

Reação da ictiofauna da região amazônica a diferentes impulsos sonoros



<https://doi.org/10.56238/sevened2023.006-075>

Armando de Mendonça Maroja

Doutor em Física pela Universidade de Brasília – UnB e Professor Associado da Universidade de Brasília – UnB, Faculdade UnB Planaltina – FUP
 Instituição: Universidade de Brasília - UnB, Faculdade UnB Planaltina – FUP
 E-mail: amaroja@unb.br

Tania Machado da Silva

Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural pela Universidade de Brasília - UnB
 Instituição: Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Brasília - UnB, Faculdade UnB Planaltina – FUP
 E-mail: taniamachado91@gmail.com

Sérgio Luiz Garavelli

Doutor em Física pela Universidade de Brasília – UnB
 Instituição: Centro Universitário de Brasília, Instituto CEUB de Pesquisa e Desenvolvimento
 E-mail: sergio.garavelli@ceub.edu.br

Luiz Fabrício Zara

Doutor em Química Analítica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP e Professor adjunto IV da Universidade de Brasília – UnB, Faculdade UnB Planaltina – FUP
 Instituição: Universidade de Brasília - UnB, Faculdade UnB Planaltina – FUP
 E-mail: fabriciozara@unb.br

RESUMO

Este trabalho é parte de um projeto de pesquisa e desenvolvimento (P&D - 06631-0009/2019), que tem como objetivo desenvolver e validar estratégias tecnológicas integrando sistemas físico-químicos para a repulsão da ictiofauna do tubo de sucção durante o desligamento das unidades geradoras da

Usina Hidrelétrica Jirau, localizada no rio Madeira, estado de Rondônia, Brasil. Uma das estratégias é a barreira acústica, que está sendo desenvolvida de forma a atender as particularidades das espécies de peixes amazônicos da área de estudo. A barreira irá evitar e/ou minimizar a entrada de peixes nos tubos de sucção durante paradas e retomadas das turbinas. Na primeira etapa, foram identificados parâmetros acústicos: limiar auditivo e faixa de frequência de audição dos peixes mais comuns capturados na Usina. Na segunda etapa foram realizadas simulações computacionais que definiram a configuração e a potência da fonte sonora necessária para a barreira. Na terceira etapa foi realizada a caracterização dos sons aéreos e subaquáticos nas imediações da Usina. Nesta etapa foram realizados testes in situ utilizando o arranjo simulado com a fonte sonora da Lubell LL916 e o hidrofone C75 da Cetacean Research, testando a eficiência de 4 diferentes configurações de ruído: rosa; trovão; tiro e com componentes tonais bem definidos. Os testes foram realizados no vertedouro da Usina hidrelétrica Jirau, onde foram monitoradas a movimentação de peixes antes e durante o acionamento da fonte sonora. Os resultados indicaram que todos os diferentes tipos de sons têm potencial de aumentar a movimentação dos peixes, entretanto com desempenhos diferentes. O som gerado com componentes tonais aumentou em 57% a movimentação, o ruído de trovão em 43%, o ruído de tiro em 37% e o ruído rosa em 29%. Esses resultados são promissores e serão aplicados em testes nos tubos de sucção na próxima etapa do estudo.

Palavras-chave: Barreira sonora, Peixes amazônicos, Turbinas, Hidrelétrica, Ruído subaquático.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o Brasil vem apresentando significativos avanços na produção de energia eólica e solar. Apesar disso, a energia hidráulica proveniente das usinas hidrelétricas ainda representa uma parcela relevante da matriz elétrica brasileira, correspondendo a cerca de 65% (ANEEL, 2020).



Embora seja considerada uma fonte de energia limpa e renovável (BONDARIK, 2018), a operação desses empreendimentos pode gerar impactos ambientais significativos, tais como alterações nos cursos d'água e na fauna aquática local (CEMIG, 2015; ALBIERI & ARAÚJO, 2021).

Impactos adversos nas populações de peixes tais como mudanças na distribuição espacial e no comportamento, estresse, perda temporária da audição e outros danos ao sistema auditivo, decorrentes da operação e manutenção de usinas hidrelétricas são relatados na literatura (REIS *et al.*, 2016; EEA, 2020). No caso desses empreendimentos, um grande desafio ambiental é manter a funcionalidade do contínuo fluvial, permitindo o trânsito de peixes entre as áreas alteradas pelo barramento no rio (DE QUEIROZ *et al.*, 2013; SANTOS *et al.*, 2020).

Para preservar rotas migratórias de peixes e minimizar possíveis impactos, usinas hidrelétricas têm adotado sistemas de transposição de peixes e estudado alternativas de repulsão para evitar o acúmulo de espécimes no sopé das barragens, o que podem resultar em mortandades em turbinas e vertedouros, em especial durante manutenções programadas ou intempestivas (CEMIG, 2015).

Diversas estratégias têm sido desenvolvidas com o objetivo de repelir peixes, e estudos recentes demonstram que a utilização de barreiras acústicas pode ser uma técnica altamente eficaz no setor hidrelétrico. As barreiras acústicas têm sido aplicadas para evitar que peixes entrem em tubos de sucção de usinas hidrelétricas e fábricas, além de orientá-los para rotas seguras, minimizando potenciais danos à ictiofauna (JESUS *et al.*, 2019).

Este trabalho faz parte de um projeto de pesquisa e desenvolvimento (P&D ANEEL-06631-0009/2019) cujo objetivo é criar e validar estratégias tecnológicas que integrem sistemas físico-químicos para repelir a ictiofauna do tubo de sucção durante o desligamento das unidades geradoras em usinas hidrelétricas. Uma dessas estratégias é a barreira acústica, que está sendo desenvolvida para atender às particularidades das espécies de peixes amazônicos presentes na área de estudo.

Nessa perspectiva, este trabalho apresenta os resultados da quarta etapa do desenvolvimento da barreira acústica. Foram realizados testes *in situ* com uma fonte acústica subaquática e um hidrofone para verificar a eficiência de quatro configurações de ruído diferentes. Os resultados apresentados são preliminares, mas fornecem uma avaliação inicial satisfatória da efetividade de cada tipo de ruído utilizado.

A seleção e desenvolvimento dos ruídos utilizados neste trabalho foram baseados nos resultados obtidos nas etapas anteriores do desenvolvimento da barreira acústica. Na primeira etapa, foi feito um levantamento das espécies detectadas nos tubos de sucção da Usina Hidrelétrica (UHE) Jirau nos últimos anos e comparado com dados de estudos em outros países, considerando a ordem/família de peixes equivalentes, uma vez que os dados específicos para peixes amazônicos não estão disponíveis. Os resultados indicam que a fonte sonora para produção da barreira acústica adequada à ictiofauna do rio Madeira deve ter intensidade de pelo menos 161 dB (re 1 μ Pa) e ser capaz



de reproduzir tanto baixas como médias frequências, no intervalo de 100 a 5000 Hz, faixa audível das espécies detectadas na usina (DIAS et al., 2020).

Na segunda etapa do projeto, foram realizadas simulações computacionais para definir a configuração e a potência da fonte sonora necessária para a construção da barreira acústica. Como resultado, foi verificado que, em princípio, uma única fonte sonora subaquática de alta potência (180 dB re 1 μ Pa) seria suficiente para produzir a barreira acústica.

Na terceira etapa, foi realizada a caracterização dos sons aéreos e subaquáticos nas proximidades da UHE Jirau. Os resultados indicam que os ruídos ambientais aéreos (NPS) na área externa da usina e na área de floresta circundante estão dentro dos valores estabelecidos pelas normas vigentes. O espectro sonoro não apresenta sons tonais, mesmo nas medições realizadas em pontos próximos às unidades geradoras. Os níveis sonoros variam de 65 dB nas proximidades da casa de força, onde há fluxo de veículos, a valores próximos a 40 dB na área de floresta que circunda a usina. Adicionalmente, verificou-se que o ruído subaquático gerado pelas unidades geradoras da usina hidrelétrica tem um impacto limitado em sua área de influência imediata, com a paisagem sonora subaquática retornando ao seu nível basal a cerca de 5 km de distância da fonte emissora.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a UHE Jirau, quarta maior hidrelétrica em geração de energia instalada no Brasil, com 50 unidades geradoras (UG) do tipo bulbo, resultando na potência instalada de 3.750 MW. A Usina foi implementada em 2010 no rio Madeira, a 120 km de Porto Velho, no estado de Rondônia, estando em operação desde outubro de 2013. A área inundada varia ao longo do ano (21,0 km² a 207,7 km²), a depender dos ciclos hidrológicos da região, contudo a área do reservatório é de 361,6 km² (DIAS *et al.*, 2020).

A Usina Hidrelétrica de Jirau é composta por 50 unidades geradoras, que estão distribuídas em duas casas de força: uma localizada na margem direita, compreendendo as unidades geradoras de UG01 a UG28, e outra localizada na margem esquerda, compreendendo as unidades geradoras de UG29 a UG50. Entre as duas casas de força, encontra-se o vertedouro, que é composto por 18 vãos (ESBR, 2021). A **Figura 1** ilustra a casa de força da margem direita, bem como o vertedouro.



Figura 1 – Estrutura das áreas de estudo da UHE Jirau (Fonte: Google Earth) com destaque da (a) Vista vão 18 do vertedouro, com comporta fechada a montante, impedindo o fluxo de água através da abertura a jusante (Fonte: Autores), e da (b) Vista frontal dos tubos de sucção (Fonte: ESBR, 2021).



No processo de seleção do local para o teste piloto, foram utilizados critérios de segurança, semelhança com os tubos de sucção das unidades geradoras em relação às dimensões, e a presença de peixes. Dessa forma, o local escolhido foi o vão 18 do vertedouro da usina. As medidas foram realizadas durante o período hidrológico de seca, quando o vertedouro permanece a maior parte do tempo fechado a montante. Os vãos do vertedouro da UHE Jirau possuem dimensões semelhantes ao tubo de sucção. A abertura frontal para jusante do vão 18 possui 12 metros de largura, 14 metros de comprimento e 18 metros de profundidade (**Figura 2**).

Figura 2 – Dimensões do vão 18 do vertedouro da UHE Jirau.



Fonte: Autores.



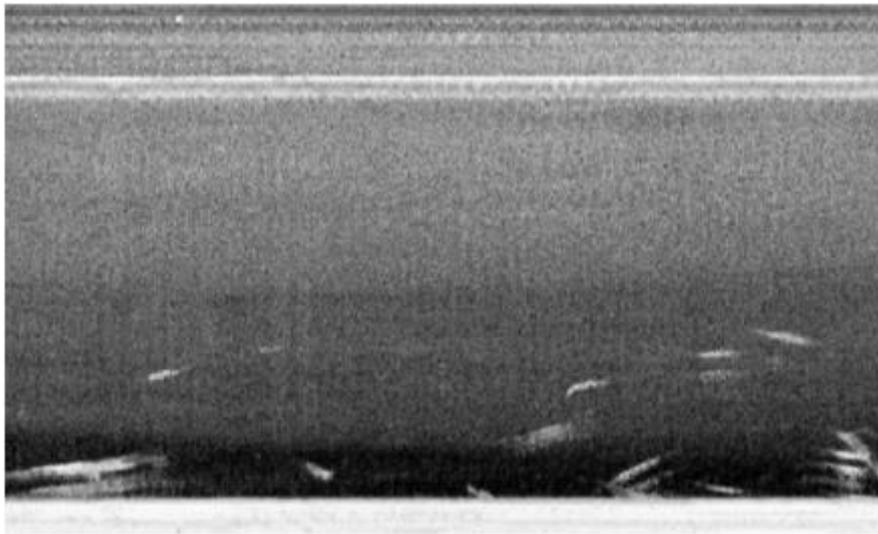
2.2 MONITORAMENTO DA ICTIOFAUNA

Para avaliar em tempo real a movimentação da ictiofauna presente na parte interna do vão 18 do vertedouro da Usina Hidrelétrica de Jirau, foi utilizado o sistema hidroacústico de varredura de baixa e alta frequência desenvolvido pela Venturo Consultoria Ambiental e adaptado para as condições do vão do vertedouro. Para isso, foi posicionado um transdutor próximo à linha d'água na região a jusante do vertedouro, que foi conectado por um cabo específico e resistente ao equipamento hidroacústico (DA SILVA et al., 2022).

O sistema de geração de imagens utilizou frequências distintas, permitindo a demarcação de áreas de cobertura específicas da movimentação da ictiofauna na parte interna do vão. O sistema hidroacústico foi ajustado para frequências de 455 a 880 kHz, com largura de feixe horizontal de 0,9 graus, largura de feixe vertical de 39 graus e ângulo de inclinação na vertical de 26 graus (DA SILVA et al., 2022).

As imagens obtidas foram analisadas, e a contagem de movimentações por minuto foi realizada para cada medida. A **Figura 3** apresenta os traços brancos sobrepostos ao fundo, que representam a movimentação da ictiofauna registrada pelo sonar.

Figura 3 – Imagem da tela do sistema de contagem de movimentação de peixe utilizando sonar na parte interna do vertedouro.



Fonte: Autores.

2.3 RUÍDOS PRODUZIDOS PARA TESTE DA BARREIRA ACÚSTICA

Com base nos resultados obtidos na primeira e na terceira etapa do projeto, foram produzidos quatro tipos de ruído para o teste da barreira acústica: Ruído Rosa (Padrão), Ruído Rampa (500 a 4000Hz), Trovão (baixas e médias frequências) e Tiro (baixas e médias frequências - Pulso). Para tanto, os ruídos foram produzidos utilizando os editores de áudio FL Studio e Audacity. Foram



utilizados sons gerados nos editores e sons disponíveis no repositório de efeitos sonoros da *BBC Sound Effects* (BBC, 2022).

Para a emissão dos ruídos durante o teste, foi utilizada uma fonte acústica composta por um alto-falante subaquático Lubell LL916 (com nível máximo de saída de 180 dB/ μ Pa/m @ 1kHz e resposta de frequência de 200Hz-23kHz), um amplificador AC1400 e acessórios. O alto-falante foi posicionado de forma centralizada, na entrada do vertedouro, a jusante, em uma profundidade de 9 metros. Próximo ao alto-falante, foi posicionado o hidrofone, a 9 metros de profundidade e 1 metro à direita da fonte. O conjunto do hidrofone C75 da Cetacean Research Technology foi conectado à interface SpectraDAQ-200 USB calibrada. A interface, coletou os dados de medida por meio do *software* Spectra Plus-SC. Tanto a fonte quanto o hidrofone foram controlados por um computador na parte superior do vertedouro (**Figura 4**).

Figura 4 – Sistema acústico e de monitoramento da ictiofauna implementado no vertedouro da UHE Jirau.



(Fonte: Autores).

2.4 TESTE PILOTO DA BARREIRA ACÚSTICA NO VERTEDOURO

Os testes foram feitos entre os dias 04 e 12 de novembro de 2021, período hidrológico de seca do rio Madeira. A fim de verificar a existência de influência do sonar no ruído residual subaquático, no primeiro dia de experimento foram feitas medidas iniciais nas faixas de frequência de 10Hz a 20kHz. Para tanto, foram feitas medidas do ruído residual com o sonar ligado e desligado, para posterior comparação.

Para o teste da barreira acústica, os ruídos foram divididos em dois grupos: GRUPO 1: (i) Rosa e (ii) Rampa; e GRUPO2: (iii) Trovão e (iv) Tiro. Os grupos foram testados em dias alternados, com quatro medições de um mesmo grupo de ruídos em cada dia: duas pela manhã e duas à tarde. Foi obtido um total de seis medições para cada tipo de ruído, totalizando 24 medições.



O procedimento experimental para as medidas seguiu o seguinte protocolo: Inicialmente, foi feita a medição do ruído residual subaquático durante três minutos com o hidrofone para avaliar a variação da intensidade do ruído residual ao longo do tempo. Em seguida, iniciou-se o monitoramento da movimentação dos peixes na parte interna do vão. Após 15 minutos de monitoramento, iniciou-se a emissão do primeiro som, que se manteve por 15 minutos. Ao final desse período, o som foi desligado e o monitoramento dos peixes foi mantido por mais 30 minutos. O mesmo procedimento foi então repetido para o segundo som da manhã. À tarde, repetiam-se as medições realizadas pela manhã.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante o teste realizado no vertedouro para avaliar a influência do sonar nas medidas do ruído ambiental subaquático, não foi observada qualquer alteração na intensidade e no espectro do ruído residual quando o sonar estava operando, no intervalo de 10Hz a 40kHz.

Contudo, durante o primeiro dia de experimento, foram observados valores superiores aos das medidas iniciais realizadas próximas à barragem, com forte tom harmônico em 60Hz. Esse tom aparece repentinamente, acarretando o aumento dos NPS globais da medida de patamares em torno de 120dB re 1 μ Pa (medida (i)) para 160dB re 1 μ Pa (medida (ii)) (**Figura 5**), sendo que o pico discreto em 60Hz é substituído por um forte tom ressonante em 60Hz.

O som reproduzido é claro e semelhante ao de um motor em funcionamento. No entanto, nenhuma fonte de ruído externa foi observada nas proximidades da área monitorada durante os experimentos. Dessa forma, é possível que este ruído tenha origem no maquinário das comportas do vertedouro, dado que a frequência do som de 60Hz e o aumento repentino da intensidade sugerem essa possibilidade. É importante destacar que nenhum pico em 60Hz foi observado nas medidas do ruído ambiental subaquático realizadas nas proximidades da barragem, o que pode indicar que o ruído das comportas não se propagou até lá, ou que outros fatores influenciaram a sua detecção.



Figura 5 – Ruído residual no vertedouro da UHE Jirau. NPS globais em destaque para cada medida.



Fonte: Autores.

Na **Figura 6**, a parte superior mostra o espectro do ruído ambiental no vertedouro quando a fonte acústica reproduz cada um dos ruídos pré-definidos (com o sonar desligado): ruído Rosa (rosa), ruído Rampa (vermelho), ruído Trovão (azul) e ruído tiro (laranja). Em verde é apresentado o ruído residual, quando nenhum som é reproduzido pela fonte. As duas curvas na parte inferior da figura apresentam os espectros apenas para o ruído rosa e o ruído tiro. Observa-se claramente forte ressonância dos diversos tipos de ruído no tubo de sucção para altas frequências, mesmo para o ruído Rampa (500Hz-4000Hz). Nas curvas inferiores a ausência de sons abaixo de 200Hz é devido ao limiar inferior de resposta de frequência do alto falante subaquático ser de 200Hz (LUBELL, 2022).

Figura 6 – Espectro do ruído ambiental no vertedouro quando a fonte acústica reproduz cada um dos ruídos pré-definidos (com sonar desligado): ruído Rosa (rosa), ruído Rampa (vermelho), ruído Trovão (azul) e ruído tiro (laranja).





Em relação à movimentação de peixes durante a emissão dos ruídos, o som gerado com componentes tonais aumentou em 57% a movimentação de peixes; o ruído de trovão aumentou em 43%; o ruído de tiro aumentou em 37%; e o ruído rosa aumentou em 29%. Os números representam a variação média da movimentação de peixes monitorada nos 5 minutos antes da fonte sonora ser ligada, comparada com o pico das movimentações durante os 15 minutos em que a fonte acústica permaneceu funcionando.

Os resultados preliminares apresentados anteriormente indicam que os ruídos produzidos pela fonte acústica têm o potencial de gerar respostas comportamentais dos peixes presentes no vertedouro. Esse resultado é apoiado por outros estudos que mostram a incidência e aumento de respostas comportamentais em peixes em decorrência do aumento de sons específicos (HAWKINS et al., 2014; DELEAU *et al.*, 2019).

É importante destacar que o sonar é um sistema de detecção de movimentos, que utiliza transdutores para enviar e receber ondas sonoras. Isso significa que um mesmo peixe pode ser detectado várias vezes pelo transdutor. Dessa forma, em um ambiente aberto, não é possível quantificar com precisão o número de peixes durante os testes da barreira acústica.

4 CONCLUSÕES

Considerando os resultados apresentados, pode-se inferir que a barreira acústica é eficiente em gerar respostas comportamentais em peixes no ambiente subaquático. Os experimentos realizados demonstraram que os diferentes tipos de ruídos produzidos pela fonte acústica foram capazes de aumentar a movimentação dos peixes no vertedouro. Esses resultados são relevantes para o setor hidrelétrico, já que a movimentação dos peixes pode ser direcionada para locais seguros e afastados das áreas de risco, minimizando os possíveis impactos ambientais da geração de energia elétrica. Além disso, a utilização de barreiras acústicas pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias mais eficientes de monitoramento e conservação de espécies aquáticas, tornando-se uma ferramenta importante para a gestão de recursos hídricos.

Porém, é importante ressaltar que a pesquisa apresenta algumas limitações que devem ser consideradas em trabalhos futuros. Uma das limitações é a impossibilidade de quantificar com precisão o número de peixes no ambiente subaquático, o que pode afetar a análise dos dados e a interpretação dos resultados. Dessa forma, novos estudos são necessários para avaliar a eficácia da barreira acústica em ambientes naturais e em diferentes condições ambientais, considerando diferentes espécies de peixes e variáveis ambientais relevantes.

De modo geral, os resultados desta pesquisa apresentam importantes implicações para o setor hidrelétrico e para a academia. A utilização de barreiras acústicas pode contribuir para minimizar os impactos ambientais da geração de energia elétrica, preservando a fauna aquática e os recursos



hídricos. Além disso, os resultados obtidos podem subsidiar o desenvolvimento de novas tecnologias e estratégias de gestão de recursos hídricos, bem como contribuir para o avanço do conhecimento científico na área de ecologia acústica e comportamento animal.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa de P&D da Energia Sustentável do Brasil (ANEEL/PD-06631-0009/2019) e a equipe da Jirau Energia, que forneceu todo o apoio necessário para o desenvolvimento da pesquisa.



REFERÊNCIAS

ALBIERI, R. J., & ARAÚJO, F. G. Comparisons of fish assemblages between above- and below-dams in southeastern Brazilian river: The influence of different types of dams / Comparação entre assembleias de peixes a montante e a jusante de barragens em um rio do sudeste brasileiro: A influência de diferentes tipos de barramentos. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v. 4, n. 3, p. 4355–4372, 2021. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n3-121>

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Panorama do setor elétrico brasileiro: Ano base 2019. Brasília: ANEEL, 2020. Disponível em: <<https://emaisenergia.org/wp-content/uploads/2020/04/PanoramaDoSistemaEletricoBrasileiro2019.pdf>> Acesso e junho de 2022.

BBC. Sound Effects. Disponível em: <<https://sound-effects.bbcrewind.co.uk/>>.

BONDARIK, R.; PILATTI, L. A.; HORST, D. J. Uma visão geral sobre o potencial de geração de energias renováveis no Brasil. *Interciencia*, v. 43, n. 10, p. 680-688, 2018.

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. Tópicos de manejo e conservação da Ictiofauna para o setor Elétrico. 1 ed. Belo Horizonte: Cemig, 2015.

DA SILVA, T. M.; FIGUEIREDO W. S.; ZARA, L. F.; SILVA, L. L. O.; MELO JUNIOR, J. O.; RIBEIRO, F. S. L.; OBARA, M. K. T. Deterring fish by increasing the flow rate in bulb turbine. *The International Journal on Hydropower and Dams*, v. 29, n. 4, p. 62-65, 2022.

DE QUEIROZ, L. J.; TORRENTE-VILARA, G.; OHARA, W. M.; PIRES, T. H. S.; ZUANON, J.; DORIA, C. R. C. (Org.) Peixes do rio Madeira - Volume 1, Santo Antônio Energia, São Paulo, 2013. Disponível em: https://www.santoantonioenergia.com.br/peixes_doriomadeira/ictio1.pdf

DELEAU, M. J. C.; WHITE, P. R.; PEIRSON, G.; LEIGHTON, T. G.; KEMP, P. S. Use of acoustics to enhance the efficiency of physical screens designed to protect downstream moving European eel (*Anguilla anguilla*). *Fish Management and Ecology*, v. 27, n.1, p.1–9, 2020. <https://doi.org/10.1111/fme.12362>

DIAS, M. F.; MAROJA, A. M. E GARAVELLI, S. L. Sistema para repulsão de ictiofauna em hidroelétricas brasileiras. *Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 16, n. 5, p. 180-191, 2020. <https://doi:10.17271/1980082716520202657>

EEA - European Environmental Agency, 2020. Noise in Europe 2020. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2014. Disponível em: <<https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-noise-in-europe>>

ESBR - Energia Sustentável do Brasil. Disponível em: < <https://www.esbr.com.br/empresa#a-usina-hidreletrica-jirau> >. Acesso em: fev. de 2021.

HAWKINS, A. D.; ROBERTS, L.; CHEESMAN, S. Responses of free-living coastal pelagic fish to impulsive sounds. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 135, n. 5, p. 3101, 2014. <https://doi: 10.1121/1.4870697>.

JESUS, J; AMORIM, M. C. P.; FONSECA, P. J.; TEIXEIR, A.; NATÁRIO, S.; CARROLA, J.; VARANDAS, S.; PEREIRA, T. P.; CORTES, R. M. V. Acoustic barriers as an acoustic deterrent for native potamodromous migratory fish species. *Journal of Fish Biology*, v. 95, n.1, p. 247–255, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2016.11.009>



LUBELL LABS INC. Lubell Labs LL916H & LL916C Pistonic Piezoelectric Underwater Speakers.
Disponível em: <https://www.lubell.com/LL916.html>

REIS, R. E.; ALBERT, J. S.; DI DARIO, F.; MINCARONE, M. M.; PETRY P.; ROCHA, L. A. Fish biodiversity and conservation in South America. *Journal of Fish Biology*, v. 89, n. 1, p. 12–47, 2016. <https://doi.org/10.1111/jfb.13016>

SANTOS, R. E., FONSECA, R., & ZANCHI, F. B. Amazônia: gestão pesqueira ameaçada por barragens / Amazon: fishery management threatened by dams. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v. 3, n. 4, p. 4238–4241, 2020. <https://doi.org/10.34188/bjaerv3n4-119>