

Grupo de Estudo de Desempenho Ambiental de Sistemas Elétricos-GMA

POR QUE MONITORAR A ICTIOFAUNA EM RESERVATÓRIOS? DIAGNÓSTICO E DIRETRIZES

**RAQUEL COELHO LOURES FONTES⁽¹⁾; PAULO DOS SANTOS POMPEU⁽²⁾;
CEMIG GT⁽¹⁾; UFLA⁽²⁾;**

RESUMO

Programas de monitoramento da ictiofauna (peixes) requerem investimentos significativos de tempo, dinheiro e recursos humanos para sua implementação e manutenção. Contudo, será que esses recursos estão sendo aplicados da melhor forma e gerando resultados? Este estudo buscou caracterizar a atividade atual de monitoramento de peixes em reservatórios de hidrelétricas no Brasil e avaliar a efetividade de monitoramento de peixes na detecção de padrões espaço-temporais em uma cascata de reservatórios. Por fim, propõe diretrizes que visam o aumento da efetividade da gestão dos programas de monitoramento de peixes pelas empresas do Setor Elétrico Brasileiro.

PALAVRAS-CHAVE

Licenciamento ambiental, ecologia de peixes, condicionante ambiental, gestão ambiental, monitoramento de peixes

1.0 - INTRODUÇÃO

O barramento dos rios para construção de hidrelétricas transformam esses ambientes regulando a vazão, alterando o fluxo de sedimentos e nutrientes, modificando parâmetros físico-químicos da água, afetando a diversidade dos organismos e a integridade ecológica dos sistemas aquáticos (WINEMILLER et al., 2016). Por isso, muitas empresas do Setor Elétrico Brasileiro (SEB) realizam programas de monitoramento dos seus reservatórios para avaliação destes impactos ao longo do tempo. Programas de monitoramento de ictiofauna (peixes) em reservatórios de hidrelétricas requerem investimentos significativos de tempo, dinheiro e recursos humanos para sua implementação e manutenção. Por isso é importante avaliar se esses recursos estão sendo aplicados da melhor forma e gerando resultados satisfatórios. Para ser efetivo o monitoramento requer um conjunto de objetivos específicos para detectar importantes mudanças espaço-temporais nas assembleias e populações de peixes (RADINGER et al., 2018), bem como facilitar a detecção dos possíveis causadores dessas mudanças (DORNELAS et al., 2013).

Em 2007, um levantamento realizado por Agostinho e colaboradores (2007) verificou que, apesar da grande quantidade de empreendimentos hidrelétricos no país, o monitoramento das assembleias de peixes ocorre num número proporcionalmente baixo de reservatórios. Em geral, as informações produzidas por esses monitoramentos ficam restritas às empresas do SEB, empresas de consultoria ou aos órgãos ambientais. Considerando o elevado número de reservatórios no país e o prognóstico de crescimento (COUTO; OLDEN, 2018), é importante que tenhamos monitoramentos efetivos medindo as mudanças na diversidade de peixes de forma a subsidiar medidas de conservação e manejo baseadas em evidências (RADINGER et al., 2018). Contudo, o que se observa é que a qualidade e o detalhamento dos dados requeridos para dimensionamento dos impactos sobre a ictiofauna causados pelos barramentos nos rios brasileiros estão aquém do desejado, representando um desafio para o SEB e para os órgãos de controle ambiental (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007). Assim, para aprimoramento da efetividade dos programas de monitoramento de peixes em reservatórios de hidrelétricas devemos começar a

(*) Av. Barbacena n°1200, 12º andar, Ala A1 – CEP 30.190-131, Belo Horizonte, MG – Brasil
Email: raquel.fontes@cemig.com.br

confrontar esses desafios, a começar por melhorias no processo de gestão desses programas por empresas do SEB (LOURES, 2019). Considerando esse cenário, para caracterizar a atividade de monitoramento de peixes em reservatórios de hidrelétricas no Brasil, realizamos um levantamento junto as empresas de energia do SEB, por meio de questionário. Avaliamos ainda a efetividade de monitoramento de longo-prazo na detecção de padrões espaço-temporais na diversidade de peixes, a partir de uma base de dados de mais de 20 anos de monitoramento em uma cascata de reservatórios. Por fim, estabelecemos como proposta dez diretrizes que visam o aumento da efetividade da gestão dos programas de monitoramento de peixes pelas empresas do SEB.

2.0 - MÉTODOS

2.1 Diagnóstico

Elaboramos um questionário para levantamento de dados por amostragem sobre a atividade de monitoramento de peixes em reservatórios de hidrelétricas no Brasil. O questionário foi do tipo autoaplicável por meio eletrônico, composto por 25 perguntas, abertas e de múltipla escolha, de forma que pudéssemos individualizar as respostas por reservatório para análises. Devido à restrição de tamanho desse informe técnico apresentamos as respostas mais relevantes para atender os objetivos aqui propostos. As respostas a todas as questões poderão ser encontradas em LOURES 2019. Para fins deste estudo, incluímos Centrais Geradoras Hidrelétricas – CGHs no grupo de Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs. Quando mencionamos PCH estamos considerando empreendimentos que geram até 30MW e apresentam área de reservatório de até 13 km² e UHEs aqueles que geram acima de 30MW e apresentam área de reservatório maior que 13 km².

Realizamos um pré-teste do questionário, que permitiu a correção de falhas e incorporação de sugestões recebidas. O questionário foi então disponibilizado na internet pelo sistema Online Pesquisa© (enuvo GmbH, Zurique). Devido a especificidade do tema pesquisado, optamos pela amostragem intencional, que ocorre quando não é possível enumeração total da amostra e se utiliza elementos da amostra que podem oferecer as informações necessárias (BABBIE, 1999). A divulgação do levantamento foi feita através de e-mail que explicava a pesquisa e continha o link para acesso ao questionário. Enviamos esse e-mail padrão para 43 empresas do SEB, que juntas somam aproximadamente 309 reservatórios sob sua administração, correspondendo a 23,1% dos reservatórios existentes no Brasil. O questionário ficou disponível para respostas por um período de um mês. A apresentação dos resultados não permite a identificação das pessoas/empresas envolvidas. As respostas ao questionário foram analisadas de forma descritiva, com apresentação das frequências absoluta e relativas.

2.2 Padrões espaço-temporais da diversidade de peixes

Para avaliar a efetividade de monitoramento de longo-prazo na detecção de padrões espaço-temporais na diversidade de peixes, analisamos dados de mais de 20 anos de monitoramento dos reservatórios da cascata do rio Araguari, alto rio Paraná, Brasil. Existem quatro reservatórios no canal principal do rio Araguari associados a usinas hidrelétricas: Nova Ponte, Miranda, Amador Aguiar I e Amador Aguiar II (listadas de montante para jusante). A área próxima à foz do rio Araguari é represada pelo reservatório de Itumbiara, uma usina hidrelétrica localizada no rio Paranaíba, e essa área também foi foco do nosso estudo. As análises dos padrões de diversidade de peixes geraram duas publicações. A primeira intitulada “*Long-term study of reservoir cascade in Southeastern Brazil reveals spatio-temporal gradient in fish assemblages*”, apresenta variação da riqueza de peixes ao longo do tempo e entre os reservatórios; verifica a existência de gradiente longitudinal das assembleias de peixes ao longo da cascata; e avalia possíveis fatores preditores de variação na estrutura das assembleias de peixes após formação dos reservatórios. O artigo foi publicado pela revista *Marine and Freshwater Research* 69(12) 1983-1994. A segunda publicação, intitulada “*Temporal changes in fish diversity in lotic and lentic environments along a reservoir cascade*”, apresenta análises temporais da diversidade α e β das assembleias de peixes, em ambientes lênticos e lóticos ao longo da cascata, em resposta ao barramento do rio (considerando antes da construção de cada barragem e vários anos depois). Apresenta também como a partição da diversidade β varia ao longo do tempo e entre esses dois ambientes e testa fatores que possam explicar a substituição de espécies ao longo da cascata. Esse artigo ainda será publicado pela *Freshwater Biology* em 2019.

Considerando a limitação de tamanho do informe técnico, apresentaremos de forma geral os resultados alcançados, que são apresentados nesses dois artigos científicos, destacando aqui alguns gráficos que ilustram os padrões que foram observados.

3.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Diagnóstico: cenário atual dos monitoramentos de peixes em reservatórios de hidrelétricas no Brasil (2016 a 2018)

Obtivemos o retorno de 16 empresas que administram no total 163 reservatórios, sendo 94 PCHs e 69 UHEs. Assim nossa amostra representou 8.4% do total de PCHs (incluindo CGHs) e 31.8% do total de UHEs em operação no país. O perfil profissional dos respondentes ao questionário, sem distinção de gêneros, apontou que a maioria é

biólogo (10), três são engenheiros (um de pesca, um agrônomo e um de aquicultura), um geógrafo, um químico industrial, e um técnico agropecuário e tecnólogo em gestão ambiental. A maioria, 69%, apresenta pós-graduação.

De todos os 163 reservatórios administrados pelas empresas respondentes, 37 reservatórios nunca foram monitorados. Quanto ao aspecto temporal, de quando o primeiro monitoramento de peixes foi realizado em relação ao enchimento do reservatório, 68 iniciaram os monitoramentos logo após o enchimento, 20 iniciaram cinco após, enquanto que em outros 32 o monitoramento só foi ocorrer 10 anos depois. Durante o período de 2016 a 2018, o monitoramento de peixes foi realizado em 37 PCHs (incluindo 5 CGHs) e em 46 UHEs, correspondendo a 39.4% e 66.7% do total de reservatórios apontados respectivamente. Esses reservatórios estão distribuídos em 18 estados brasileiros, representando todas as regiões do país. Nosso estudo apontou que 51% dos reservatórios amostrados realizam monitoramento de peixes, enquanto essa proporção variou entre 22 e 42% de 1999 a 2003 (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007).

Para um comparativo com o cenário atual (período de 2016 a 2018), solicitamos aos respondentes que nos informassem sobre monitoramento de peixes que ocorriam em reservatórios da empresa, mas que foram encerrados ou interrompidos antes de 2016. Essa pergunta objetivou avaliar o quanto a atividade pode ter sido impactada pelas mudanças no SEB após a MP 579/2012, bem como verificar outras possíveis causas para encerrar/interromper um monitoramento de peixes. Quatro empresas apontaram o encerramento dos monitoramentos em 32 reservatórios. Desses, nenhum teve o monitoramento encerrado por recomendação dos resultados dos próprios monitoramentos. A principal causa apontada foi o encerramento por demanda do órgão licenciador (47%), seguida da decisão da própria empresa pois, uma vez que a atividade não é uma obrigação legal, não é considerada prioridade para ser executada (31%). O encerramento dos monitoramentos em seis reservatórios foi considerado reflexo da MP 579/2012, tanto pela empresa não ser mais responsável pela operação da usina (término da concessão de operação) quanto a atividade não ser prioridade diante da alteração do cenário econômico da empresa. Somente um reservatório apresentou encerramento de condicionante do licenciamento como causa para cessar a atividade. Esses resultados demonstram o quão importante é o processo de licenciamento para catalisar estudos que visam maior compreensão dos impactos ambientais. Muita informação valiosa para essa compreensão e estabelecimento de medidas mitigadoras mais eficazes pode estar sendo perdida sem a obrigatoriedade legal em se realizar estudos e monitoramentos (SÁNCHEZ, 2013).

Qual a motivação para realizar monitoramento de peixes?

Muitas empresas do SEB buscam se comprometer com a sustentabilidade de seus negócios, e integram índices de mercado (e.g. *Dow Jones Sustainability Index* e Índice de Sustentabilidade Empresarial da Bovespa) que valorizam o desenvolvimento de programas socioambientais de forma voluntária visando a preservação da biodiversidade e mitigação de impactos de suas atividades (MICHELLIS JR.; FONSECA, 2017). Entretanto, em se tratando dos programas de monitoramento de peixes, observamos que na maioria dos reservatórios esses não são realizados de forma voluntária pelas empresas. Em 95% dos reservatórios o monitoramento de peixes ocorre motivado pelo processo de licenciamento ambiental, pois a atividade é uma das condicionantes da licença de operação. O monitoramento só ocorre de forma voluntária em três reservatórios e é um requisito legal para um reservatório de PCH. Por requisito legal entende-se toda regra jurídica escrita, que deve ser cumprida (e.g. Leis, Resoluções, Termo de Ajustamento de Conduta, Termo de Compromisso, entre outros).

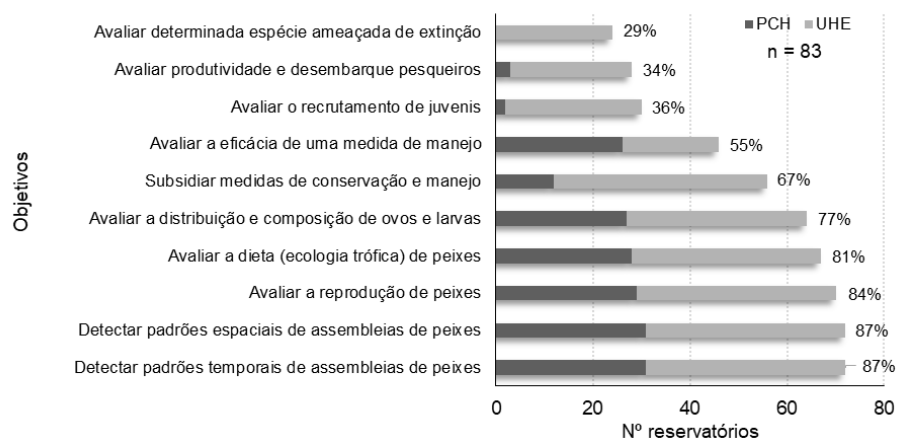
Por que monitorar?

Detectar padrões temporais e espaciais de assembleias de peixes que possam ser decorrentes do impacto do represamento foram os principais objetivos dos monitoramentos de peixes apontados no levantamento (87%) (Figura 1A). Esperávamos que os dois objetivos que seriam mais comuns à maioria dos monitoramentos seriam subsidiar medidas de conservação e manejo e avaliar a eficácia de alguma medida de manejo (e.g. peixamento, transposição de peixes), contudo só foram apontados por 67 e 55% dos reservatórios, respectivamente. Objetivos relacionados a verificação da ocorrência de atividade reprodutiva dos peixes na área de influência dos reservatórios, como avaliar distribuição e composição de ovos e larvas e recrutamento de juvenis, foram alvo do monitoramento de 77 e 36% dos reservatórios, sendo esse último proporcionalmente menor em PCHs. Outros objetivos não listados no questionário foram apontados por duas empresas, sendo esses “determinar a relevância de espécies invasoras para assembleia de peixes” e “gerar informações científicas”.

Ao serem questionadas se os resultados dos monitoramentos já haviam subsidiado recomendação/definição/realização de alguma medida de manejo, nove empresas afirmaram que sim para 28 reservatórios (Figura 1B). Considerando que “Subsidiar medidas concretas de conservação e manejo” era o objetivo inicial de 56 reservatórios, somente 50% alcançou de fato esse objetivo. Estocagem (repovoamento ou peixamento); e transposição de peixes – STPs foram as medidas de manejo e conservação mais apontadas pelos respondentes, e atualmente são consideradas controversas (PELICICE et al., 2017). A estocagem apresenta potencial de causar impactos adicionais no ambiente, quando a soltura de indivíduos é de baixa qualidade genética, quando há introdução de espécies não-nativas e contaminação do ambiente aquático com patógenos (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007). Além disso, a estocagem de peixes nos rios e reservatórios deve ser acompanhada de avaliação da sua efetividade, pois a simples soltura não garante a recuperação de populações de peixes em declínio (ALVES, 2008). Já considerando o bloqueio às rotas migratórias de peixes causado pelo barramento e a perda de habitats propícios a reprodução e recrutamento, a transposição de peixes é outra medida de manejo comum no SEB (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007). Somente a construção de STPs não é suficiente para preservar as

populações de peixes (POMPEU; AGOSTINHO; PELICICE, 2012). Se não houver a preservação de habitats críticos para as espécies migradoras, como locais de reprodução e de recrutamento e, dependendo do tamanho do reservatório, esta medida pode ser inócua, ou mesmo trazer problemas para a fauna local (POMPEU; AGOSTINHO; PELICICE, 2012; PELICICE; POMPEU; AGOSTINHO, 2015).

A



B

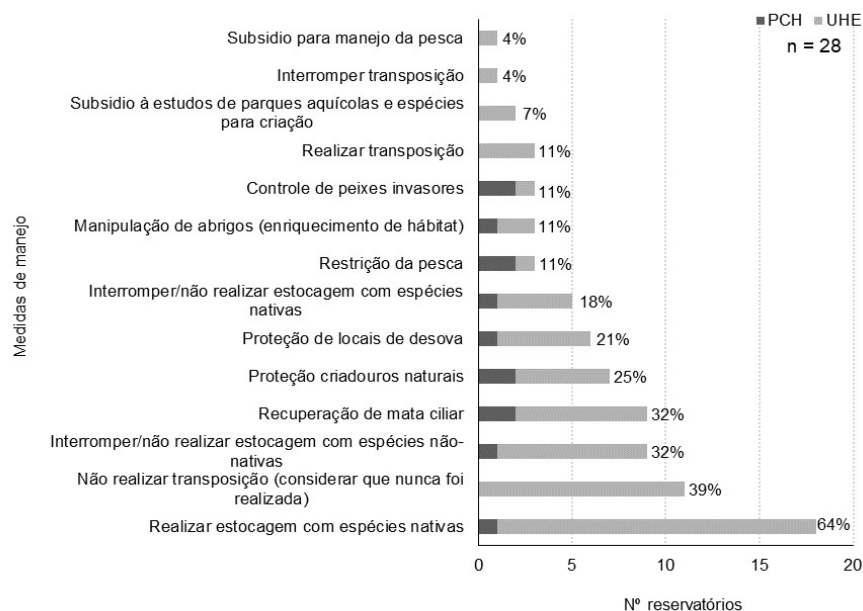


FIGURA 1 – Objetivos dos monitoramentos de peixes nos reservatórios apontados no levantamento (A). Medidas de manejo recomendadas/subsidiadas pelos monitoramentos de peixes, observando que os respondentes poderiam apontar mais de uma medida para cada reservatório (B).

Quem realiza os monitoramentos?

Para execução das atividades de monitoramento de peixes, em 96% dos reservatórios do levantamento, são firmados contratos com empresas de consultoria (81%) e ou universidades (16%), pois as empresas não apresentam equipe do próprio quadro de funcionários para tal. Três empresas (correspondendo seis reservatórios) indicaram que os monitoramentos estavam sendo realizados tanto por equipe contratada quanto equipe própria, pois considerando o período de apuração 2016 a 2018, estava ocorrendo uma transição para contratação do serviço de monitoramento, que antes era realizado exclusivamente por equipe própria. Somente uma empresa mencionou que possuía equipe própria para atender o monitoramento de reservatório, mas que eram contratados serviços específicos para monitoramento de sistema de transposição e avaliação de ovos e larvas.

O que vem sendo monitorado?

As principais informações geradas pelos monitoramentos podem ser observadas na Figura 2A. Esses resultados são coerentes com os objetivos apontados dos monitoramentos apontados pelos respondentes e também se assemelham com o levantamento realizado por Agostinho e colaboradores em 2007. Observamos que potencialmente, um volume grande de informações biológicas vem sendo levantadas, contudo sem necessariamente uma avaliação da sua qualidade, o que pode levar a redução do custo/benefício de estudos de

impacto ambiental e monitoramento (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007; MARGATO; SANCHEZ, 2014).

Como e onde se monitora?

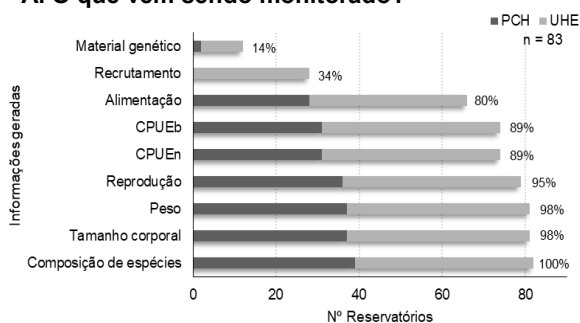
A definição das áreas a serem amostradas e os petrechos que serão utilizados para amostragem faz parte do planejamento do monitoramento quando da definição do desenho amostral apropriado para atender os objetivos propostos. No levantamento observamos que todos os reservatórios apresentaram monitoramento que cobrem praticamente todo o eixo longitudinal do reservatório (região final, intermediária e a próxima à barragem) (Figura 3B), sendo um avanço importante quando comparamos com o levantamento realizado por Agostinho e colaboradores em 2007. Nesse eixo, em geral, observa-se gradientes nos processos de transporte de nutrientes e sedimentação que influenciam a distribuição dos peixes, o rendimento pesqueiro e as estratégias de pesca (OKADA; AGOSTINHO; GOMES, 2005). Os diferentes petrechos de pesca usados para amostragens em monitoramento variam de acordo com os objetivos do programa, sendo as redes de emalhar o petrecho predominante em todos os reservatórios (Figura 3C).

Com qual frequência e por quanto tempo e os monitoramentos vêm sendo realizados?

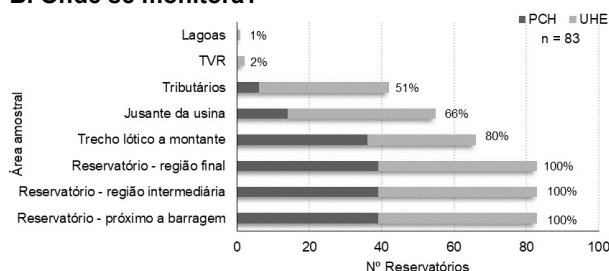
Os monitoramentos de peixes ocorreram em sua maioria trimestralmente (51%), principalmente em grandes reservatórios, seguido pelo monitoramento semestral (39%) que foi predominante em PCHs (Figura 2D). A definição da frequência das coletas nos monitoramentos vai depender dos objetivos, porém um maior esforço amostral eleva o poder estatístico em se detectar tendências temporais na biodiversidade (GERRODETTE, 1987)). Algumas simulações apresentadas por LOURES 2019 demonstraram maior poder estatístico dos monitoramentos que realizam coletas trimestralmente em comparação aos semestrais.

A duração dos monitoramentos foi informada para 59 reservatórios. Desses, 49% monitoram peixes há mais de 10 anos, em 29% o monitoramento já ocorre entre 5 a 10 anos, em 19% entre 2 a 5 anos e 3% (somente um reservatório) apresentou monitoramento inferior a 2 anos. Os monitoramentos em UHEs apresentaram, de forma geral, serem de maior duração que os em PCHs. Considerando a duração informada e sabendo a idade dos reservatórios, podemos afirmar que em pelo menos 19 os monitoramentos iniciaram logo após a formação do reservatório. Também podemos afirmar que em 16 reservatórios, o monitoramento iniciou vários anos após o seu enchimento. Monitoramentos de longo prazo são cruciais para fornecer informações importantes sobre ecologia, detectar mudanças ambientais por fatores antropogênicos ou estocásticos, gestão de recursos naturais e conservação da biodiversidade (MAGURRAN et al., 2010; LINDENMAYER et al., 2012).

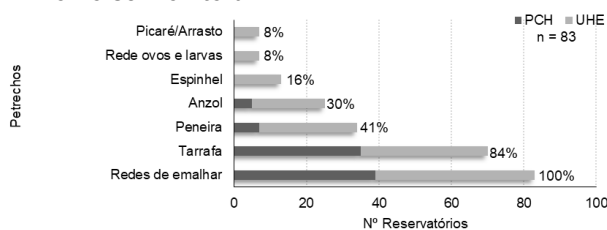
A. O que vem sendo monitorado?



B. Onde se monitora?



C. Como se monitora?



D. Qual a periodicidade?

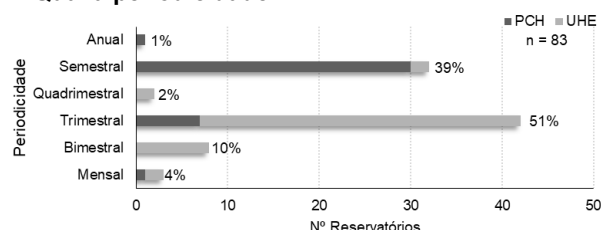


FIGURA 2 – Principais informações colhidas durante os monitoramentos CPUE = captura por unidade de esforço, sendo CPUEn em números (abundância) e CPUEb em biomassa (A). Localização dos pontos amostrais na área de influência das usinas; TVR = trecho de vazão reduzida (B); principais petrechos utilizados (C); periodicidade dos monitoramentos realizados (D).

3.2 Padrões espaço-temporais da diversidade de peixes

Estudar efeitos da formação de reservatórios em cascata sobre a diversidade de peixes não é uma prática muito comum, pois nem sempre há dados facilmente disponíveis para análises nessa escala, principalmente em longas séries temporais. Assim, acreditamos que ao adotar a abordagem de estudar padrões de diversidade de peixes,

focando não somente em um reservatório, mas em toda a cascata, agregamos mais informações sobre seus efeitos de longo prazo, em bacias hidrográficas brasileiras. Dentre esses efeitos, através dos resultados que geraram as duas publicações supramencionadas, observamos tendência clara da redução na riqueza de espécies nativas e aumento de espécies não nativas ao longo do tempo e também ao longo da cascata, na direção montante-jusante. As assembleias de peixes também se tornam mais dissimilares a medida que aumenta a distância entre os reservatórios, evidenciando um gradiente longitudinal.

Considerando os ambientes lóticos que se alternam entre os reservatórios na cascata do rio Araguaí, através de modelos lineares generalizados mistos observamos que a riqueza de espécies nativas diminuiu ao longo do tempo, com efeitos mais pronunciados nos ambientes lênticos (Figura 3A). Houve um aumento significativo e progressivo da riqueza de espécies não nativas ao longo do tempo de forma similar nos dois tipos de ambiente. Observamos que a dissimilaridade das assembleias de peixes aumentou ao longo do tempo, com uma taxa de 13,8% de alterações de espécies por década (Figura 3B). Mudanças na composição das assembleias de peixes ocorreram predominantemente devido ao *turnover* (substituição de espécies), e observamos uma pequena diferença no aumento do *turnover* ao longo do tempo entre ambientes lóticos e lênticos. Uma maior perda de espécies ocorreu nos reservatórios (Figura 3C) sugerindo que as transformações de um ambiente lótico em lêntico geram maior impacto nas assembleias de peixes do que a regulação de fluxo dos trechos lóticos a jusante das barragens. Nosso estudo revelou ainda que o *turnover* ocorre principalmente pelo aumento na riqueza de espécies não nativas, seguindo um gradiente longitudinal montante-jusante. O aumento no *turnover* foi ainda relacionado com aumento da idade do reservatório, o declínio na riqueza de espécies nativas e no nível do reservatório.

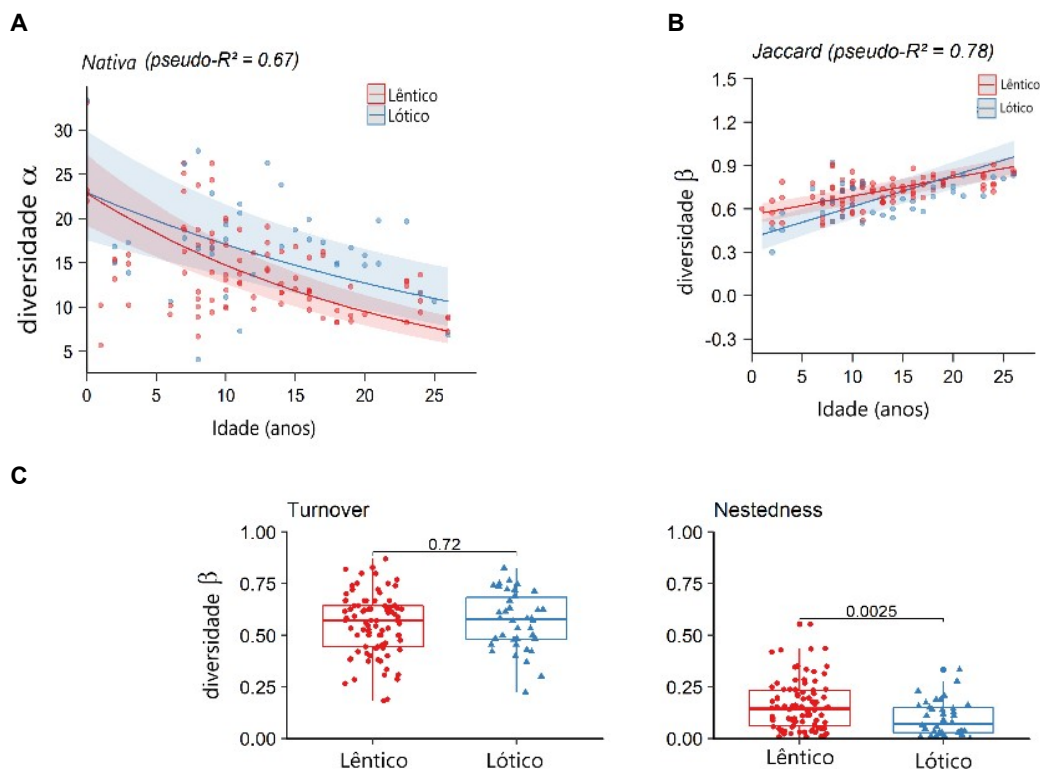


FIGURA 3 – Padrões de diversidade de peixes encontrados no rio Araguaí, bacia do Alto rio Paraná, em ambientes lênticos nos cinco reservatórios da cascata e ambiente lóticos entre esses reservatórios. Tendência predita pelo modelo linear generalizado misto (GLMM) para a riqueza de peixes nativos (diversidade α) (A) e diversidade β (índice de dissimilaridade de Jaccard) (B) ao longo do tempo em ambientes lóticos e lênticos. Teste de Wilcoxon para comparar a partição da diversidade β (*turnover* = substituição de espécies e *nestedness* = perda/ganho de espécies) entre ambientes lênticos e lóticos (C). Fonte: Loures & Pompeu 2019, *Freshwater Biology* (no prelo)

3.3 Diretrizes para gestão dos programas de monitoramento de peixes por empresas do Setor Elétrico Brasileiro

Avaliações periódicas dos programas de monitoramento são extremamente importantes para verificar se o desenho amostral ainda aborda de forma adequada as metas e objetivos propostos inicialmente. Com o tempo, as perguntas norteadoras podem mudar e as medições devem ser projetadas para acomodar tais mudanças. Os gestores e executores do programa devem se questionar continuamente se as perguntas ainda são relevantes e se os dados ainda fornecem uma resposta. Os programas de monitoramento, então, devem ser planejados de forma a ter a capacidade de se adaptar às novas perguntas e incorporar mudanças tecnológicas/metodológicas relevantes, sem

perder a continuidade de suas medições principais (LOVETT et al., 2007). Essas medidas geram melhoria contínua do programa, uma abordagem reconhecida no gerenciamento da qualidade de processos e produtos. No processo de melhoria contínua nas empresas, uma ferramenta de gestão usual para solução de problemas é o ciclo PDCA (*plan-do-check-act*; planejar-executar-avaliar-adaptar) (PMI, 2008). O PDCA é um método iterativo que, a cada repetição, avaliam-se os resultados obtidos de forma a subsidiar novas ações, que serão utilizados nas vezes seguintes de forma cumulativa (PMI 2008). Assim, considerando as características do monitoramento adaptativo (LINDENMAYER; LIKENS, 2009), bem como os aspectos apontados nos itens anteriores dessa Seção, propusemos 10 diretrizes para o aprimoramento da gestão de programas de monitoramento de peixes em reservatórios de hidrelétricas no Brasil (ver LOURES 2019). O ciclo PDCA também foi adaptado para orientar ações específicas em cada etapa, vinculadas a essas diretrizes (Figura 4).

10 Diretrizes para gestão de programas monitoramento de peixes em reservatórios de hidrelétricas brasileiras e respectivas ações ligadas ao ciclo PDCA

1. **Dedicação máxima na etapa de planejamento**, para definição de objetivos e metas claras e desenho amostral adequado. Cuidado, não planeje sozinho! Uma vez que esta etapa é crucial para definir um monitoramento mais efetivo, é importante que seja um produto de vários especialistas da área e não somente de um gestor que precisa contratar um serviço, ou um único consultor contratado. Isso nos leva as diretrizes número 2 e 3. Ações: a – g; p (Figure 4).
2. Estabelecimento de **parcerias** com instituições de pesquisa e/ou especialistas *ad hoc* para atuarem na validação de protocolos durante planejamento, vistorias durante execução, discussão de resultados, avaliação e adaptação do programa (quando necessário). Importante também envolver o órgão ambiental licenciador nessas etapas, para que a articulação entre empresa, consultoria, academia e órgãos ambientais ocorra de maneira mais profícua. Ações: g; h; j; n; p (Figure 4).
3. **Garantir a qualificação** dos gestores, analistas e executores, que participam de pelo menos uma das etapas do programa de monitoramento (do planejamento ao manejo dos dados), sejam eles da empresa do SEB ou da prestadora de serviços. Esta qualificação deve focar, por exemplo, em ferramentas estatísticas uni e multivariadas para melhor análise dos dados e interpretação dos resultados. Além disso, é fundamental que os executores dos monitoramentos tenham experiência em identificação de peixes, para garantir a precisão dos resultados. Ações: a – q (Figure 4).
4. Definir **protocolos de monitoramento padronizados**, que atendam às especificidades de cada reservatório monitorado ou que será monitorado. A padronização visa a consistência nas coletas de dados espaço-temporais em cada reservatório. Ações: a – e; l; n; p (Figure 4).
5. **Validar os protocolos** dos programas de monitoramento por especialistas da área. Durante a fase de planejamento verificar pertinência dos objetivos, aderência da metodologia e análise de dados propostos. Ao longo da execução do monitoramento, a avaliação periódica dos resultados e avaliação da efetividade, também ajudarão a validar os protocolos de coleta utilizados. Ações: g; h; j; l; n; p (Figure 4).
6. **Documentação dos dados brutos e manutenção de um banco de dados padronizados** são importantes para que as coletas sigam as normas necessárias e para preservação dos dados em longo prazo. Deve ser realizada verificação periódica da consistência dos dados inseridos no banco de dados. Correções de inconsistências ocorrem de maneira mais fácil enquanto as atividades estão em andamento. Essa observação também é válida para a documentação, que deve ser feita ao longo da execução dos monitoramentos. Ações: e; i; k; l (Figure 4).
7. **Contínua análise de dados para geração de conhecimento e avaliação da efetividade do programa**, contrastando seus resultados com os objetivos propostos, modificando o que for necessário, sem prejuízo à série temporal já existente. Para isso é importante maior interação entre o gestor do programa de monitoramento da empresa do SEB e a prestadora de serviços ou equipe executora, com reuniões de apresentação de resultados. A realização de seminários e workshops com a presença de especialistas pode ajudar na discussão dos resultados encontrados e na definição dos próximos passos. Ações: j; l; n (Figure 4).
8. **Transparência com a informação gerada, publicação e divulgação dos resultados**, seja por meio de resumos para eventos, capítulo de livros, artigos científicos, informes técnicos, ou mesmo acesso público à relatórios técnicos e banco de dados, entre outras publicações. A realização de eventos técnico-científicos, como seminários e workshops, também atende o aspecto de divulgação dessa diretriz. Ações: j; m; n (Figure 4).
9. **Criação de indicador para acompanhamento** no sistema de gestão da empresa (medindo efetividade do programa), com apuração frequente (e.g. trimestral, anual). Também são importantes indicadores vinculados a gestão de riscos corporativos da empresa (quantificar/valorar o risco de não executar os monitoramentos). Ao integrar o sistema de gestão da empresa, os indicadores são apurados com frequência e qualquer desvio do parâmetro estabelecido devem ser propostas soluções para tratamento. Ações: f; l; p (Figure 4).
10. Buscar meios de **assegurar a continuidade do programa**, apesar de mudanças de pessoal, tecnologia e objetivos do programa. Talvez essa seja a diretriz mais desafiadora em longo prazo. Quando o monitoramento é executado com qualidade, aumenta-se a chance de se obter argumentos técnicos sólidos para a defesa da sua manutenção ao longo do tempo. A divulgação de resultados aumenta a visibilidade do programa e também pode favorecer sua manutenção. Ações: o – q (Figure 4).

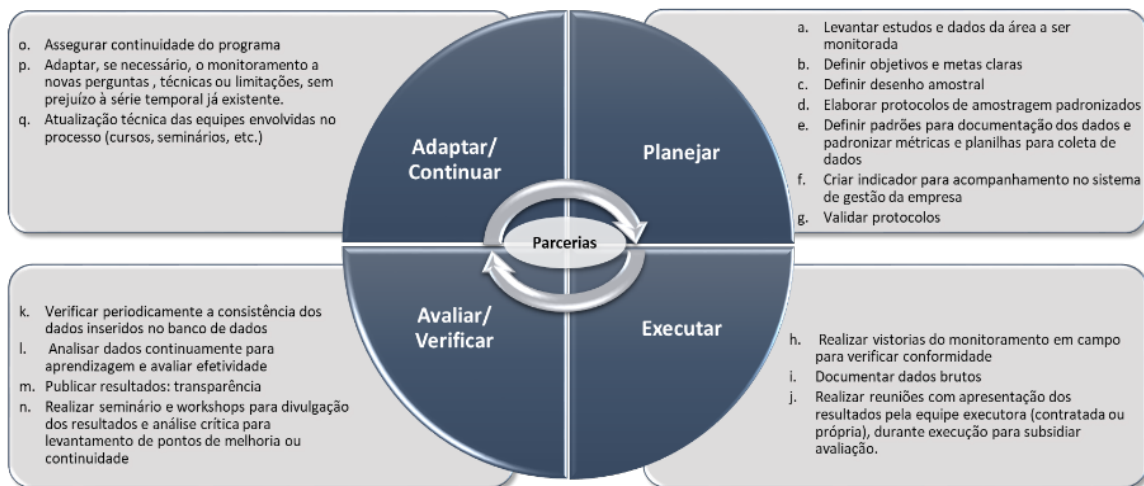


FIGURA 4 – Adaptação do ciclo PDCA (planejar-executar-avaliar-adaptar) para aplicação na gestão dos programas de monitoramento de peixes em reservatórios do Setor Elétrico Brasileiro.

4.0 - CONCLUSÃO

Qualquer profissional responsável por contratar um serviço de monitoramento de peixes, ou que precise planejá-lo para uma determinada equipe executar, gostaria de ter em mãos protocolos mínimos que estabelecessem exatamente o que e como fazer para atender os objetivos eficientemente. Infelizmente, é difícil determinar protocolos de coleta que respondam a todas as perguntas possíveis, pois existem desafios técnicos que podem ser intimidantes. Entretanto, não podemos ignorar esses desafios e enxergar o monitoramento como uma simples obrigação, cumprindo um requisito legal ou condicionante de licenciamento. Como observamos no levantamento realizado, recursos humanos e financeiros estão escassos e fazer seu bom uso é um compromisso que cabe a cada responsável pela atividade de monitoramento, seja gestor ou executor.

Mesmo após duas décadas de monitoramento na cascata de reservatórios do rio Araguari ainda observamos importantes mudanças nas assembleias de peixes, o que reforça a importância do monitoramento de peixes de longo-prazo para melhor avaliar impactos de barramentos sobre a biodiversidade. A partir dos resultados obtidos concluímos que os monitoramentos podem ser sim efetivos para gerar informações importantes sobre mudanças na biodiversidade. Contudo, vários aspectos que passam pelo planejamento, execução, análise e manejo dos dados dos monitoramentos devem ser cuidadosamente considerados para que a qualidade dos dados, e consequentemente das conclusões, não sejam comprometidos.

Com isso, acreditamos que a adoção das 10 diretrizes apresentadas poderia elevar a efetividade do processo de gestão pelas empresas do SEB, bem como a qualidade dos programas de monitoramento de peixes. As diretrizes são factíveis de implementação a partir da definição de planos de ação estruturados e adequações de termos de referência e especificações técnicas para atender as ações do PDCA. A partir de sua implantação as mudanças só serão percebidas no médio-longo prazo, por isso é de extrema importância começar o quanto antes, prever a continuidade das ações e avaliar constantemente os programas de monitoramento.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Maringá: EDUEM, 2007.
- (2) ALVES, C. B. M. Peixamento: benefícios e controvérsias de uma técnica de manejo. Ação Ambiental, v. XI, n. 39, p. 31–34, 2008.
- (3) BABBIE, E. Métodos de pesquisa de Survey. Belo Horizonte: UFMG, 1999.
- (4) COUTO, T. B.; OLDEN, J. D. Global proliferation of small hydropower plants – science and policy Frontiers in Ecology and the Environment, 2018.
- (5) DORNELAS, M. et al. Quantifying temporal change in biodiversity: Challenges and opportunities Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 2013.
- (6) GERRODETTE, T. A power analysis for detecting trends. Ecology, v. 68, n. 5, p. 1364–1372, 1987.
- (7) LINDENMAYER, D. B. et al. Value of long-term ecological studies. Austral Ecology, v. 37, n. 7, p. 745–757, 2012.
- (8) LINDENMAYER, D. B.; LIKENS, G. E. Adaptive monitoring: a new paradigm for long-term research and monitoring. Trends in Ecology and Evolution, v. 24, n. May, p. 482–486, 2009.
- (9) LOURES, R. C. Effectiveness of fish monitoring programs in hydropower plant reservoirs. 2019. Universidade Federal de Lavras, 2019.
- (10) LOVETT, G. M. et al. Who needs environmental monitoring? Frontiers in Ecology and the Environment,

- 2007.
- (11) MAGURRAN, A. E. et al. Long-term datasets in biodiversity research and monitoring: assessing change in ecological communities through time. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 25, n. 10, p. 574–582, 2010.
 - (12) MARGATO, V.; SANCHEZ, L. E. Quality and outcomes: a critical review of strategic environmental assessment in Brazil, v 16, n. 2, *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 2014.
 - (13) MICHELLIS JR., D.; FONSECA, E. Sustentabilidade e o Setor Elétrico. In: COLLI, A.; DIAS, P. (Ed.). *O Setor Elétrico e o Meio Ambiente*. Rio de Janeiro: FMASE, 2017. p. 720–723.
 - (14) OKADA, E. K.; AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. Spatial and temporal gradients in artisanal fisheries of a large Neotropical reservoir, the Itaipu Reservoir, Brazil. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 62, n. 3, p. 714–724, 2005.
 - (15) PELICICE, F. M. et al. Neotropical freshwater fishes imperilled by unsustainable policies. *Fish and Fisheries*, v. 18, n. 6, p. 1119–1133, 2017.
 - (16) PELICICE, F. M.; POMPEU, P. S.; AGOSTINHO, A. A. Large reservoirs as ecological barriers to downstream movements of Neotropical migratory fish. *Fish and Fisheries*, v. 16, n. 4, p. 697–715, 2015.
 - (17) PMI. *Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK®)*. 4th. ed. Pennsylvania: Project Management Institute Inc., 2008.
 - (18) POMPEU, P. S.; AGOSTINHO, A. A.; PELICICE, F. M. EXISTING AND FUTURE CHALLENGES: THE CONCEPT OF SUCCESSFUL FISH PASSAGE IN SOUTH AMERICA. *River Research and Applications*, v. 28, n. 4, p. 504–512, 2012.
 - (19) RADINGER, J. et al. Effective monitoring of freshwater fish. *Zenodo*, p. 34, 2018.
 - (20) SÁNCHEZ, L. E. *Avaliação de impacto ambiental*. 2nd. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.
 - (21) WINEMILLER, K. O. et al. Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science*, v. 351, n. 6269, p. 128–129, 2016.

6.0 - 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. Atua nas áreas de ecologia de peixes de água doce, com ênfase em impactos de hidrelétricas, manejo, monitoramento e conservação da ictiofauna.

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.