



GRUPO DE ESTUDO DE DESEMPENHO AMBIENTAL DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GMA

SISTEMAS DE TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES DEVERIAM SER IMPLANTADOS EM QUALQUER EMPREENDIMENTO HIDRELÉTRICO?

**RAQUEL COELHO LOURES FONTES(1); PAULO SANTOS POMPEU(2); FERNANDA DE OLIVEIRA SILVA(3)
CEMIG GERACAO E TRANSMISSAO S.A(1); UFLA(2); UFMG(3)**

RESUMO

Sistema de transposição de peixes é uma medida de conservação que deveria ser implantada em qualquer empreendimento hidrelétrico? Quando esses sistemas são necessários e quando essa medida pode ser considerada ineficiente? Este trabalho apresenta dois estudos de caso relacionados a avaliação da necessidade de implantação desses sistemas em duas usinas hidrelétricas instaladas, uma no rio Jequitinhonha e outra no rio São Francisco. Demonstramos a importância de se compreender padrões migratórios e reprodutivos de peixes para tomada de decisão baseada em dados. Também abordamos aspectos relevantes que devem ser considerados quando da realização de estudos sobre migração de peixes e seus desafios.

PALAVRAS-CHAVE

Migração de peixes, impacto barragem, reprodução de peixes, telemetria, conservação de peixes, ovos e larvas de peixes

1.0 INTRODUÇÃO

Peixes migradores na América do Sul são ameaçados por poluição industrial, doméstica e agrícola, desmatamento, espécies introduzidas, sobrepesca e alteração e obstrução dos fluxos dos rios (Carolsfeld et al., 2003). Uma vez que essas espécies precisam realizar grandes deslocamentos ao longo do rio, em busca de áreas de reprodução, alimentação ou desenvolvimento, a obstrução do fluxo dos rios pela construção de barragens constitui um enorme impacto às populações de peixes migradores (Lira et al., 2017).

Como medida para reconectar os habitats separados pelo barramento, são construídos sistemas de transposição para peixes (STPs) nas barragens. Esses sistemas costumavam ser considerados como uma medida eficiente de manejo e receberam o apoio de autoridades, partes interessadas e público em geral (Lira et al., 2017). Contudo, vários aspectos relativos ao seu funcionamento permanecem desconhecidos. Estudos recentes suscitaram discussões sobre o papel dos STPs para promover a conservação de peixes migratórios na América do Sul (Pelicice et al., 2008; Pompeu et al., 2012), questionando sua eficiência e capacidade de mitigar os impactos sobre as migrações de peixes.

No Brasil, os STPs começaram a ser utilizados desconsiderando estudos prévios adequados, podendo ser apontados dois equívocos significativos no processo de implantação: i) utilizaram um conceito desenvolvido para peixes anádromos, como os salmões, que possuem histórias de vida muito diferentes dos peixes potamódromos brasileiros; ii) a maior parte dos sistemas construídos desconsideraram estudos ecológicos para determinar a sua necessidade e especificidades, decorrendo principalmente de obrigatoriedade legal (e.g. em Minas Gerais, Lei 12.488, de 9/4/1997; em São Paulo, Lei 9.798, de 7/10/1997) ou processo de licenciamento (Pompeu et al., 2012; Lopes & Silva, 2012). Desta forma, muitos STPs foram construídos em rios brasileiros sem considerar aspectos básicos que deviam ser estudados anteriormente a sua instalação.

Visando determinar a necessidade ou não da construção de um STP, questões como, a avaliação da existência de espécies migradoras e respectivas dinâmicas migratórias, distribuição espacial de sítios reprodutivos e de recrutamento, presença de outros barramentos, tamanho do reservatório, dentre outras, devem ser avaliadas (Pompeu et al., 2012; Lopes & Silva, 2012; Pelicice et al., 2015). Uma vez determinada a viabilidade do STP é necessário definir seus objetivos e método para monitorar os resultados, estabelecendo indicadores e metas. Caso essas questões não sejam bem avaliadas, a construção de um STP pode vir a apresentar papel inverso, sendo ineficiente para conservação de peixes, podendo até mesmo prejudicar suas populações, como apontado em diferentes estudos publicados (Pelicice & Agostinho, 2008; Lira et al., 2017).

Portanto, para garantir que não seja instalado um STP não efetivo, ou mesmo prejudicial à fauna local, é necessário, antes da sua implantação, um estudo da sua viabilidade (Pompeu et al. 2012; Lopes & Silva, 2012), como os dois estudos de caso que serão apresentados nesse trabalho. O primeiro estudo focou na curimba, *Prochilodus hartii*, cujo ciclo de vida era até então desconhecido, mas devido a comportamento característico de outras espécies do gênero, presume-se ser uma migradora nativa da bacia do rio Jequitinhonha. Com a fragmentação do rio advinda da construção da UHE Irapé, foi necessário avaliar a necessidade de instalação de um STP, realizando um estudo abrangente sobre os aspectos do ciclo de vida da curimba, contemplando migração, reprodução e recrutamento, em trechos a montante e a jusante da barragem. Já o segundo estudo de caso, envolveu a compreensão dos padrões migratórios da curimatá, *Prochilodus costatus*, a montante do reservatório da UHE Três Marias e o acompanhamento dos movimentos de indivíduos, quando transpostos pela barragem. Uma vez que grandes cardumes dessa espécie são observados a jusante desta barragem, a questão sobre a necessidade de se transpor tais peixes foi levantada e avaliada. Não por acaso, os dois estudos contemplaram espécies do mesmo gênero. *Prochilodus* é um gênero de peixes migradores amplamente distribuído na América do Sul (Carolsfeld et al., 2003). Atingem tamanho de médio a grande porte, realizam migrações de longa distância para se reproduzir e são importantes para a pesca comercial e de subsistência (Castro e Vari 2004). *P. hartii* é a única espécie do gênero nativa da Bacia do Rio Jequitinhonha. *P. costatus* é uma das espécies mais pescadas por pescadores profissionais da bacia do São Francisco, o que mostra a sua importância econômica e sua alta produtividade na região (Sato & Godinho, 2003). Desta forma, esse trabalho visa apresentar aspectos relevantes de estudos prévios à instalação de um STP, desenvolvidos para determinar sua real necessidade como medida de manejo e conservação de peixes migradores, impactados pela construção de barragens, utilizando espécies do gênero *Prochilodus* como modelo.

2.0 - MÉTODOS

2.1 Estudo de caso na bacia do rio Jequitinhonha – UHE Irapé

2.1.1. Área de estudo

A Bacia do Rio Jequitinhonha (JRB) possui 70.315 km² de área de drenagem, fluindo em regiões subúmidas (trecho superior) e do semiárido (trechos médio e baixo). O canal é encaixado, sem planícies de inundação, recebendo vários pequenos afluentes intermitentes ao longo de seu curso. Duas barragens hidrelétricas regulam o curso principal, a Barragem de Irapé no trecho superior e a Barragem de Itapebi no trecho inferior. O presente estudo foi realizado em um longo segmento de rio (aprox. 300 km) do alto-médio rio Jequitinhonha, abrangendo trechos localizados a montante e a jusante da Barragem da UHE Irapé. Esta barragem criou um grande reservatório de acumulação com 100 km de extensão. O trecho estudado inclui dois afluentes principais: o rio Itacambiruçu, que junto com o rio Jequitinhonha forma a represa de Irapé, e o rio Araçuai, um afluente não fluvial, localizado a 80 km a jusante da barragem de Irapé (Figuras 1 e 2).

2.1.2. Metodologia

A. Levantamento de sítios reprodutivos da curimba *P. hartii*

Para verificar a existência de sítios reprodutivos na região, amostragens de ictioplâncton (ovos e larvas de peixes) foram realizadas em cinco pontos amostrais a montante de a jusante da UHE Irapé (Figura 1) durante dois períodos reprodutivos: 2014/2015 e 2015/2016.

B. Levantamento de sítios de desenvolvimento da curimba *P. hartii*

Para verificar a existência de recrutamento na região, amostragens de alevinos ocorreram em 11 pontos distribuídos em toda a área de estudo, em trechos a montante e a jusante da UHE Irapé (Figura 1), entre fevereiro e agosto de 2015 e 2016. Alevinos de curimba (até um ano de idade) foram classificados como indivíduos com até 12cm de comprimento padrão (Santana, 2018).

C. Comportamento migratório da curimba *P. hartii*

Curimbas foram capturadas e marcadas com transmissores no início de duas estações reprodutivas (2015/2016 e 2016/2017) em três locais (Figura 2):

- TG1 – rio Jequitinhonha até 2 rkm (quilômetros de rio) a jusante da barragem da UHE Irapé;
- TG2 - Rio Jequitinhonha 12 rkm a jusante da confluência com o rio Araçuai;
- TG3 - Reservatório, até 5 rkm a montante da barragem da UHE Irapé

Os peixes soltos no trecho de rio, a jusante da barragem, foram marcados com transmissores de rádio e os peixes soltos no trecho a montante (reservatório) foram marcados com transmissores acústicos. Os locais de soltura são descritos abaixo e apresentados na Figura 2:

- RL1: Peixes capturados e soltos no TG1, para investigar a dinâmica migratória a jusante da barragem;
- RL2: Peixes capturados e soltos no TG2, para investigação da dinâmica migratória próxima à confluência com o rio Araçuaí;
- RL3: Peixes capturados e soltos em TG3, para investigar a dinâmica migratória no reservatório;
- RL4: Peixes capturados no TG1 e soltos no reservatório da UHE Irapé, para investigar o comportamento dos peixes transpostos para o reservatório, simulando um sistema de transposição de peixes.

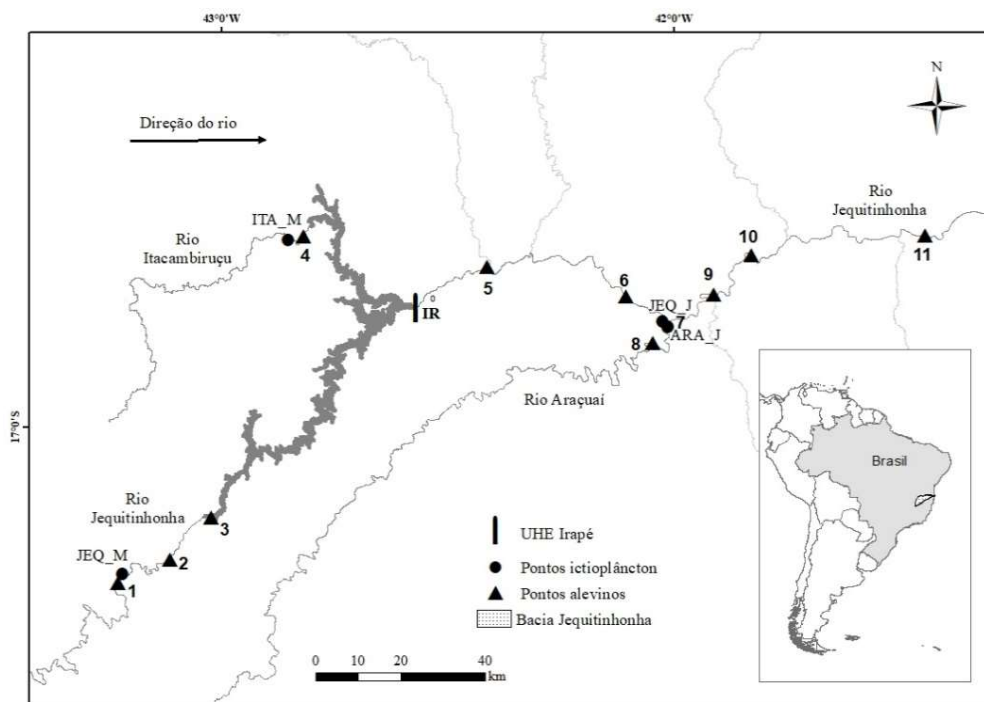


Figura 1. Mapa com a distribuição dos pontos de amostragem de ictioplâncton (círculos) e alevinos (triângulos) na área de estudo.

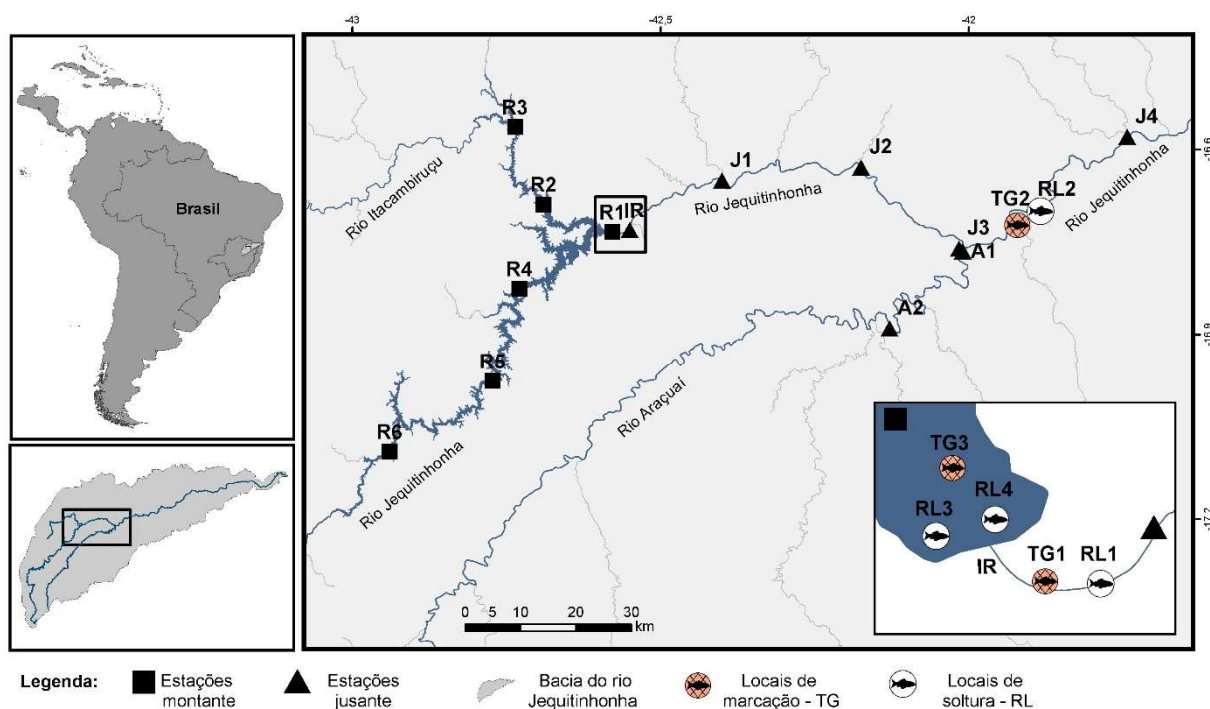


Figura 2: Mapa da área de estudo na Bacia do Rio Jequitinhonha. Os quadrados indicam as estações acústicas a montante da barragem de Irapé e os triângulos indicam as estações de rádio a jusante da barragem de Irapé. R: estações no reservatório, J: estações no rio Jequitinhonha, A: estações no rio Arauaí. Em detalhe (abaixo, à direita) estão os locais de marcação (TG) e soltura (RL) próximos à barragem, a montante e a jusante da UHE Irapé.

Os movimentos dos peixes ocorreram por meio de estações fixas acústicas e de rádio instaladas em 14 locais (Figura 2), sendo 6 pontos ao longo do reservatório de Irapé (R1 a R6) e 7 pontos a jusante da barragem da UHE Irapé (IR, J1, J2, J3, J4, A1 e A2).

2.2 Estudo de caso na bacia do rio São Francisco – UHE Três Marias

2.2.1 Área de estudo

Este estudo foi realizado na bacia do rio São Francisco no estado de Minas Gerais. O rio São Francisco nasce na região sudoeste do estado e o atravessa no sentido noroeste. Este é um dos maiores rios do Brasil com cerca de 2.700 km de extensão, correndo no sentido sul-norte-leste até o oceano Atlântico. O rio São Francisco possui uma rica fauna de peixes já identificada com cerca de 205 espécies (Alves et al., 2011), muitas consideradas grandes migradoras. Neste estudo trabalhamos com a área de influência do reservatório de Três Marias, reservatório de 1040 km² formado para regularização de cheias e produção hidrelétrica em 1962. Essa usina se localiza no trecho alto da bacia (Figura 3).



Figura 3: Área de estudo. Destaque para os pontos de captura, marcação e soltura de peixes (Estrela), estações fixas de captação de dados (bandeiras), barragens (retângulos), reservatório de Três Marias, área de inundação no médio São Francisco e pontos de reprodução dos peixes identificados nos rios Bambuí, Samburá e Alto S.F (áreas marcadas nos trechos altos da bacia).

2.2.2 Metodologia

Foram marcados 403 peixes com marcas de radiotelemetria (modelo MCFT2-3EM Lotek; 10 gramas no ar). Os peixes marcados foram divididos em três tratamentos: peixes locais, peixes transpostos para o alto São Francisco e peixes transpostos para o Reservatório de Três Marias. Os peixes locais foram os peixes capturados e marcados no trecho lótico da região do Alto São Francisco, nos rios Pará e São Francisco próximos à sua confluência. No grupo local foram marcados 97 indivíduos em 2014 e 80 em 2015. Estes peixes foram soltos nos mesmos pontos em que foram capturados. Os peixes transpostos foram todos capturados em um trecho que se estende até 10km a jusante da UHE Três Marias. Neste grupo foram capturados 114 peixes em 2014, dos quais 64 foram soltos nos trechos lóticos do rio São Francisco, à montante do reservatório de Três Marias e outros 50 foram soltos no próprio reservatório em dois pontos à esquerda e à direita logo a montante da barragem. Em 2015, foram capturados e marcados um total de 111 peixes deste grupo, sendo 81 soltos nos trechos lóticos e 30 soltos no reservatório de Três Marias.

Os peixes foram capturados através de tarrafas nos pontos descritos acima. Estes peixes simularam indivíduos que seriam transpostos tanto para o reservatório, por exemplo pela construção de uma escada para peixes, quanto para rio a montante, através de um sistema de captura e transporte.

A marcação foi realizada através de cirurgia que inseriu o transmissor na cavidade celomática dos indivíduos marcados seguindo protocolo descrito por Lopes et al. (2016). O monitoramento dos peixes marcados foi realizado através de estações fixas de captação de dados, monitoramentos aéreos e monitoramentos embarcados. Foram

distribuídas 14 estações fixas de captação de dados na área de estudo. Para a avaliação dos padrões migratórios que os peixes apresentaram ao longo do período de rastreamento, definimos as seguintes categorias:

- Padrão 1: Imobilidade. Neste padrão o peixe não se distancia mais do que cerca de 1km do ponto aonde foi solto.
- Padrão 2: Errático. Neste padrão o peixe pode migrar por grandes distâncias, mas em um padrão errático, com muitas idas e vindas em um mesmo ponto, como se procurasse melhores condições ambientais.
- Padrão 3: Unidirecional jusante. Neste padrão o peixe migra por mais de 20km, preferencialmente no sentido jusante.
- Padrão 4: Unidirecional montante. Neste padrão o peixe migra por mais de 20km, preferencialmente no sentido montante.

3.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Estudo de caso bacia do rio Jequitinhonha – UHE Irapé

Foi comprovada a existência de reprodução, por meio da captura de larvas de curimbas, em todos os pontos sem influência da barragem, corroborando a importância da variação no nível hidrométrico como atrativo para a reprodução de migradores (Godinho et al. 2007; Bailly et al. 2008). Maiores densidades foram verificadas no rio Jequitinhonha a montante da UHE Irapé (Ponto JEQ_M, Figura 1) e no tributário Araçuaí (Ponto ARA_J, Figura 1), a jusante. Nenhuma captura ocorreu no ponto IR. A baixa variação do nível da água no ponto IR, é uma das possíveis explicações para a ausência de reprodução nesse local. Ainda, a não captura de ovos e larvas nesse ponto constata o papel do reservatório como filtro à dispersão de fases iniciais do ciclo de vida de migradores (Suzuki et al., 2011; Pelicice et al., 2015).

As amostragens de alevinos evidenciaram a presença de recrutamento de curimbas a montante e a jusante do barramento da UHE Irapé. A foz do rio Araçuaí (Ponto 7, Figura 1) mostrou-se um importante local para crescimento das formas jovens, uma vez que houve captura de alevinos de curimbas em 83% das amostragens realizadas nesse ponto. Por outro lado, alguns trechos parecem não propiciar a reprodução/recrutamento dessas espécies. De todos os 11 pontos amostrais, em três (pontos 4, 5 e 6, Figura 1) não foram capturados alevinos de curimbas. Esses pontos, por receberem influência da UHE Irapé, parecem inibir a reprodução e o desenvolvimento de formas jovens.

O resultado do estudo de telemetria de curimbas mostrou que a maioria (96%) dos peixes soltos em RL1 permaneceu próximo à barragem. Em geral, os peixes marcados em RL1 eram menores do que os peixes em RL2 e sexualmente imaturos. Peixes de RL2 migraram por longas distâncias e as principais rotas de migração foram o tributário Araçuaí (37% dos peixes marcados) e o rio Jequitinhonha a jusante (33%). O uso de tributários como principal rota de migração a jusante das barragens tem sido demonstrado para outras espécies de curimba em diferentes bacias hidrográficas (Godinho & Kynard, 2006; Antonio et al., 2007; Ribeiro, 2013). É importante notar que nenhum peixe solto em RL2 atingiu o canal de fuga da UHE Irapé. Esse achado reforça as afirmações de que trechos a jusante de barragens apresentam baixa qualidade ambiental e não são adequados para peixes em atividade reprodutiva.

Peixes transpostos para o reservatório (RL4) apresentaram maior diversidade de deslocamentos do que peixes marcados localmente no reservatório (RL3), indicando que peixes de ambientes lóticos, quando liberados em ambientes lênticos, podem ficar desorientados (Antonio et al., 2007; Lopes, 2017). Poucos peixes de RL4 (8%) atingiram a região de transição rio-reservatório. Os peixes do reservatório (RL3) permaneceram no primeiro terço do reservatório, com poucos (6%) alcançando a região de transição. Os peixes que se afastaram do reservatório, tanto de RL3 ou de RL4, seguiram em direção ao rio Itacambiruçu, que fica mais próximo à barragem. No entanto, o comprimento do trecho lótico no rio Itacambiruçu a montante do reservatório de Irapé parece ser insuficiente para a deriva e o desenvolvimento do ictioplâncton, devido à ausência de captura de alevinos nesse ponto. Além disso, apenas dois peixes de RL4 e nenhum de RL3 retornaram à região da barragem. É importante observar que o reservatório de Irapé não possui afluentes expressivos, sendo o Itacambiruçu o maior, embora inundado pelo reservatório. Portanto, o canal principal do rio Jequitinhonha, a montante do reservatório, permanece como o local mais apropriado para peixes migradores. Nesse cenário, o reservatório de Irapé tem potencial para funcionar como um sistema sumidouro (Pulliam, 1988) para os peixes de RL3 e RL4, uma vez que poucos peixes migraram para trechos lóticos a montante, especialmente em menor quantidade na direção do rio Jequitinhonha.

Em conjunto, as informações sobre os estudos de ictioplâncton, alevinos e migração mostraram que a modificação e fragmentação do habitat alteraram o comportamento migratório em um longo trecho de rio, particularmente a montante da UHE Irapé. Além de atrair peixes sem maturação reprodutiva, curimbas transpostas não foram capazes de vencer o reservatório e encontrar trechos lóticos a montante. Contudo, foi verificado que *P. hartii* reproduz e recruta nos trechos acima e abaixo da usina, não justificando a implantação de um STP para manutenção da conectividade entre sítios de alimentação e reprodução.

3.2 Estudo de caso bacia do rio São Francisco – UHE Três Marias

A marcação dos peixes a montante do reservatório de Três Marias, com a sua soltura nos mesmos locais de marcação, permitiu um grande aumento no conhecimento sobre os padrões naturais de migração da espécie. Tais estudos indicaram que *P. costatus*, na região do Alto São Francisco, possui uma janela migratória curta altamente dependente das condições climáticas/hidrológicas. A proporção de peixes que migram varia e tende a ser maior em anos com maior pluviosidade, com a movimentação sentido montante ocorrendo a velocidades médias de 30 km por dia, concentrada nos meses de outubro e novembro e ocorrendo preferencialmente durante a lua Nova. Os estudos também indicam que a população estudada tem alto grau de fidelidade aos sítios de alimentação, isto é, retornam para o mesmo local do rio após a desova nas cabeceiras. Assim, não só se confirmou os padrões gerais estabelecidos, mas avançou-se no entendimento de uma série de aspectos inéditos, como por exemplo, velocidades ascendente e descendente dos peixes, tempo de permanência em cada habitat crítico (alimentação e reprodução) e fidelidade temporal (o mesmo peixe migra todo ano na mesma época) e espacial (a maioria retorna para o mesmo local de alimentação após a reprodução) durante a migração.

Porém, quando comparados os três tratamentos, observou-se que os peixes transpostos não são capazes de apresentar os padrões migratórios esperados. A maioria dos indivíduos locais foram registrados fazendo migrações direcionadas para montante, ou pequenos movimentos perto dos locais de liberação (patrulha). Já a maioria dos indivíduos translocados para o rio realizaram pequenos movimentos próximos aos locais de liberação (Pa) ou padrão de movimento errático (Er), sem direção específica. Além disso, alguns poucos indivíduos exibiram um padrão de movimento a jusante (Ds), entrando no reservatório e permanecendo por lá. Já os peixes translocados para o reservatório, simulando os efeitos de uma escada para peixes, em sua maioria exibiram um padrão de movimento de patrulha (Pa), não se movendo por longas distâncias dos locais de liberação. Aproximadamente 41% deles se agregaram em torno de locais próximos a fazendas de peixes em tanques-rede ancorados no reservatório e permaneceram nessas áreas por algum ou todo o período de rastreamento. Nenhum destes peixes atingiu o segmento lótico do Rio São Francisco ou qualquer outro afluente além um único indivíduo registrado no Córrego Borrachudo.

Os resultados indicam que a transposição de indivíduos seja para o reservatório de Três Marias, seja para o rio São Francisco a montante, tende a ser ineficaz para a conservação de *P. costatus* na região. O estudo mostrou que o comportamento de indivíduos translocados, um fator amplamente negligenciado para a região tropical, pode ser uma barreira adicional para o sucesso de programas de conservação baseados em sistemas de passagem de peixes. Para a população estudada, a manutenção de um trecho de fluxo livre onde os peixes completem seu ciclo de vida é uma alternativa mais viável e eficaz de conservação.

4.0 - CONCLUSÃO

A partir desses estudos de caso, questões de relevância geral para empreendimentos hidrelétricos e sua relação com a fauna de peixes migradores foram levantadas:

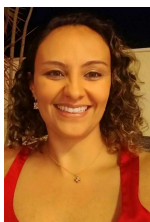
- Rios que não apresentam planícies de inundação podem apresentar importantes áreas para reprodução e recrutamento de espécies migradoras, portanto estudos migratórios e reprodutivos devem ser considerados de forma a avaliar o comprimento mínimo dos trechos lóticos disponíveis para a sustentabilidade de populações dessas espécies.
- Para estudar a reprodução, devido ao caráter efêmero desse processo, a amostragem de ovos e larvas deve ser realizada em intervalos curtos (ex: a cada três dias). Nesses casos, a amostragem pode ser conduzida por moradores ribeirinhos contratados e devidamente treinados. Essa estratégia se mostrou desafiadora quanto ao treinamento dos coletores, contudo trouxe resultados cruciais para caracterização de sítios reprodutivos.
- A aglomeração de peixes a jusante de uma barragem, por si só, não indica que a transposição de peixes é necessária.
- Desde que com investimento e desenho experimental adequados, estudos podem, de fato, nortear investimentos eficientes em ações de manejo, ou evitar que medidas caras e ineficazes sejam conduzidas.
- É extremamente necessária a integração entre estudos de reprodução, recrutamento e migração, uma vez que nenhum deles sozinho é capaz de fornecer informações precisas para a definição de ações de manejo como a transposição.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Alves CBM, F Vieira & OS Pompeu. 2011. Ictiofauna da bacia hidrográfica do rio São Francisco. In: Ministério do Meio Ambiente. (Org.). Diagnóstico do macrozoneamento ecológico-econômico da bacia hidrográfica do rio São Francisco. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, pp 226-241.
- (2) Antonio, R. R. et al. 2007. Blockage of migration routes by dam construction: Can migratory fish find alternative routes?, Neotropical Ichthyology, 5(2), pp. 177–184. doi: 10.1590/S1679-62252007000200012.

- (3) Bailly D, Agostinho AA, Suzuki HI. 2008. Influence of the flood regime on the reproduction of fish species with different reproductive strategies in the Cuiabá River, Upper Pantanal, Brazil. *River Res. Appl.* 24, 1218–1229. <https://doi.org/10.1002/rra.1147>
- (4) Carolsfeld J, Harvey B, Ross C, Baer A. 2003. *Migratory fishes South America: Biology, Fisheries and Conservation Status*. Victoria, British Columbia.: World Fisheries Trust
- (5) Castro RMC, Vari RP. 2004. Detritivores of the South American fish family Prochilodontidae (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes): a phylogenetic and revisionary study. *Smithson Contrib to Zool.* (622):1–189.
- (6) Godinho A L, Kynard B, Godinho, HP. 2007. Migration and spawning of female surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*, Pimelodidae) in the São Francisco river, Brazil, *Environmental Biology of Fishes*, 80(4), pp. 421–433. doi: 10.1007/s10641-006-9141-1.
- (7) Godinho AL and Kynard B. 2006. Migration and Spawning of Radio-Tagged Zulega *Prochilodus argenteus* in a Dammed Brazilian River, *Transactions of the American Fisheries Society*, 135(3), pp. 811–824. doi: 10.1577/T04-176.1.
- (8) Lira, N. A., Pompeu, P. S., Agostinho, C. S., Agostinho, A. A., Arcifa, M. S., Pelicice, F. M., Lira, N. A., Pompeu, P. S., Agostinho, C. S., Agostinho, A. A., Arcifa, M. S., & Pelicice, F. M. (2017). Fish passages in South America: an overview of studied facilities and research effort. *Neotropical Ichthyology*, 15(2). <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20160139>
- (9) Pelicice FM, Pompeu OS, Agostinho AA. 2015. Large reservoirs as ecological barriers to downstream movements of Neotropical migratory fish, *Fish and Fisheries*, 16(4), pp. 697–715. doi: 10.1111/faf.12089.
- (10) Pelicice, F. M., & Agostinho, A. A. 2008. Fish-passage facilities as ecological traps in large neotropical rivers. *Conservation Biology*, 22(1), 180–188. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00849.x>
- (11) Pompeu, P. S., Agostinho, A. A., & Pelicice, F. M. 2012. Existing and future challenges: the concept of successful fish passage in South America. *River Research and Applications*, 28(4), 504–512.
- (12) Puggedo ML, de Andrade Neto FR, Pessali TC, Birindelli JLO, Carvalho DC. 2016. Integrative taxonomy supports new candidate fish species in a poorly studied neotropical region: the Jequitinhonha River Basin. *Genetica*. 144(3):341–349.
- (13) Pulliam R. 1988. Sources, sinks, and population regulation. *The American Naturalist*, 132(5), pp. 652–661.
- (14) Ribeiro T. 2013. *Migração de peixes neotropicais em rio com barramentos sucessivos*. Universidade Federal de Minas Gerais.
- (15) Santana HSDE. 2018. *Idade e crescimento em peixes: da ciência de base à modelagem populacional*. Universidade Estadual de Maringá.
- (16) Suzuki FM, Pires LV, Pompeu PS. 2011. Passage of fish larvae and eggs through the Funil, Itutinga and Camargos reservoirs on the upper Rio Grande (Minas Gerais, Brazil), *Neotropical Ichthyology*, 9(3), pp. 617–622. doi: 10.1590/S1679-62252011000300014.

DADOS BIOGRÁFICOS



RAQUEL COELHO LOURES FONTES: Possui graduação em Ciências Biológicas, licenciada (2004) e bacharel em Ecologia (2006) pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Mestrado (2011) e doutorado (2019) em Ecologia Aplicada pela Universidade Federal de Lavras. É Analista de Meio Ambiente sênior na Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) e coordena o Programa Peixe Vivo, desde 2012. Atualmente, também está à frente da coordenação da área que atua no planejamento, monitoramento e avaliação contínua dos programas socioambientais relacionados ao atendimento de condicionantes provenientes do licenciamento ambiental de empreendimentos de Geração e Transmissão da empresa.

(2) **FERNANDA DE OLIVEIRA SILVA:** Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Minas Gerais (2005) e mestrado e doutorado em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre pela Universidade Federal de Minas Gerais. Foi analista de meio ambiente do Programa Peixe Vivo - Cemig e atualmente é analista ambiental do Instituto Estadual de Florestas. Possui experiência em coordenação, execução e gestão de projetos relacionados a manejo e conservação da ictiofauna e de ecossistemas aquáticos, sistema de gestão de qualidade, manipulação e análise de dados, elaboração de documentos técnicos (relatórios, pareceres e especificações), atuação como membra de grupos de trabalho e câmaras técnicas relacionados à biodiversidade e recursos hídricos.

(3) **PAULO DOS SANTOS POMPEU:** possui graduação em Ciências Biológicas pela UFMG (1994), mestrado em Ecologia (Conservação e Manejo da Vida Silvestre) pela UFMG (1997) e doutorado em Meio Ambiente Saneamento e Recursos Hídricos também na UFMG (2005). Atualmente é professor associado da Universidade

Federal de Lavras. Tem experiência na área de Ecologia, com ênfase em Ecologia Aplicada à Conservação de Ambientes Aquáticos, atuando principalmente nos seguintes temas: ecologia de peixes, impacto ambiental, usinas hidrelétricas, vazões ecológicas e recursos hídricos.