor de TS (*Target Strength*) mínimo de -65 dB, já que reflexões acústicas de peixes geralmente variam entre -25 a -65 dB (BRANDT, 1996). O TS é a razão entre a quantidade de energia transmitida pelo transdutor sobre um alvo e a energia que é refletida por esse alvo (SIMMONDS & MACLENNAN, 2005).

Para ser considerado um traço de peixe (*fish track*) foi necessário a detecção de no mínimo três ecos individuais de um mesmo alvo, estivessem separados um do outro por no máximo três pings (pulsos). A duração do pulso foi definida em 0,4 m/s com uma taxa de três pulsos por segundo, o que permitiu a detecção mais segura de peixes em locais mais rasos e mais profundos.

Os dados acústicos foram registrados em um laptop, onde foi possível a recepção e a visualização dos dados em tempo real através do Software Visual Acquisition, versão 6.0 (BIOSONICS Inc., 2010). Os dados gerados em cada ponto e em cada período foram exportados para o software Echoview versão 4.8 (Myriax) para posterior tratamento, padronização e avaliação dos dados obtidos.

3.3. Dados limnológicos

As variáveis limnológicas da água (pH, temperatura, oxigênio dissolvido (OD) em partes por milhão (ppm) e transparência) foram coletadas na subsuperfície em cada ponto e a cada coleta antes do início da realização das amostragens, utilizando uma sonda multiparâmetros SX836. Para mensuração da transparência foi utilizado um disco de Secchi.

As variáveis pH e temperatura foram utilizados para o cálculo da velocidade do som e do coeficiente de absorção na água, sendo estes dados essenciais para a calibração adequada da ecossonda às condições reais do ambiente no momento da amostragem.

3.4. Análise dos dados

Diferenças na profundidade média dos traços de peixes entre o dia e a noite, em cada ponto e a cada coleta foram testadas através da análise de variância, ANOVA, quando comprovada a normalidade dos dados, ou através do teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis.

Para avaliar o papel da profundidade média do reservatório e das variáveis limnológicas (Temp média, Temp máx, OD médio e Transparência) na distribuição vertical dos traços de peixes, foram realizadas regressões múltiplas com as seguintes variáveis: profundidade média, máxima, mínima, e percentis 10, 50 e 90 em uma escala de 0 a 100. Todas as análises foram realizadas no software Statistica.

4. RESULTADOS

Foram gerados 24 arquivos de ecossondagem na área de estudo. O número total de peixes detectado durante todas as amostragens de campo foi de 2.314. Temporalmente, a maior abundância de peixes foi no mês de maio (2019) (1.256 indivíduos), enquanto o mês de novembro (2019) apresentou a menor quantidade de peixes (227 indivíduos). Em todos os pontos de coleta a estação com maior número de peixes foi a estação seca, total de 1.607, enquanto na estação chuvosa foram visualizados 707 indivíduos (Figura 2).

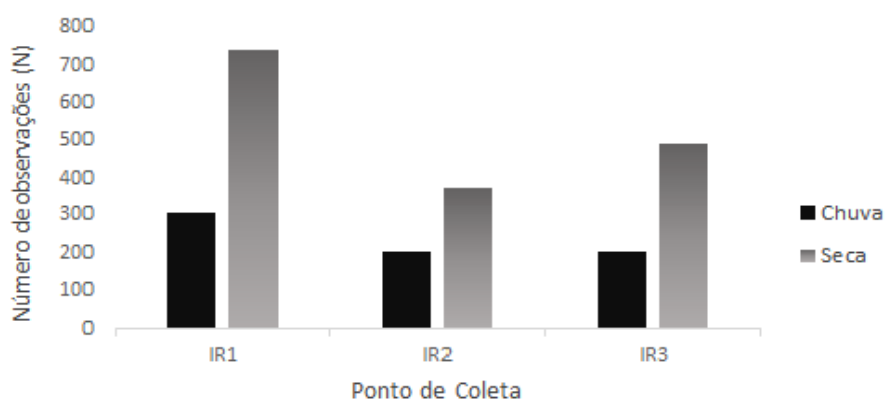


Figura 2. Número de traços de peixes (N visualizados) em cada ponto de amostragem, e nas estações chuvosa e seca.

O número de peixes detectados variou entre 14 e 350 no período do dia e entre 28 e 278 indivíduos no período da noite. O ponto localizado no braço do rio Jequitinhonha (IR1) apresentou a maior abundância entre os pontos em estudo, seguido do ponto IR3, localizado no braço do rio Itacambiruçu, entretanto o ponto que apresentou a menor quantidade de peixes detectados foi o IR2, sendo o ponto localizado mais próximo ao barramento (Tabela 2). Durante todo o estudo não houve observação de agregações de peixes, ou seja, cardumes.

Tabela 2. Total de peixes visualizados no período do dia e da noite nos três pontos de coleta durante as amostragens, nos meses de maio, agosto e novembro (2019) e fevereiro (2020).

Estação	Mês	Período	Pontos de coleta		
			IR1	IR2	IR3
Seca	Maio	Dia	350	103	188
		Noite	278	100	237
	Agosto	Dia	55	86	19
		Noite	81	86	48
Chuva	Novembro	Dia	57	14	24
		Noite	81	36	28
	Fevereiro	Dia	134	113	93
		Noite	45	38	57
Total por ponto			1044	576	694
Total geral			2314		

A média da profundidade dos peixes na coluna d'água acompanhou proporcionalmente a média da profundidade do transecto (Tabela 3). No ponto IR1 a profundidade média do transecto foi de 56,3 m e a média da profundidade dos peixes naquele ponto foi de 20,8 m. A profundidade média do ponto IR2 foi de 75,9 m, sendo esse o ponto o mais profundo, apresentando também a maior média da profundidade dos peixes, 26,9 m. Já no ponto IR3, a profundidade média do transecto foi de 56,4 m e a média da profundidade

dos peixes foi de 17,9 m, sendo o ponto com a menor profundidade média dos peixes. A maior profundidade alcançada por um peixe em todo o reservatório foi de 115 m no ponto IR1, braço do rio Jequitinhonha.

Tabela 3. Valores das profundidades dos peixes e dos transectos nos três pontos de coleta.

Profundidade dos peixes (m)	Pontos de coleta		
	IR1	IR2	IR3
Mínima	4,0	1,8	1,9
Média	20,8	26,9	17,9
Máxima	114,9	91,3	63,5
Profundidade dos transectos (m)	IR1	IR2	IR3
Média	56,3	75,9	56,4
Máxima	140,9	154,9	118,7

Em todos os pontos e em todos os meses amostrados, os peixes visualizados estavam em sua maioria, localizados até os 30 m de profundidade (Figura 3). Apenas no ponto IR2 os peixes apresentaram uma maior distribuição na coluna d'água, fazendo o seu uso significativo até os 50 m de profundidade.

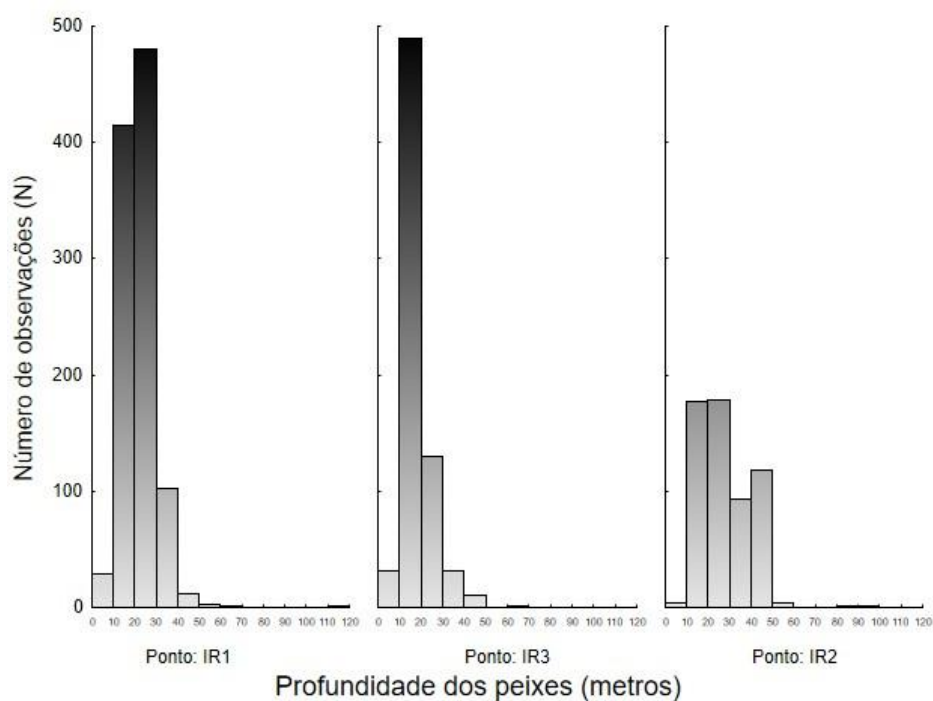


Figura 3. Distribuição espacial dos peixes nos diferentes pontos do reservatório da UHEIR.

No período noturno, os peixes estiveram distribuídos em profundidades maiores do que durante o dia, havendo detecções de indivíduos em profundidades superiores a 100 metros (Figura 4). Durante o dia, apenas em maio (2019) e fevereiro (2020), nos pontos IR1 e IR3, respectivamente, foram detectados peixes em profundidades superiores a 60 metros.

O padrão clássico de migração vertical foi observado em alguns meses e em alguns pontos (Figura 4; Tabela 4). Houve diferença significativa na distribuição dos peixes durante o dia e a noite nos meses de maio (2019) nos pontos IR1 e IR3, em agosto (2019) apenas no ponto IR2 e em fevereiro (2020) esse padrão de distribuição foi significativo nos pontos IR1 e IR2.

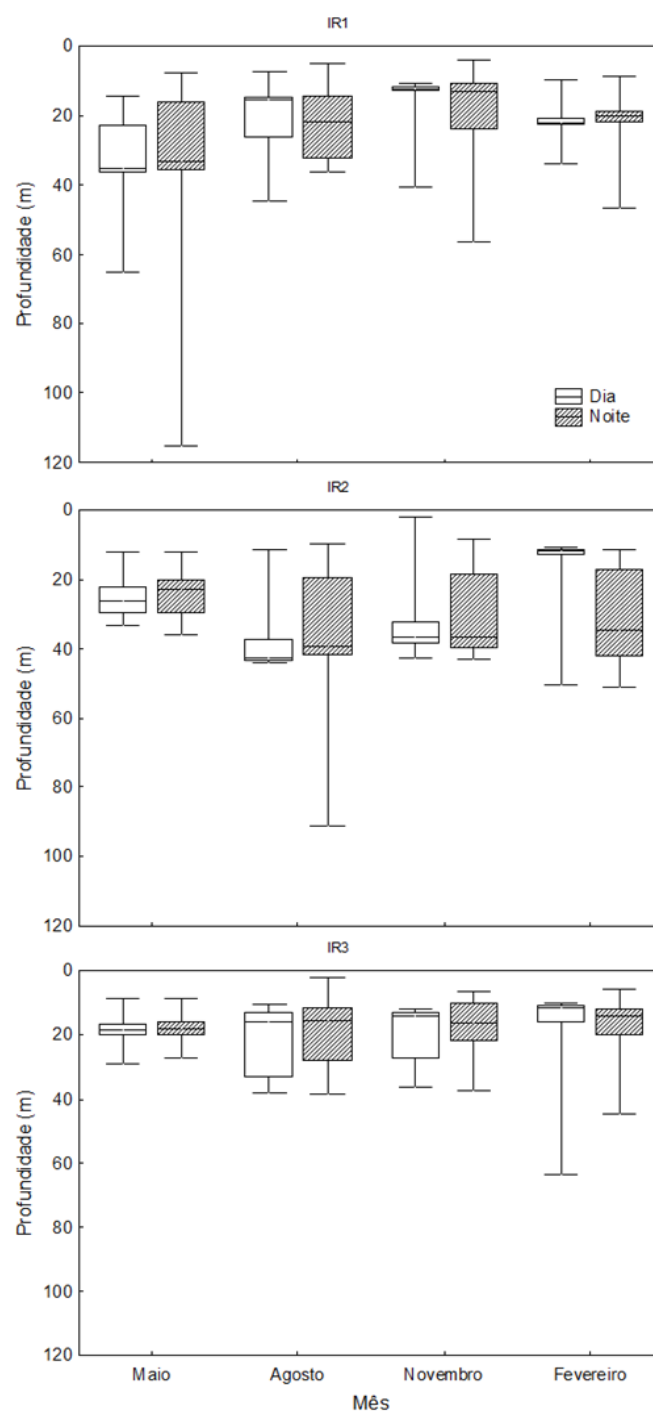


Figura 4. Distribuição dos peixes na coluna d'água do reservatório UHEIR por período e mês de amostragem e por pontos.

Tabela 4. Resultados da ANOVA para a verificação de diferenças na profundidade média dos peixes entre os períodos de dia e noite por ponto e mês de amostragem. Para dados não normais é apresentado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (Kwh). Os valores de p destacados em negrito são os valores com resultado significativo.

Mês	Ponto de coleta					
	IR1		IR2		IR3	
Maio	F	(1;626) = 19,47	F	(1;201) = 3,55	F	(1;423) = 5,54
	p	<0,001	p	0,060	p	0,019
Agosto	F	(1;110) = 2,21	F	(1;170) = 9,00	F	(1;65) = 0,88
	p	0,139	p	0,003	p	0,349
Novembro	F	(1;123) = 0,69	F	(1;48) = 0,48	Kwh	(1;52) = 0,65
	p	0,405	p	0,488	p	0,419
Fevereiro	F	(1;177) = 23,77	F	(1;149) = 50,09	F	(1;148) = 1,11
	p	<0,001	p	<0,001	p	0,291

Variáveis limnológicas e a profundidade do reservatório foram capazes de explicar de 19 a 61% das diferentes métricas relacionadas ao padrão vertical de distribuição dos peixes na UHEIR (Tabela 5).

Tabela 5. Resultados dos modelos de regressão para determinantes limnológicas.

	Profundidade dos Peixes					
	Média	Máx.	Mín.	P10	P50	P90
R ² adj (model)	0.60	0.36	0.23	0.53	0.61	0.19
P (model)	<0.001	0.001	0.011	<0.001	<0.001	0,026
Variáveis do reservatório incluídas (p)						
Temp média	<0.001				<0.001	

Temp máx		0.011	<0.001	
Prof. média				0.026
Prof. máx	<0.001		0.002	<0.001
OD médio		0.001		
Transparência				

A mediana das profundidades dos peixes foi significativamente relacionada à profundidade máxima do transecto (R^2 ajustado 0.61; $p < 0.001$) (Tabela 5; Figura 5).

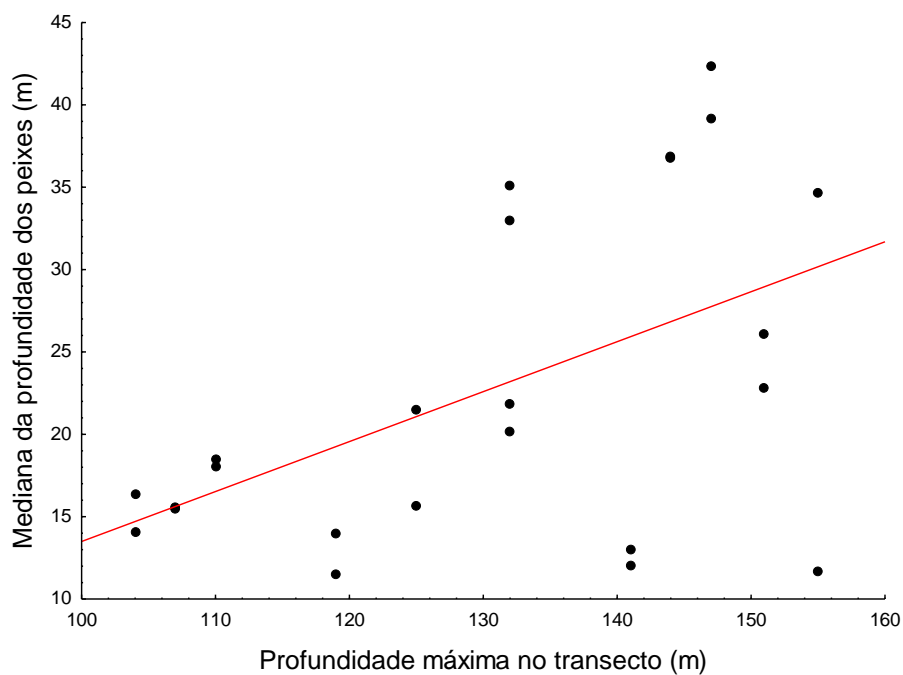


Figura 5. Regressão linear simples entre profundidade máxima observada no transecto e a mediana da profundidade dos peixes.

Os valores de oxigênio dissolvido ao longo da campanha variaram de 0 a 8,9 ppm, com uma média de 4,9 ppm. A menor e a maior concentração foi registrada na estação de chuva e de seca, respectivamente. No mês de novembro, em que foi registrada a menor média de OD (OD = 3,7 ppm), a maior parte dos peixes foram detectados em até 33,7 m de profundidade. Já no mês de agosto, quando foi registrada a maior média (OD = 6,3 ppm), grande parte dos peixes exploraram maior profundidade, até 41,3 m. A maior parte dos peixes foram localizados nos estratos em que a concentração de OD médio foi entre 4 e 6 ppm (Figura 6).

A profundidade máxima dos peixes foi significativamente relacionada à média de OD (Tabela 5; Figura 6). Dessa forma, quanto maior a média de oxigênio dissolvido na água, maior foi a profundidade máxima em que os peixes estiveram no reservatório (R^2 ajustado 0.36; $p = 0.001$).

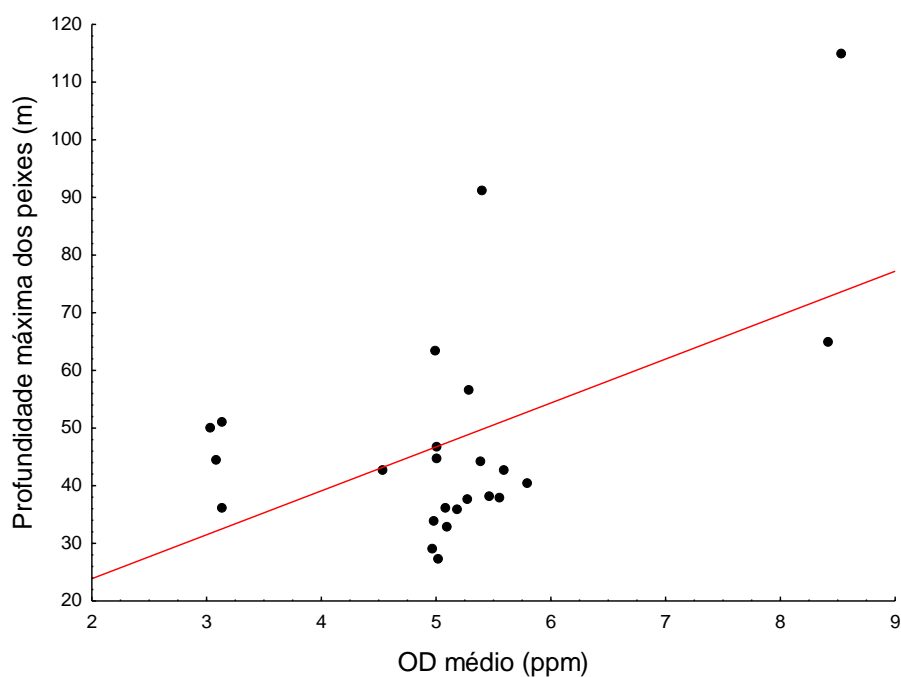


Figura 6. Regressão linear simples entre oxigênio dissolvido (OD) médio e a profundidade máxima dos peixes.

Durante as campanhas, a temperatura da água variou de 22,5 a 29,1 °C, com média de 24,7 °C. Assim, foi possível observar que os peixes se concentraram em camadas com temperatura entre 24 a 28 °C (Figura 7).

A profundidade mínima dos peixes foi significativamente relacionada a temperatura máxima da água do reservatório (R^2 ajustado 0.23; $p = 0.011$) (Tabela 5; Figura 7). Quando o reservatório apresentou uma temperatura mais elevada os peixes tenderam a se distribuir em maiores profundidades.

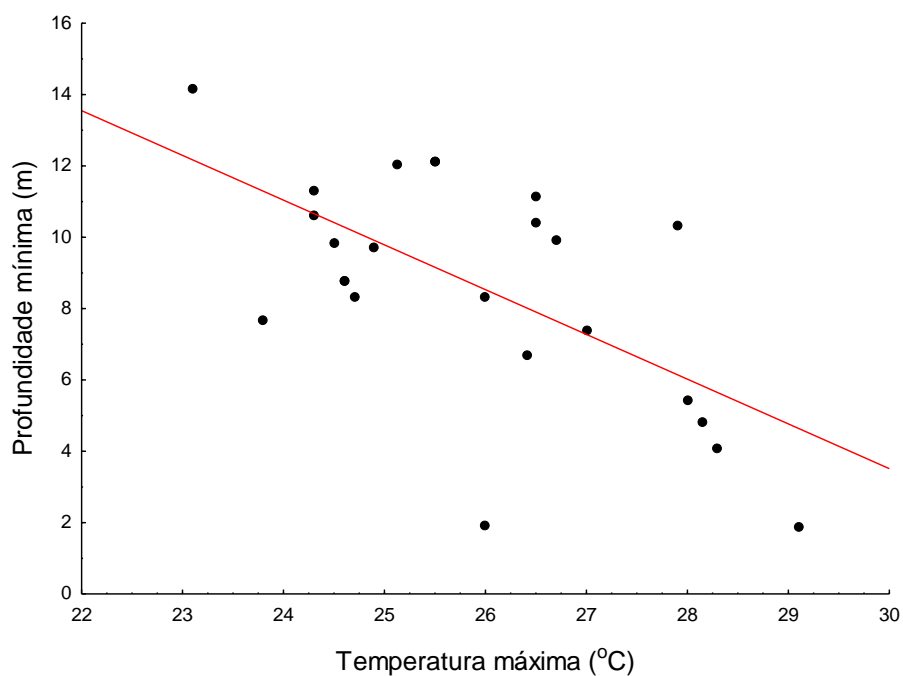


Figura 7. Regressão linear simples entre a profundidade mínima e a temperatura máxima.

5. DISCUSSÃO

Neste estudo, detectamos peixes em profundidades maiores que as usualmente registradas, verificamos a ocorrência de migração vertical de peixes, bem como foi possível avaliar como as diferentes variáveis do reservatório influenciam na distribuição vertical dos peixes.

Grande parte dos peixes detectados neste estudo esteve em na zona litorânea do reservatório, até os 30 m de profundidade. Apesar do grande volume de água e da extensa área alagada, em grandes reservatórios como o da UHEIR, a ictiofauna tende a habitar a zona litorânea, criando abismos demográficos nas regiões pelágica e profunda (AGOSTINHO, 2007). Isto explica a baixa detecção de peixes em regiões muito profundas no reservatório da UHEIR, corroborando o baixo potencial das espécies em explorar habitats pelágicos criados com a construção de reservatórios (AGOSTINHO, 2007).

Embora as populações de peixes tenham se concentrado em profundidades intermediárias (~ 30 m), são profundidades elevadas em relação a outros estudos realizados em reservatórios no Brasil (PRADO E POMPEU, 2014). A maior profundidade alcançada por um peixe foi de aproximadamente 55 m no reservatório de Três Marias (PRADO E POMPEU, 2014), uma profundidade menor quando comparado a profundidade máxima encontrada na UHEIR, de 115 m.

Com relação ao uso da coluna d'água pelos peixes, foi possível verificar a existência de um padrão clássico de distribuição vertical dos peixes. Embora tenha-se observado uma tendência a ocorrer MVD dos peixes, onde os peixes estiveram distribuídos no fundo durante o dia e próximos à superfície durante a noite (BUSCH e MEHNER, 2009; PRADO e POMPEU, 2016). Contudo, não foi possível estabelecer um padrão para todo o reservatório, pois houve a observação desse fenômeno em sentido contrário, ou seja, peixes em camadas mais rasas durante o dia, sendo esse padrão significativo no mês de fevereiro (2020) no ponto IR2.

O fenômeno da MVD é pouco documentado em reservatórios neotropicais (PRADO e POMPEU, 2016). No Brasil, o único estudo para avaliação desse comportamento foi realizado no reservatório de Três Marias, no qual foi observado a ocorrência desse fenômeno ao longo do ano, havendo uma correlação positiva principalmente com a transparência da água, OD e temperatura (PRADO e POMPEU, 2016). As características morfológicas e limnológicas entre esses reservatórios podem ser uma explicação para a diferença nos resultados, pois o reservatório de Três Marias possui uma área maior e muitas vezes ocorre o fenômeno de estratificação térmica no lago represado (SAMPAIO e LÓPEZ, 2003), além disso, uma segunda diferença é a profundidade do reservatório da UHEIR, que é duas vezes mais profundo do que o de Três Marias. A transparência da água está intimamente relacionada aos mecanismos de predação e fuga das presas (GHIDINI, 2007; STOCKWELL et al., 2010). Evitar a predação faz com que os peixes permaneçam em camadas profundas durante o dia (MEHNER, 2012). O comportamento anti-predação e maximização da ingestão de alimentos são consistentes com os padrões de distribuição vertical apresentados por peixes (APPENZELLER e LEGGETT, 1995), podendo alterar o uso do hábitat de acordo com a lucratividade de diferentes áreas (GARNER et al., 1998). Fatores como oxigenação e temperatura também podem interagir para guiar os peixes a camadas mais rasas ou mais profundas, sugerindo assim, que a MVD é causada por uma complexa interação de vários fatores ao longo dos gradientes verticais (MEHNER, 2012).

A mediana das profundidades dos peixes foi significativamente relacionada à profundidade máxima do transecto, demonstrando assim, que quanto maior a profundidade do reservatório, maior é a profundidade dos peixes. Contudo, em reservatórios de maior profundidade a distribuição da ictiofauna pode não ser uniforme, e a ocupação pode ser restrita à região litorânea. Além disso, algumas espécies podem permanecer nas regiões mais profundas em alguns momentos e realizarem migrações verticais e laterais periódicas para a região litorânea (AGOSTINHO, 2007).

Este estudo mostra que peixes podem alterar sua distribuição na coluna d'água conforme a concentração do oxigênio dissolvido no meio. Foi observado que o OD afetou o padrão de distribuição dos peixes. Dessa forma, quando a disponibilidade de OD no reservatório foi alta, os peixes se distribuíram nas camadas mais profundas, sendo estes resultados similares aos de Prado e Pompeu (2016).

A relação significativa da profundidade mínima dos peixes com a temperatura máxima da água, mostra como que os peixes se distanciam da superfície quando a temperatura é mais elevada. Os gradientes verticais de temperatura podem guiar os peixes a determinadas profundidades (LEVY, 1990), e pelo fato de a termorrecepção dos peixes ser sensível a pequenos gradientes de temperatura, os peixes podem encontrar camadas com temperaturas energeticamente ótimas, sejam em menores ou maiores profundidades (MEHNER et al., 2010).

Estes resultados indicam que gradientes de oxigênio e temperatura afetam significativamente a profundidade dos peixes. Assim, quando o OD apresentou uma maior concentração e a temperatura estava mais elevada, os peixes se encontraram em maior profundidade. Estas variáveis estão intimamente relacionadas à fatores como eficiência bioenergética, assim como fuga de predação e forrageamento (MEHNER, 2012). Entretanto, os peixes podem sair da zona de temperatura e condições de oxigênio ótima para eles, afim de evitar predadores ou para se alimentar (AHRENSTORFF et al., 2013), resultando em padrões de deslocamento diário.

6. CONCLUSÃO

Através desse estudo foi possível compreender melhor a dinâmica de uso da coluna d'água pelos peixes no reservatório da UHEIR. Esses resultados evidenciaram que os peixes podem mudar seu comportamento em relação ao

meio, ou seja, a ictiofauna pode responder as variações ambientais. Entretanto, é importante ressaltar que apesar dessa resposta à essas variações, somente uma pequena parcela dos organismos que faz. A partir dos resultados obtidos fica claro que apesar do reservatório ser extremamente profundo, o que limita a distribuição dos peixes neste ambiente não é a profundidade, mas sim as condições físicas e químicas da água. Esses resultados são importantes para fornecer informações na implementação de medidas de gestão e mitigação dos efeitos que as usinas hidrelétricas causam na comunidade de peixes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINHO, A. A. et al. Patterns of colonization in Neotropical reservoirs, and prognoses on aging.: Tundisi, JG & Straskraba, M. eds. Theoretical reservoir ecology and its applications. Leiden, International Institute of Ecology. 1999.

AGOSTINHO, Angelo Antônio, Luiz Carlos Gomes, and Fernando Mayer Pelicice. "Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil." (2007).

AGOSTINHO, Angelo Antonio; PELICICE, Fernando Mayer; GOMES, Luiz Carlos. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. **Brazilian journal of biology**, v. 68, n. 4, p. 1119-1132, 2008.

AHRENSTORFF, Tyler D. et al. Food resource effects on diel movements and body size of cisco in north-temperate lakes. **Oecologia**, v. 173, n. 4, p. 1309-1320, 2013.

ALLAN, J. David; CASTILLO, María M. **Stream ecology: structure and function of running waters**. Springer Science & Business Media, 2007.

ANDRADE, F. Estado atual do conhecimento sobre a fauna de peixes da bacia do Jequitinhonha. **MG Biota**, v. 2, p. 23-35, 2010.

APPENZELLER, A. R.; LEGGETT, W. C. An evaluation of light-mediated vertical migration of fish based on hydroacoustic analysis of the diel vertical movements of rainbow smelt (*Osmerus mordax*). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 52, n. 3, p. 504-511, 1995.

BALK, Helge; LINDEM, Torfinn. Fish detection in rivers with split-beam sonars. **Proceedings of the 25nd Scandinavian**, 2002.

BARLETTA, Mario et al. Fish and aquatic habitat conservation in South America: a continental overview with emphasis on neotropical systems. **Journal of fish biology**, v. 76, n. 9, p. 2118-2176, 2010.

BAXTER, R. M. Environmental effects of dams and impoundments. **Annual review of ecology and systematics**, p. 255-283, 1977.

BEZERRA-NETO, José Fernandes; PINTO-COELHO, Ricardo Motta. Migração vertical das larvas de *Chaoborus brasiliensis* (Theobald, 1901) (Diptera, Chaoboridae) em um reservatório tropical: lagoa do Nado, Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 24, p. 329-336, 2002.

BEZERRA-NETO, J. F.; PINTO-COELHO, R. M.; MELLO, NAST. A propagação da migração vertical diária através da cadeia trófica aquática: evidências de campo da hipótese da cascata comportamental. **MIGRAÇÃO VERTICAL DIÁRIA E CASCATA TRÓFICA EM CORPOS AQUÁTICOS TROPICAIS: INFLUÊNCIA DA LARVA DO DÍPTERO CHAOBORUS**, p. 47, 2007.

BEZERRA-NETO, José Fernandes; PINTO-COELHO, Ricardo Motta. Diel vertical migration of the copepod *Thermocyclops inversus* (Kiefer, 1936) in a tropical reservoir: the role of oxygen and the spatial overlap with *Chaoborus*. **Aquatic Ecology**, v. 41, n. 4, p. 535-545, 2007.

BEZERRA-NETO, José Fernandes; BRIGHENTI, Ludmila Silva; PINTO-COELHO, Ricardo Motta. Implementation of hydroacoustic for a rapid assessment of fish spatial distribution at a Brazilian Lake-Lagoa Santa, MG. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 25, n. 1, p. 91-98, 2013.

BIOSONICS, INC. Calibration of BioSonics Digital Scientific Echosounder using T/C calibration spheres. BioSonics. **Inc. Seattle, Washington. 11p**, 2004.

BONAR, Scott A.; HUBERT, Wayne A.; WILLIS, David W. Standard methods for sampling North American freshwater fishes. 2009.

BRANDT, S. B. Acoustic assessment of fish abundance and distribution. **Fisheries techniques, 2nd edition. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland**, p. 385-432, 1996.

BRANDT, Stephen B. et al. Acoustic measures of the abundance and size of pelagic planktivores in Lake Michigan. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 48, n. 5, p. 894-908, 1991.

BRAVIN, L. F. N. et al. Desenvolvimento de equipamento para controle mecânico de plantas aquáticas na UHE de Americana-SP. **Planta Daninha**, v. 23, n. 2, p. 263-267, 2005.

BUSCH, Susan; MEHNER, Thomas. Hydroacoustic estimates of fish population depths and densities at increasingly longer time scales. **International Review of Hydrobiology**, v. 94, n. 1, p. 91-102, 2009.

CACHAPUZ, Paulo Brandi de Barro et al. Usinas da Cemig 1952-2005: A história da eletricidade em Minas e no Brasil. Rio de Janeiro, RJ: **Centro da Memória da Eletricidade no Brasil**, 2006. cap. 2, p. 73-78.

CASARIM, Ruanny. **Dinâmica da migração e reprodução dos peixes na região da foz do rio Abaeté, alto São Francisco, MG**. 2014. 93 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2014.

CRUZ, Rafael Cabral et al. Tendências na análise de impactos da implementação de barragens: lições do estudo de caso das barragens de uso múltiplo da bacia do rio Santa Maria. **Diretoria da ABRH**, p. 47, 2010.

DA SILVA COTA, Luana; AMARAL, Diego Roger Borba. A importância e os impactos oriundos da implantação de barragens de terra-estudo de caso: Barragem Norida Vieira Lima. **Humanidades & Tecnologia em Revista**, p. 66, 2018.

DE MIRANDA, Tânia Lúcia Graf et al. Estudo dos processos de estratificação em grandes reservatórios da Bacia do Rio Iguaçu. 2009.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

DE OLIVEIRA, Edson Fontes; GOULART, Erivelto. Distribuição espacial de peixes em ambientes lênticos: interação de fatores. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 22, p. 445-453, 2000.

DJEMALI, I.; LAOUAR, H. Acoustic fish biomass assessment in a deep Tunisian reservoir: effects of season and diel rhythm on survey results. **African Journal of Aquatic Science**, v. 42, n. 1, p. 35-43, 2017.

FERNANDES, P. G., GERLOTTO, F., HOLLIDAY, D. V., NAKKEN, O., & SIMMONDS, E. J. Acoustic applications in fisheries science: the ICES contribution. (2002). 483-492 p.

FERREIRA, Vanderlei Oliveira; SILVA, Mariana Mendes. O clima da bacia do rio Jequitinhonha, em Minas Gerais: subsídios para a gestão de recursos hídricos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 2, p. 302-319, 2012.

FIEDLER, Maria Fernanda Mendes. Modelagem da qualidade da água em reservatórios. 2020.

FOOTE, Ka Ga. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: A practical guide. Int. Coun. Explor. **Sea Coop. Res. Rep.**, v. 144, p. 1-69, 1987.

FRANCOIS, R. E.; GARRISON, G. R. Sound absorption based on ocean measurements. Part II: Boric acid contribution and equation for total absorption. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 72, n. 6, p. 1879-1890, 1982.

GAL, Gideon et al. Light and diel vertical migration: spectral sensitivity and light avoidance by *Mysis relicta*. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 56, n. 2, p. 311-322, 1999.

GARNER, P. et al. Use of shallow marginal habitat by *Phoxinus phoxinus*: a trade-off between temperature and food?. **Journal of Fish Biology**, v. 52, n. 3, p. 600-609, 1998.

GHIDINI, André Ricardo et al. Distribuição vertical nictemeral de Cladocera (Crustacea: Branchiopoda) no lago Tupé, Rio Negro, Amazonas, Brasil. 2007.

GODINHO, A. L.; LOURES, R. C. Risk of fish death at Brazilian hydropower plants. **Risk Assessment of Fish Death at Hydropower Plants in Southeastern Brazil**.(Eds RC Loures and AL Godinho.) Vol, v. 1, p. 19-36, 2017.

GONÇALVES, R. do N. Diagnóstico ambiental da Bacia do rio Jequitinhonha. Diretrizes gerais para a ordenação territorial. **IBGE. Salvador, BA**, 1997.

HRABIK, Thomas R. et al. Diel vertical migration in the Lake Superior pelagic community. I. Changes in vertical migration of coregonids in response to varying predation risk. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 63, n. 10, p. 2286-2295, 2006.

ICMBIO - Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: **Volume VI – Peixes** / -- 1. ed. -- Brasília, DF : ICMBio/MMA, 2018.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Global energy demand rose by 2.3% in 2018, its fastest pace in the last decade.** (2019). Disponível em: < <https://www.iea.org/news/global-energy-demand-rose-by-23-in-2018-its-fastest-pace-in-the-last-decade> >. Acesso em: 20 de Jun. de 2020.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Energy efficiency in Brazil.** (2018). Disponível em: < <https://www.iea.org/news/global-energy-demand-rose-by-23-in-2018-its-fastest-pace-in-the-last-decade> >. Acesso em: 20 de Jun. de 2020.

JANSSEN, John; BRANDT, Stephen B. Feeding ecology and vertical migration of adult alewives (*Alosa pseudoharengus*) in Lake Michigan. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 37, n. 2, p. 177-184, 1980.

JUNHO, Ricardo Ahouagi Carneiro. **Migrações ascendentes de peixes neotropicais e hidrelétricas: proteção a jusante de turbinas e vertedouros e sistemas de transposição**. 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

KAHILAINEN, K. K.; MALINEN, T.; LEHTONEN, Hannu. Polar light regime and piscivory govern diel vertical migrations of planktivorous fish and zooplankton in a subarctic lake. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 18, n. 3, p. 481-490, 2009.

LEVY, David A. Sensory mechanism and selective advantage for diel vertical migration in juvenile sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 47, n. 9, p. 1796-1802, 1990.

LIEW, Jia H.; TAN, Heok H.; YEO, Darren CJ. Dammed rivers: impoundments facilitate fish invasions. **Freshwater Biology**, v. 61, n. 9, p. 1421-1429, 2016.

LOURES, Raquel Coelho et al. Potencial de utilização de técnica de eco-sondagem para estudo de peixes a jusante e montante de usinas hidrelétricas. **XXII SNPTEE**, Brasília – DF, 2013.

LOURES, Raquel Coelho; POMPEU, P. S. Seasonal and diel changes in fish distribution in a tropical hydropower plant tailrace: evidence from

hydroacoustic and gillnet sampling. **Fisheries Management and Ecology**, v. 22, n. 3, p. 185-196, 2015.

LOWE-MCCONNELL, Rosemary Helen. **Fish communities in tropical freshwaters**. Longman, 1975.

LUCAS, Martyn C.; BARAS, Etienne. Methods for studying spatial behaviour of freshwater fishes in the natural environment. **Fish and fisheries**, v. 1, n. 4, p. 283-316, 2000.

LUCAS, M. C.; BARAS, E. Migration of freshwater fish. Osney Mead. 2001.

MACHADO, A.B.M.; DRUMMOND, G.M.; PAGLIA, A.P. (Org.) *Livro vermelho das espécies ameaçadas de extinção da fauna brasileira*. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas; Brasília: MMA, 2008, 1420 p.

MACLENNAN, David N. Acoustical measurement of fish abundance. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 87, n. 1, p. 1-15, 1990.

MAFFRA, Marcelo Azevedo; DE SOUZA, Diego Cerveira. Barragens para irrigação: aspectos jurídicos e ambientais da sua construção, operação e remoção. **Revista do Conselho Nacional do Ministério Público**, n. 7, p. 146-166, 2018.

MEDWIN, Herman. Speed of sound in water: A simple equation for realistic parameters. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 58, n. 6, p. 1318-1319, 1975.

MEHNER, T. et al. Temperature-related nocturnal vertical segregation of coexisting coregonids. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 19, n. 3, p. 408-419, 2010.

MEHNER, Thomas. Diel vertical migration of freshwater fishes—proximate triggers, ultimate causes and research perspectives. **Freshwater Biology**, v. 57, n. 7, p. 1342-1359, 2012.

MELO, Marcelo Ruas e Souza. Barragens e seus impactos negativos na ictiofauna. Montes Claros, MG: ICA/UFGM, 2012.

MUŠKA, Milan et al. To migrate, or not to migrate: partial diel horizontal migration of fish in a temperate freshwater reservoir. **Hydrobiologia**, v. 707, n. 1, p. 17-28, 2013.

PADIAL, P. R.; POMPÊO, M.; MOSCHINI-CARLOS, V. Heterogeneidade espacial e temporal da qualidade da água no reservatório Rio das Pedras (Complexo Billings, São Paulo). **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 4, n. 3, p. 35-53, 2009.

PARKER-STETTER, S.L., RUDSTAM, L.G., SULLIVAN, P.J., and WARNER, D.M. Standard operating procedures for fisheries acoustic surveys in the Great Lakes. **Great Lakes Fish. Comm. Spec. Pub.** 09-01. 2009.

PIKE, J. M.; BEIBOER, F. L. A comparison between algorithms for the speed of sound in seawater. **Hydrographic Society**, 1993.

PRADO, Ivo Gavião; POMPEU, Paulo Santos. Vertical and seasonal distribution of fish in Três Marias reservoir. **Lake and Reservoir Management**, v. 30, n. 4, p. 393-404, 2014.

PRADO, Ivo Gavião; POMPEU, P. S. Diel vertical migration of fish in a Neotropical reservoir. **Marine and Freshwater Research**, v. 68, n. 6, p. 1070-1078, 2016.

RECHENCQ, Magalí et al. Extensive diel fish migrations in a deep ultraoligotrophic lake of Patagonia Argentina. **Hydrobiologia**, v. 658, n. 1, p. 147-161, 2011.

RIBEIRO, Alexandre Cunha. Tectonic history and the biogeography of the freshwater fishes from the coastal drainages of eastern Brazil: an example of faunal evolution associated with a divergent continental margin. **Neotropical ichthyology**, v. 4, n. 2, p. 225-246, 2006.

ROWE, D. K.; CHISNALL, B. L. Effects of oxygen, temperature and light gradients on the vertical distribution of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, in two North Island, New Zealand, lakes differing in trophic status. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**, v. 29, n. 3, p. 421-434, 1995.

SAMPAIO, E. V.; LÓPEZ, C. M. Limnologias física, química e biológica da represa de Três Marias e do São Francisco. **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. PUC Minas, Belo Horizonte**, p. 71-92, 2003.

SANTOS, Alex Braz Iacone; TERRA, Bianca de Freitas; ARAÚJO, Francisco Gerson. Influence of the river flow on the structure of fish assemblage along the longitudinal gradient from river to reservoir. **Zoologia (Curitiba)**, v. 27, n. 5, p. 732-740, 2010.

SEMYALO, Ronald; NATTABI, Juliet K.; LARSSON, Petter. Diel vertical migration of zooplankton in a eutrophic bay of Lake Victoria. **Hydrobiologia**, v. 635, n. 1, p. 383-394, 2009.

SILVA, Mariana Mendes; DE OLIVEIRA FERREIRA, Vanderlei. Estação Chuvosa e Ocorrência de Veranicos em Araçuaí, Itamarandiba e Pedra Azul, na Porção Mineira da Bacia do Rio Jequitinhonha (Rainy Season and Occurrence of Dry Spells in Araçuaí, Itamarandiba and Pedra Azul, in the Jequitinhonha River Basin, in.). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 5, p. 1068-1081, 2012.

SILVA, Sheila Rosana da. O impacto ambiental provocado pela construção da barragem hidroelétrica de Corumbá IV. 2012.

SIMMONDS, E. J. & MACLENNAN, D. N.. **Fisheries acoustics: theory and practice**. 2aed. Blackwell, Oxford, 2005. 413 p.

SOUZA FILHO, Francisco de Assis de; MARTINS, Eduardo Sávio Passos Rodrigues; PORTO, Mônica. O processo de mistura em reservatórios do semi-árido e sua implicação na qualidade da água. 2006.

STOCKWELL, Jason D. et al.. Empirical evaluation of predator-driven diel vertical migration in Lake Superior. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 67, n. 3, p. 473-485, 2010.

TERRA, Bianca de Freitas; SANTOS, Alex Braz Iacone dos; ARAÚJO, Francisco Gerson. Fish assemblage in a dammed tropical river: an analysis along the longitudinal and temporal gradients from river to reservoir. **Neotropical Ichthyology**, v. 8, n. 3, p. 599-606, 2010.

TUNDISI, J. G. Impactos ecológicos da construção de represas: aspectos específicos e problemas de manejo. In: **Limnologia e manejo de represas**. São Carlos: EESC-USP/CRHEA/ ACIESP, 1988. 506p.

VEHANEN, T.; HYVÄRINEN, P.; MÄKI-PETÄYS, A. Downstream fish migration from two regulated lakes monitored by hydroacoustics. **Fisheries Management and Ecology**, v. 5, n. 2, p. 107-121, 1998.

WOJTAL-FRANKIEWICZ, A. et al. Comparison of fish and phantom midge influence on cladocerans diel vertical migration in a dual basin lake. **Aquatic Ecology**, v. 44, n. 1, p. 243-254, 2010.