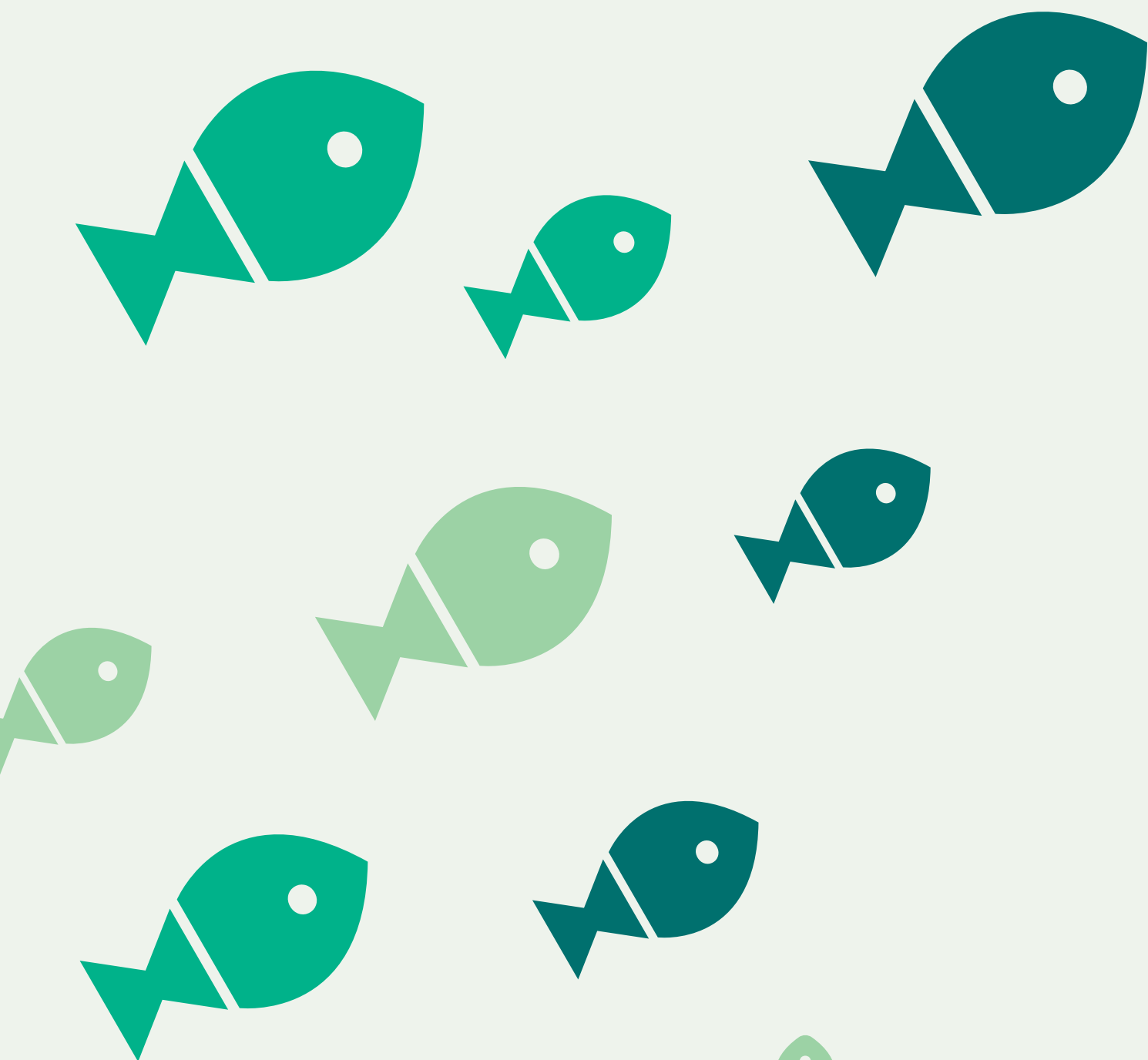


# RELATÓRIO PROGRAMA PEIXE VIVO 15 ANOS



ISBN 978-65-88694-09-1

Copyright: Companhia Energética de Minas Gerais – Cemig

Presidência: Reynaldo Passanezi Filho

Diretoria Adjunta de Estratégia, Meio Ambiente e Inovação: Maurício Dall’Agnese

Gerência de Gestão Ambiental: Rafael Augusto Fiorine

Autores:

Raquel Coelho Loures

Miriam Aparecida de Castro

Endereço:

Cemig – Companhia Energética de Minas Gerais

Superintendência de Gestão Ambiental da Geração e Transmissão

Av. Barbacena, 1.200 – 12º A1

30190-131 - Belo Horizonte (Minas Gerais) / Brasil

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Loures, Raquel Coelho

Relatório [livro eletrônico] : Programa Peixe Vivo : 15 anos / Raquel Coelho Loures, Míriam Aparecida de Castro. -- Belo Horizonte, MG : CEMIG, 2022.

PDF.

Bibliografia.

ISBN 978-65-88694-09-1

1. Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) 2. Desenvolvimento sustentável - Aspectos ambientais 3. Ecologia dos reservatórios 4. Peixes - Conservação e preservação - Aspectos ambientais 5. Programa Peixe Vivo da CEMIG 6. Relatórios técnicos 7. Usinas hidrelétricas - Aspectos ambientais - Minas Gerais I. Castro, Míriam Aparecida de. II. Título.

23-141045

CDD-577.63098151

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Relatórios : Usina hidrelétricas : Aspectos Ambientais : Minas Gerais : Estado  
577.63098151

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

# SUMÁRIO

PREFÁCIO	4
DEPOIMENTOS	7
APRESENTAÇÃO	12
PROGRAMA PEIXE VIVO	16
PREMIAÇÕES	22
PROTEÇÃO DE PEIXES DURANTE MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DE UNIDADES GERADORAS	26
AÇÕES DE MONITORAMENTO, MANEJO E CONSERVAÇÃO DE PEIXES	32
ALGUNS DESAFIOS E PERSPECTIVAS FUTURAS	36
PESQUISA E DESENVOLVIMENTO	42
COLABORADORES DOS PROJETOS DE PESQUISA	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68





# PREFÁCIO

## **Programa Peixe Vivo, enfrentando os desafios e alcançando o sucesso.**

*Newton José Schmidt Prado*

*Ênio Marcus Brandão Fonseca*

Os primeiros watts/hora (W/h) de energia hidrelétrica gerados na América Latina foram possíveis graças às águas do Rio Paraibuna que atravessa a Zona da Mata mineira e deságua no litoral fluminense. Há mais de 120 anos, as turbinas importadas dos Estados Unidos giravam pela primeira vez na Usina de Marmelos, em Juiz de Fora. Nossa matriz elétrica é predominantemente de origem hidráulica, devido ao país deter uma das maiores disponibilidades hídricas do planeta.

A construção de barramentos para geração de energia provoca uma série de modificações no ecossistema aquático. Além da implantação do barramento e seus equipamentos eletromecânicos, temos a operação de comportas de vertedouro e de fundo, a flutuação de vazão na geração ou através de vertimento, o que pode provocar mortes ou injúrias em peixes, com impactos na biota aquática, o que tem repercussão na sociedade e na imagem das empresas.

Historicamente temos registros de mortandade de peixes em empreendimentos hidrelétricos, desde a década de 1970/1980 com o início de construção de grandes usinas no Brasil. O Setor Elétrico Brasileiro teve sempre o seu planejamento decenal feito com robustez técnica, financeira, administrativa e operacional, modelo tido como referência dentro da administração pública. Este setor, no passado, agia com muita independência no tocante à gestão dos recursos hídricos, visto prioritariamente como uma fonte de geração de energia. O advento de importantes legislações como a Lei Nacional do Meio Ambiente de 1981, a Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, a de criação da ANA e do Sistema de Recursos Hídricos, os procedimentos de Licenciamento Ambiental, A Lei de Crimes Ambientais, dentre outras, e a maior conscientização da sociedade fizeram com que o Setor Elétrico incorporasse em seu planejamento e operação boas práticas ambien-

tais, notadamente aquelas com sinergia com os ecossistemas aquáticos, nele incluída a ictiofauna.

O Programa Peixe Vivo lançado pela Cemig, em 2007, cumpriu os objetivos propostos e foi muito além da conservação da fauna aquática. Talvez a maior virtude da empresa tenha sido a exposição transparente para a sociedade, dos impactos da operação de suas usinas sobre a ictiofauna, uma vez que o setor elétrico brasileiro historicamente sempre foi muito fechado e os problemas ambientais eram tratados com muita discricção, buscando uma solução apenas ouvindo as empresas.

A criação do Programa Peixe Vivo se deu logo após os acidentes ambientais de 2006 e 2007 na UHE Três Marias, onde foram registradas mortandade de peixe, decorrentes da operação dessa instalação.

A empresa decidiu abrir com a sociedade uma discussão sobre a questão da morte de peixes em usinas hidrelétricas, realizando dezenas de oficinas integradas. Nesses eventos diversos atores sociais como associação de pescadores, órgãos ambientais, associações comerciais, comunidade científica, especialista e lindeiros, dentre outros, tiveram a oportunidade de conhecer o problema e discutir ações de enfrentamento.

Nas oficinas integradas, técnicos da Cemig faziam uma apresentação dos impactos sobre os peixes e do estado da arte do conhecimento existente sobre o tema, até aquele momento. Após conhecer a complexidade do problema, debater e discutir possíveis soluções e ações para evitar e reduzir morte de peixes em usinas hidrelétricas eram selecionadas as melhores propostas, discutidas em grupos de trabalho.

Após a realização de todas as oficinas foram selecionadas as melhores ações a serem implementadas, e elaborado um plano de ação empresarial para execução das medidas e ou dar início aos estudos e pesquisas selecionados pela academia, para a melhoria do conhecimento sobre o tema.

O Peixe Vivo foi constituído, num primeiro momento, por uma equipe multidisciplinar, engenheiros da área de mecânica, elétrica, agrônomos e biólogos. Em pouco tempo tornou-se referência para todo o Setor Elétrico Brasileiro, com adoção de novas metodologias de monitoramento, desenvolvimento de protocolos, construção e instalação de sistema de grade de contenção de

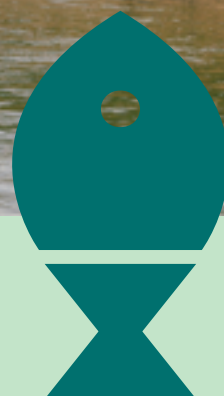
peixes, implementação de ações voltadas para redução de risco de morte de peixe à jusante de usinas e com a disseminação do conhecimento através de apresentação de trabalhos em seminários, congressos nacionais e internacionais, e junto às comunidades interessadas.

Citamos algumas ações e decisões que foram muito importantes para consolidação e desenvolvimento do programa ao longo destes 15 anos, merecendo destaque a capacitação de centenas de profissionais através da academia, o envolvimento e parceria das universidades, num primeiro momento com recursos da Cemig e posteriormente com recursos do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento – P&D, o que possibilitou a publicação de aproximadamente 100 dissertações de mestrado e teses de doutorado.

Hoje podemos encontrar profissionais altamente capacitados, que estão prestando serviço, em todo setor elétrico brasileiro, órgãos ambientais, universidades no Brasil e no exterior.

Gostaríamos de parabenizar toda a equipe do Peixe Vivo e em especial a bióloga e Analista de Meio Ambiente da Cemig, Raquel Coelho Loures Fontes que integrou a equipe do Programa Peixe Vivo desde o lançamento em 2007 e coordena o programa com muita competência e dedicação.

Assim, este relatório sumariza os resultados do Programa que, além de vitorioso, tem em sua essência os princípios preconizados no ESG (Environmental, Social and Governance – Ambiental, Social e Governança).





# DEPOIMENTOS

**Solicitamos aos representantes de diferentes áreas da Cemig, bem como instituições que acompanharam o desenvolvimento e os resultados do Programa Peixe Vivo, que dessem sua opinião sobre o Programa.**

**Abaixo os principais depoimentos:**

- **IMPORTÂNCIA DO PROGRAMA PEIXE VIVO**

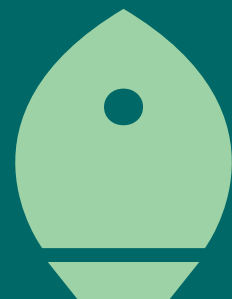
“Foi a partir desta ideia, inédita e integrante da ação de conservação ambiental, que se despertou, de forma coletiva, nas empresas geradoras a primorosa e urgente importância de se projetar, desenvolver, implantar e executar ações que minimizem o impacto do barramento e da geração de energia sobre nossa tão rica e ameaçada ictiofauna brasileira. Tais pioneiras iniciativas servem hoje de exemplo e modelo a ser adotado e seguido pelo Setor Elétrico como um todo, podendo inclusive despontar como referência em nível mundial.”

**Paulo Formagio e Mario Antônio Sacramento Silva, biólogos (Furnas)**



“O Programa Peixe Vivo, concebido com a intenção de entender os mecanismos pelos quais a presença e/ou a operação das hidrelétricas afetam a ictiofauna e os melhores procedimentos na prevenção ou mitigação desses impactos, teve uma gestão que lhe permitiu ir muito além. A gestão desse Programa fomentou o intercâmbio entre especialistas de diferentes áreas, tanto do corpo técnico próprio da empresa como de acadêmicos de vários centros de pesquisa e apoiou estudos e experimentos que resultaram em subsídios mais consistentes para as tomadas de decisão, além de ferramentas que contribuíram para uma coexistência mais amigável entre a usina e os peixes. O Programa Peixe Vivo, ao abordar temas que são comuns a outras empresas de energia (mortes de peixes na barragem, sistemas de transposição, estocagem de peixes, restauração de habitats, entre outros), construiu uma excelente base de conhecimento, não apenas para a Cemig, mas para todo o setor elétrico. O intercâmbio, os projetos de pesquisa desenvolvidos e as discussões realizadas pelos diferentes segmentos dentro do Programa permitiram a quebra de paradigmas e a reavaliação das estratégias de manejo e monitoramento da ictiofauna. É também contribuição altamente relevante do Programa Peixe Vivo o engajamento e aprendizado da academia nos temas ambientais de interesse no setor hidrelétrico, a formação de um grande contingente de recursos humanos já atuando no setor e o inegável nível de excelência alcançado pelo quadro próprio de técnicos da Cemig, evidenciado pela sua contribuição em discussões promovidas nos principais eventos científicos da área no país.”

**Ângelo Antonio Agostinho, professor titular aposentado do Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos (Universidade Estadual de Maringá)**



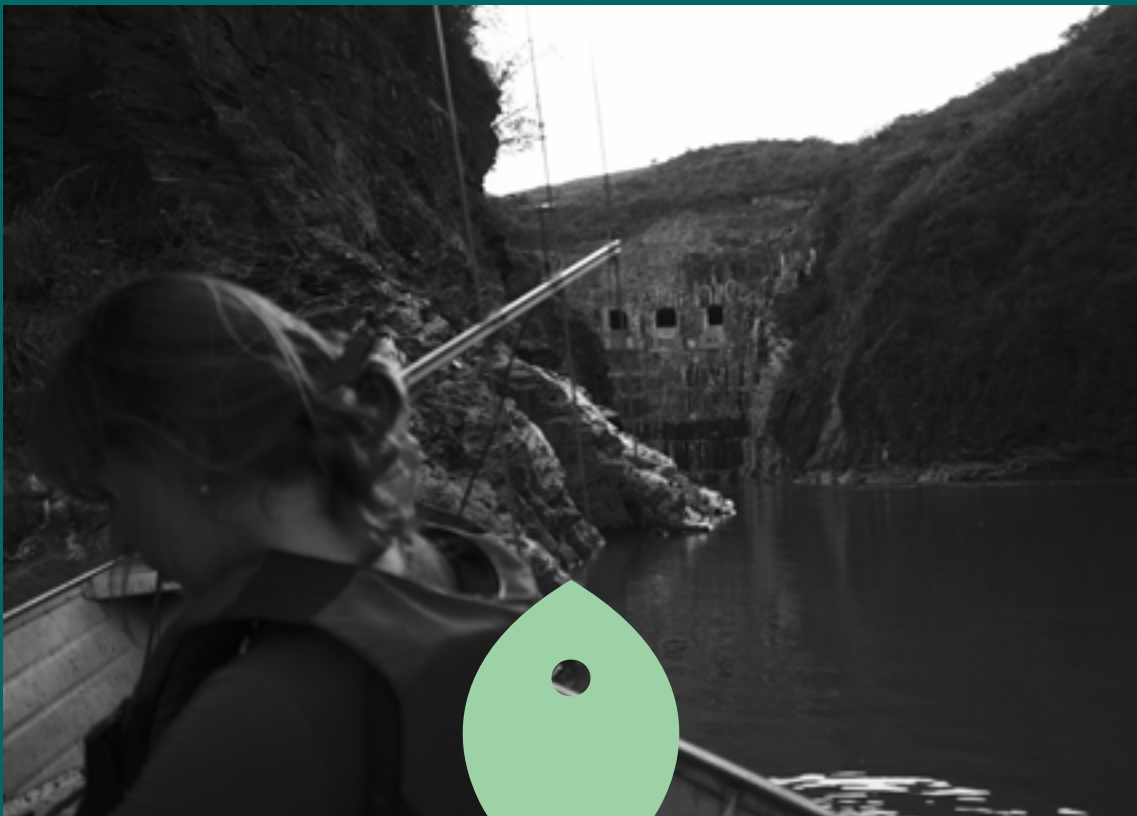


“O Peixe Vivo teve um papel transformador na relação de como o setor elétrico percebe a relação peixe-hidrelétrica. A partir da criação do Programa, as decisões deixaram de ser empíricas e passaram a ser baseadas em critérios técnicos-científicos.”

**Adielton Galvão de Freitas, gerente de Sustentabilidade (Cemig)**

“O Programa Peixe Vivo, com sua atuação proativa junto à gestão da ictiofauna, permite uma otimização na operação dos reservatórios pelo equilíbrio entre as necessidades do ecossistema e o despacho ótimo das usinas hidrelétricas, atendendo ao suprimento eletroenergético e aos usos múltiplos.”

**Ivan Sérgio Carneiro, gerente de Planejamento Energético (Cemig)**

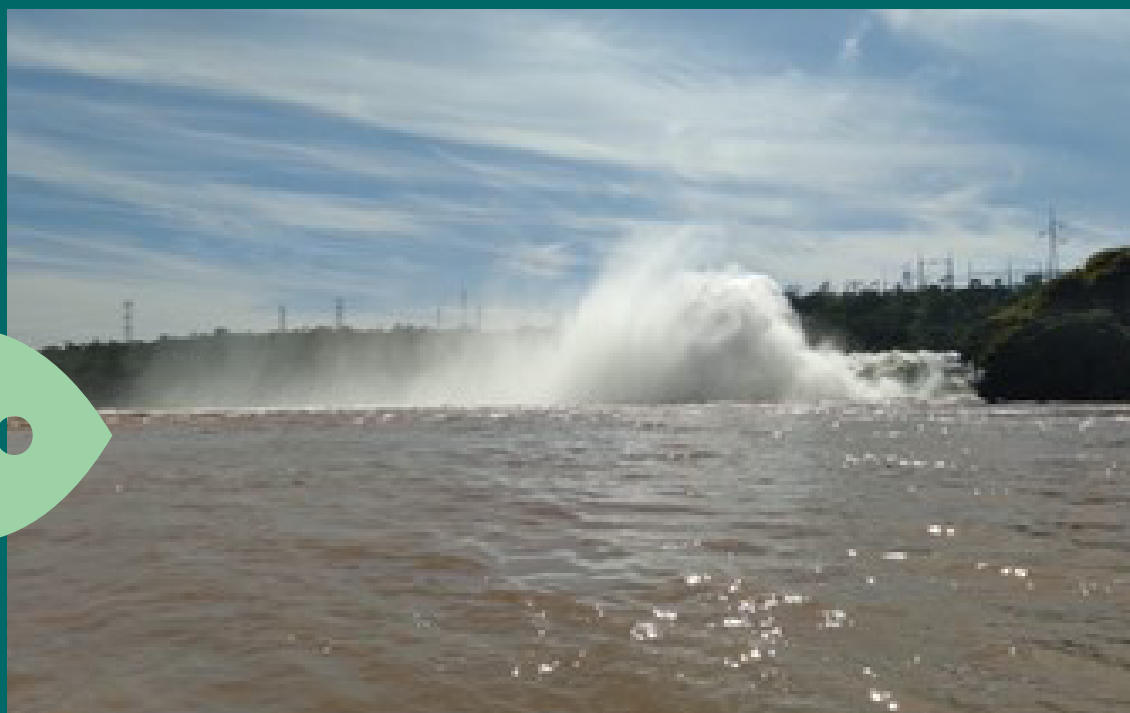


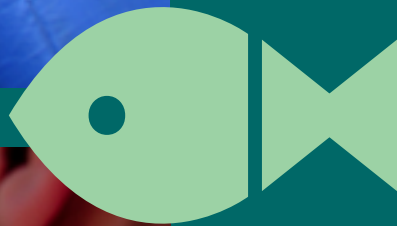
“O Programa Peixe Vivo foi um marco de extrema relevância para a Cemig. Lembro-me perfeitamente de sua criação, quando de ocorrência relevante que tivemos na Usina Três Marias e dos inúmeros benefícios auferidos desde a sua criação, não somente para Três Marias e demais usinas da Cemig Geração e Transmissão, mas também para outras usinas do grupo Cemig, como a Usina Funil, localizada nas proximidades da cidade de Lavras, no sul do nosso estado. Os números falam pelo Programa, basta comparar as mortes e resgates de peixes vivos antes e depois da implantação do Programa e tudo ficará transparente.”

**Demétrio Alexandre Ferreira, superintendente de Ativos de Geração (Cemig)**

“O Programa foi de suma importância. Aproximou a empresa dos ribeirinhos e pescadores profissionais esclarecendo e conscientizando da importância dos estoques pesqueiros e sua conservação. Também serviu de canal de comunicação entre o órgão ambiental, a comunidade e as empresas de energia elétrica. Difundiu as ações de pesquisa e divulgação para outras empresas do setor.”

**Marcelo Coutinho Amarante, biólogo (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD)**







# APRESENTAÇÃO

Barragens construídas para geração de eletricidade transformam rios mudando a água, sedimentos e nutrientes, afetando a integridade ecológica dos sistemas aquáticos, sendo considerada a principal causa de mudanças e perda de diversidade de peixes ao longo do tempo. A perda da biodiversidade nas últimas décadas e a necessidade de compreender os principais fatores e mecanismos que impulsionam essa perda reforçam a importância de programas ambientais de monitoramento, manejo e conservação eficazes por parte das empresas do setor elétrico. A Cemig há 15 anos desenvolve o Programa Peixe Vivo, criado em 2007, para minimizar os impactos na diversidade de peixes, buscando soluções de manejo e tecnologias que integram a geração de eletricidade à conservação de espécies de peixes nativos, promovendo o envolvimento da comunidade.

As interações entre as áreas ambiental e de engenharia em conjunto com as parcerias empresa-universidade foram decisivas para definição de soluções construtivas e novas regras operacionais que associam a avaliação de risco da morte dos peixes durante o planejamento/execução das operações e manutenção das unidades geradoras turbinas. Desde a criação do Programa, as mortes de peixes foram reduzidas em 77% nas usinas hidrelétricas do Grupo Cemig, que refletiram na queda em mais de 99% das perdas financeiras com multas aplicadas pelos órgãos fiscalizadores. Além disso, desde então, não houve interdição de turbinas por órgãos ambientais, uma penalidade possível de ser aplicada, prevista nas leis ambientais.

"O Programa Peixe Vivo, sem sombra de dúvidas, é o programa mais robusto da agenda de sustentabilidade da Cemig e tem trazido um impacto extremamente importante no posicionamento ESG da Companhia perante os stakeholders e índices de sustentabilidade. Sua lógica de atuação envolvendo e ouvindo a comunidade científica e pescadores traz grande legitimidade para as ações executadas pelo programa."

**Adieliton Galvão de Freitas, gerente de Sustentabilidade (Cemig)**






“Esse Programa foi um pontapé inicial e, ao mesmo tempo, marco muito importante para a conservação da Ictiofauna, pois foi através dele que pesquisas de ponta puderam ser desenvolvidas, constituindo material científico de qualidade e confiabilidade, tornando-se referência para consulta pelas demais empresas do setor.”

**Paulo Formagio e Mario Antonio Sacramento Silva, biólogos (Furnas)**




A experiência do Programa Peixe Vivo, ao longo de seus quinze anos, mostrou que a união entre Academia e indústria é muito positiva e desejável. O programa possui 23 projetos científicos em seu portfólio, dos quais cinco estão em desenvolvimento. Esses projetos contaram com a participação de 324 colaboradores, pesquisadores e estudantes, resultando em mais de 690 publicações. Além da formação de pessoal, os resultados acadêmicos, juntamente com as parcerias estabelecidas dentro e fora da empresa, têm sido utilizados para criar práticas mais eficientes, menos impactantes, para a convivência de usinas e peixes nos rios de Minas Gerais, trazendo fundamentação científica para o processo de melhoria do desempenho ambiental das atividades da Empresa. Esses resultados também trouxeram ganho de imagem e maior credibilidade junto aos órgãos ambientais e sociedade como um todo.

Apesar dos resultados alcançados até agora, há sempre desafios a serem enfrentados. A tomada de decisão sobre medidas efetivas para manejo e conservação de peixes em relação a construção e operação de hidrelétricas depende do conhecimento da sua ecologia, anatomia, fisiologia, comportamento, entre outros, e dos mecanismos dos impactos em cada fase dos empreendimentos. Adquirir esse conhecimento depende de investimento, de tempo e recursos humanos e financeiros. Diversos processos ecológicos dependem de escala temporal que podem variar de anos a décadas, reforçando a importância de programas de longo prazo para construção de bases sólidas para uma gestão ambiental eficiente e sustentável. Dessa forma, o Programa Peixe Vivo vem construindo sua trajetória, contribuindo enormemente para ampliar o conhecimento sobre essa interação entre peixes e usinas hidrelétricas. A transparência e divulgação dos seus resultados dão abertura para discussão sobre o tema com impactos para o Setor Elétrico, com notório reconhecimento nacional e internacional. Este relatório contará um pouco da sua história. 

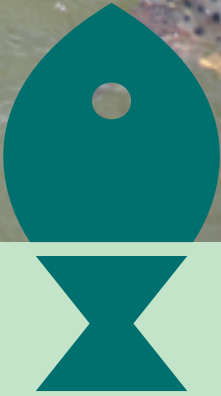


# O PROGRAMA PEIXE VIVO

A Cemig é um dos mais sólidos e importantes grupos do segmento de energia elétrica no Brasil, sendo reconhecida por seu porte e competência técnica e considerada a maior empresa integrada do setor elétrico no Brasil. É composta por 177 empresas, com ações em 09 consórcios e 2 fundos de participação, além de ter ativos e negócios em 24 estados brasileiros e no Distrito Federal. Somente no estado de Minas Gerais, a empresa fornece energia para mais de 8,6 milhões de consumidores, divididos entre 774 municípios. É também um dos grupos de maior geração, responsável pela operação de 67 hidrelétricas, 6 eólicas e 18 fazendas solares, totalizando 5.826,7 MW. O Grupo Cemig é referência na economia global, reconhecida por seu desempenho sustentável. Há 22 anos consecutivos, a Cemig está listada no Índice Mundial de Sustentabilidade Dow Jones (DJSI World).

Houve uma série de acidentes ambientais envolvendo a morte de peixes em hidrelétricas da empresa, durante a primeira década de 2000. Esses acidentes somaram mais de 52 toneladas de peixes mortos durante procedimentos de operação e manutenção, com multas ambientais crescentes ao longo dos anos, totalizando aproximadamente 40 milhões de reais de 2000 a 2007. Além dos impactos ecológicos e financeiros, vale ressaltar que esses acidentes também trazem danos intangíveis, como perda de imagem junto a agências reguladoras e stakeholders, e geram conflitos com a comunidade. Em 2007, após um grande acidente com morte de peixes na UHE Três Marias, a Cemig criou o Programa Peixe Vivo, visando uma atuação mais eficiente na prevenção e mitigação dos impactos de seus empreendimentos sobre os peixes. As diretrizes e os principais objetivos do Programa foram definidos em conjunto com a ajuda de cientistas, biólogos especialistas na área (ictiólogos), pescadores, membros da sociedade civil e organizações governamentais e não governamentais, através de oficinas integradas. 







# MISSÃO

Minimizar os impactos na diversidade de peixes, buscando soluções de manejo e tecnologias que integram a geração de eletricidade à conservação de espécies de peixes nativos, promovendo o envolvimento da comunidade.

# PRINCÍPIOS

1

Adotar critérios científicos para tomada de decisões.

2

Modificar práticas adotadas de acordo com informações geradas.

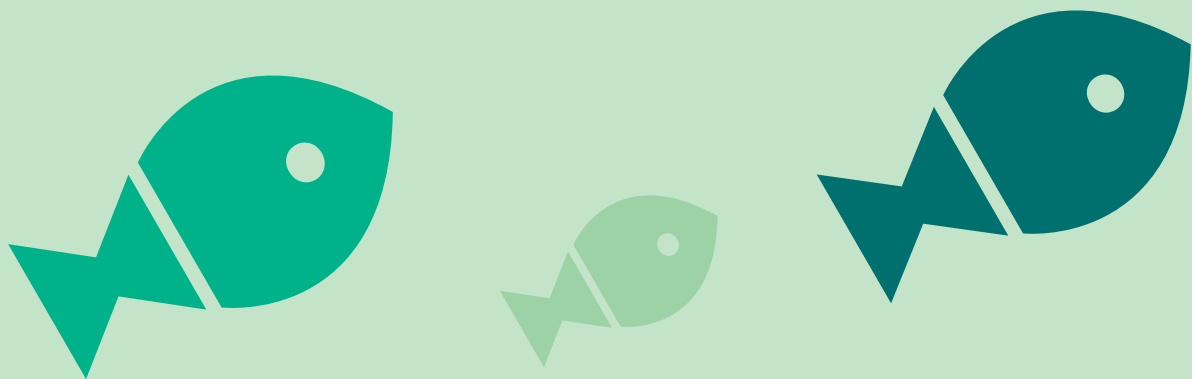
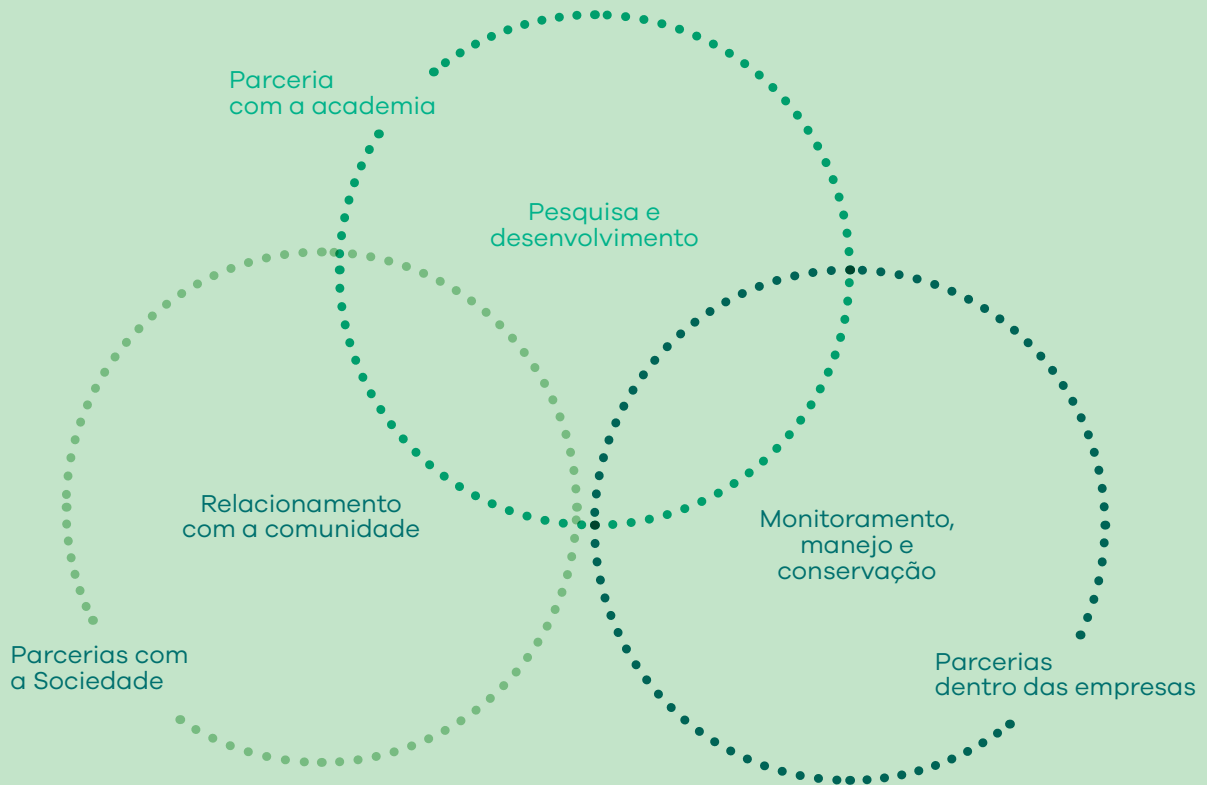
3

Incentivar a divulgação de informações do programa para a sociedade.

4







Trabalhar em parceria com outras instituições.


# PILARES



A missão do Programa Peixe Vivo prevê a ampliação e a criação de medidas mais eficazes para a conservação de peixes nas bacias hidrográficas onde existe empreendimento da Companhia. Suas ações estão apoiadas por três pilares: i) programas de monitoramento, manejo e conservação focados à adoção de melhores práticas; ii) pesquisa e desenvolvimento que expandam o conhecimento científico sobre a fauna de peixes e forneçam subsídios para estratégias de manejo e conservação mais eficientes; iii) relação com a comunidade, divulgando as ações e resultados do Programa para a sociedade de diferentes formas, buscando seu envolvimento na construção de um planejamento estratégico mais completo com a diversidade de pontos de vista sobre o mesmo tema. Para isso, o Programa desenvolveu uma matriz de parcerias com universidades, centros de pesquisa, órgãos ambientais, ONGs e comunidades locais, a fim de criar estratégias mais eficientes, subsidiar programas de conservação de peixes e envolver diferentes setores no processo de tomada de decisão da empresa. Além disso, destacamos a importante parceria estabelecida entre as áreas ambiental e de engenharia dentro da empresa.

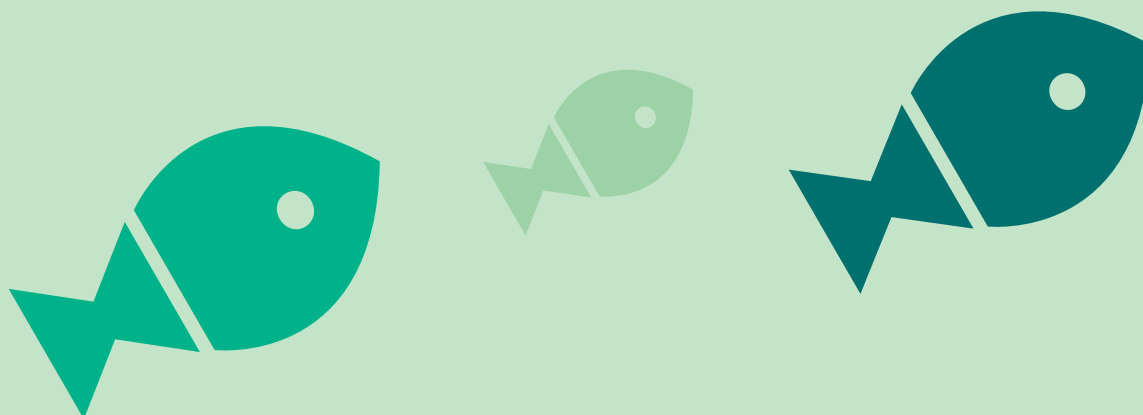
Em geral, o Programa Peixe Vivo trabalha em uma ampla gama de temáticas relacionadas à fauna de peixes e sua relação com usinas hidrelétricas. Abaixo destacamos alguns deles:

-  Avaliação de risco de morte de peixes em operação e manutenção de unidades geradoras.
-  Suporte à engenharia para estabelecer regras operacionais para minimizar o impacto sobre os peixes.
-  Criação de diretrizes para programas de monitoramento, manejo e conservação de peixes no âmbito do Grupo Cemig.
-  Gestão de projetos estratégicos de pesquisa.
-  Monitoramento e análise do cumprimento de condicionantes relacionadas a peixes provenientes do processo de regularização ambiental dos empreendimentos.
-  Suporte técnico a demandas diversas relativas a peixes envolvendo empreendimentos do Grupo Cemig.



A equipe do Programa Peixe Vivo, quando da sua criação em 2007, foi inicialmente formada por analistas de meio ambiente, biólogos especialistas em ictiofauna, engenheiros, técnicos em operação de usina e comunicador social. Alguns dos membros ficavam alocados na sede da empresa e outros em regionais no estado dando suporte a todas as usinas da empresa. Após algumas definições de estratégia no primeiro ano, para dar sequência às atividades, a equipe manteve em seu quadro analistas de meio ambiente, biólogos especialistas em ictiofauna e comunicador social, com suporte direto de diversos profissionais e centros de pesquisa, que atuam junto ao Programa agregando conhecimento e possibilitando intervenções cada vez mais eficientes. A equipe ainda conta com a importante colaboração de engenheiros, técnicos e demais profissionais responsáveis pela manutenção e operação das usinas, auxiliando na tomada de decisões quanto à realização de manobras mais impactantes aos peixes e à necessidade de intervenções civis que trazem maior segurança ambiental.

Considerando os 15 anos de vigência do Programa, os resultados da atuação do Peixe Vivo dentro da empresa foram bastante satisfatórios nos aspectos ambientais, sociais e econômicos, trazendo retorno dos investimentos realizados em projetos e inovações tecnológicas. Vale registrar que a equipe do Programa já foi convidada por outras empresas do Setor elétrico para apresentação e discussão dos resultados de trabalhos que desenvolve, para replicação em suas empresas. Além disso, desde 2009, o Programa é premiado em eventos técnico-científicos e por entidades de grande respeito e reconhecimento na sociedade.



# PREMIAÇÕES

**2009**

IV Prêmio Brasil de Meio Ambiente: **"Melhor trabalho de preservação de Fauna e Flora"**

**2010**

Vencedor do Prêmio ABERJ **"Comunicação de Programas voltados à Sustentabilidade Empresarial"**

**2011**

Prêmio melhor trabalho apresentado no **XXI Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica**

**2012**

Prêmio melhor trabalho apresentado no **58º Congresso Nacional de Genética (P&D345)**

**2013**

Prêmio melhor trabalho apresentado no **XV Simpósio de Citogenética e Genética de peixes (Projeto Jequictio)**

**2014**

12º Prêmio Benchmarking Brasil 2014: **O Programa Peixe Vivo ficou em 9º lugar no ranking das 72 empresas que concorreram ao prêmio + V Prêmio Hugo Werneck**

**2015**

Prêmio 1º e 3º lugares dos melhores trabalhos apresentados no **XXII Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica**

**2016**

Projeto de pesquisa da UFSJ com apoio do Programa Peixe Vivo é um dos vencedores da **9ª Edição do Prêmio Odebrecht para desenvolvimento sustentável**

**2017**

Menção honrosa de dois trabalhos, resultados de projeto em parceria com o Peixe Vivo, apresentados no **XIII Congresso de Ecologia**

**2019**

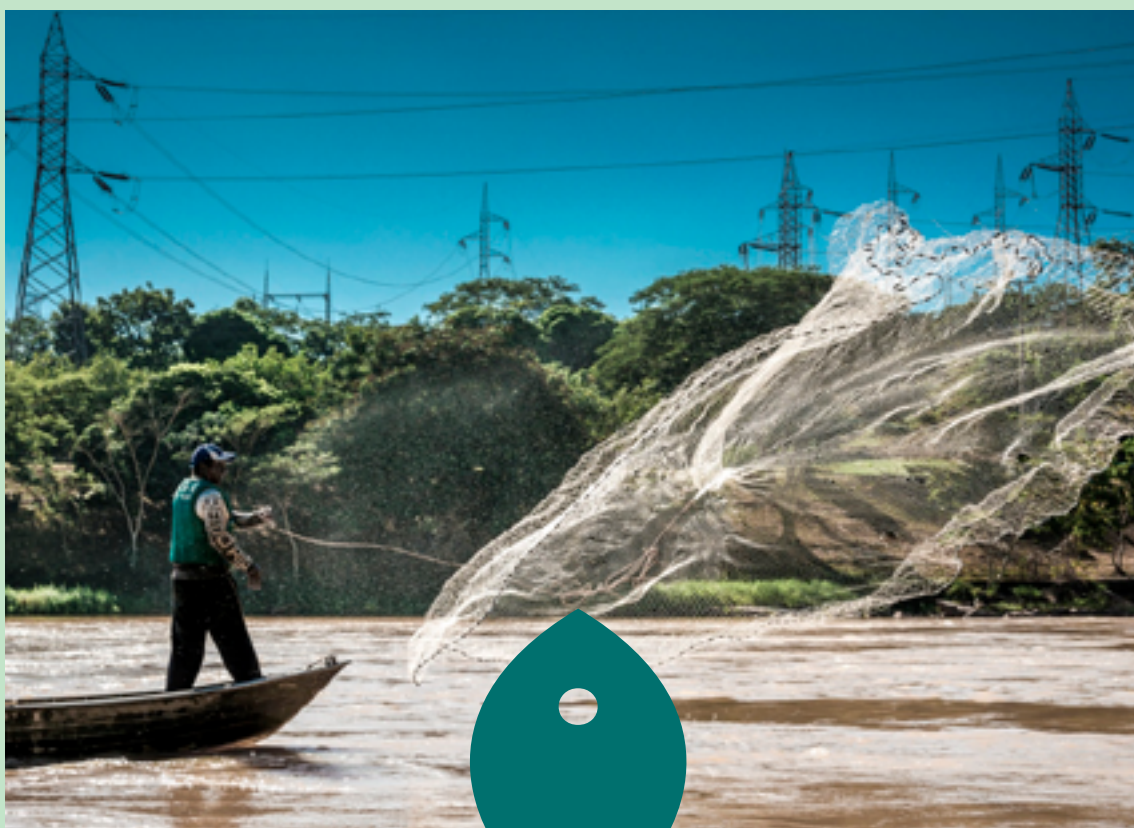
Melhores trabalhos apresentados no **XXIII Encontro Brasileiro de Ictiologia**

**2020**

Melhor tese defendida pelo **Programa de Ecologia Aplicada**

“O Peixe Vivo tem desenvolvido técnicas de gestão relevantes e tem sido um aglutinador de conhecimentos para a manutenção das necessidades do ecossistema em harmonia com as particularidades do despacho energético do Sistema Interligado Nacional. Seu papel é reconhecido dentro e fora da Empresa, com fundamentações técnicas que têm permitido uma operação segura dos empreendimentos sob a ótica ambiental.”

**Ivan Sérgio Carneiro, gerente de Planejamento Energético (Cemig)**



# MONITORAMENTO E MANEJO DE PEIXES NO SEGMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA.



Monitoramento de peixes utilizando redes de espera, UHE Três Marias

Fotos: Francisco de Andrade



Marcação de peixe com transmissor de rádio para estudar comportamento migratório

Fotos: Raquel Loures

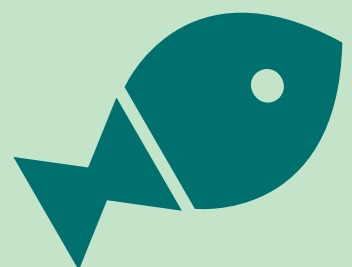
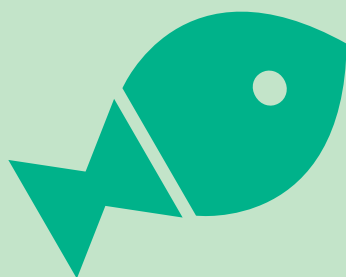






Foto: Ivo Prado

Monitoramento de peixes utilizando tarrafa antes de um procedimento operacional de risco



Foto: Átila Araújo

Monitoramento da qualidade da água durante drenagem de unidade geradora




Foto: Átila Araújo

Resgate de peixes durante a drenagem da unidade geradora, realizando o procedimento biométrico

# PROTEÇÃO DE PEIXES DURANTE MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DE UNIDADES GERADORAS

Um dos impactos observados pela construção de uma usina hidrelétrica em um rio é a interrupção das rotas migratórias de peixes. Esse bloqueio, além de afetar os aspectos reprodutivos dos peixes migratórios, proporciona um impacto adicional aos peixes que estão próximos ao canal de fuga das usinas hidrelétricas. Esses peixes podem ter acesso ao tubo de sucção das unidades geradoras e estão expostos a um maior risco de lesões e mortes por procedimentos operacionais durante a manutenção e a operação. Assim, as empresas precisam encontrar soluções para mitigar e prevenir mortes e, conseqüentemente, reduzir as perdas econômicas decorrentes de multas, ações judiciais e perda de imagem.

Para resolver adequadamente qualquer problema, suas causas devem ser identificadas. Assim, a fim de prevenir a morte de peixes e estabelecer medidas corretivas, suas causas podem e devem ser apuradas, o que nem sempre é uma tarefa fácil, pois requer observação cuidadosa, coleta precisa de dados e procedimentos de amostragem adequados. Uma série de fatores podem causar a morte dos peixes e conclusões prematuras devem ser evitadas. Possíveis causas devem ser investigadas, que podem ser de origem natural (e. g. doenças infecciosas, infestações parasitárias, redução de oxigênio,

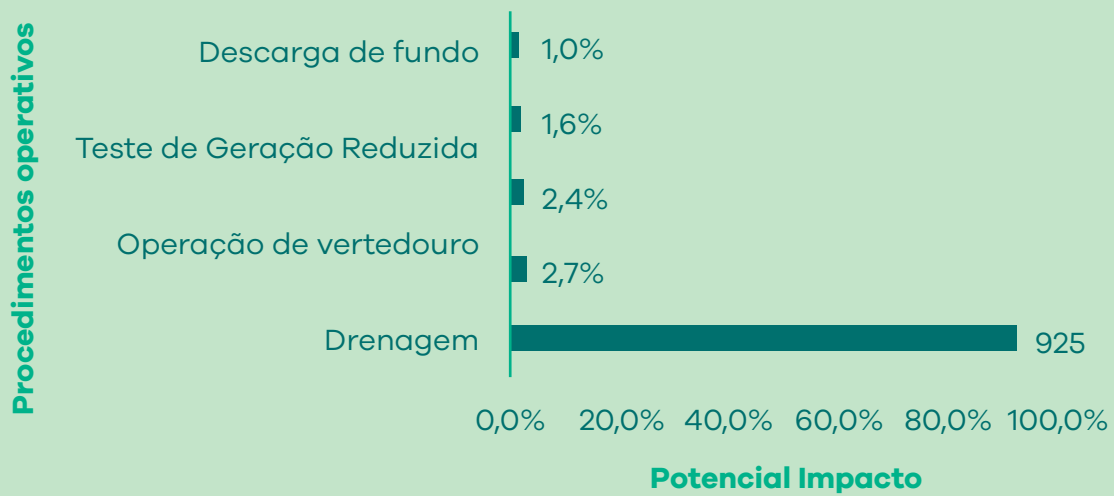


aumento da temperatura e floração de algas tóxicas) ou antropogênicas (e. g. poluição e contaminação por substâncias tóxicas e operação de usinas hidrelétricas) e ambas podem levar a perdas em larga escala.

Vários procedimentos operacionais em hidrelétricas podem impactar diretamente os peixes (ver Rego et al., 2017 para mais detalhes), mas a drenagem de unidade geradora é a principal, no Grupo da Cemig, com maior potencial para causar a morte dos peixes. Quando a unidade geradora precisa de manutenção ou revisão periódica, pode ser necessário drenar toda a água presente em seu circuito hidráulico. Assim, quando a turbina interrompe seu funcionamento, os peixes podem entrar no tubo de sucção e ficar aprisionados, às vezes em grandes quantidades, precisando ser resgatados. Quanto maior a quantidade de peixes no interior do tubo de sucção, mais arriscado o processo de drenagem e resgate dos peixes, aumentando o risco de morte.

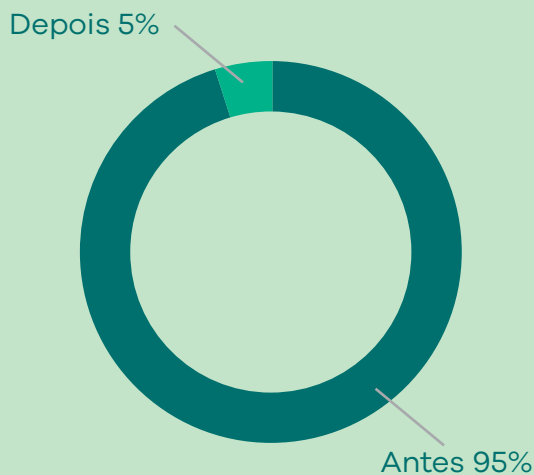
Com base no entendimento de como a manutenção e operação de usinas afetam os peixes, soluções construtivas e novas regras de operação podem e têm sido adotadas para reduzir a morte de peixes em procedimentos potencialmente arriscados (Loures, Godinho, et al. , 2017) . Para alcançar esse entendimento é importante desenvolver programas e estudos específicos. A Cemig vem mapeando o risco de morte de peixes em suas usinas hidrelétricas há quase 15 anos. Desde a criação do Programa Peixe Vivo, as mortes por peixes foram reduzidas em 77,7%, refletindo uma redução de 99,7% de suas perdas financeiras com multas. Além disso, não houve, desde 2007 interdição de turbinas por órgãos ambientais, uma penalidade passível de ser aplicada a empresas quando de ocorrências com morte de peixes. Essa redução também promoveu uma imagem positiva para a empresa, melhorando o seu relacionamento com os stakeholders.

Se tomarmos o procedimento operacional com maior impacto, a drenagem de unidades geradoras, podemos observar uma redução percentual significativa da biomassa de peixes mortos após a criação do Programa. Várias medidas de controle foram estabelecidas para o monitoramento ambiental desse procedimento, o que levou a uma redução de mais de 95% no número de peixes que morreram ao longo dos anos.




*Os cinco procedimentos operacionais com maior potencial para causar morte de peixes em usinas hidrelétricas, no Grupo Cemig.*

### Drenagem de Unidade Geradora




*Comparação da biomassa de peixes mortos durante a drenagem de unidade geradora antes da criação do Programa (2001 a 2007) e depois do Peixe Vivo (2008 a 2021).*



**Com os resultados satisfatórios apresentados visando à expansão e replicação desses controles para outros procedimentos de risco em hidrelétricas, listamos algumas recomendações baseadas nos estudos desenvolvidos no âmbito do Programa Peixe Vivo para avaliar o risco de morte de peixes:**

- Reconhecer o problema e o tratar com transparência, internamente na empresa, junto aos órgãos fiscalizadores e partes interessadas.
- Diagnosticar manobras impactantes para peixes em cada usina, considerando as particularidades de cada uma.
- Criar um indicador que possa medir esse impacto, como: quantidade de peixes mortos e quantidade de peixes resgatados (vivos), que pode ser em número e/ou quilos.
- Apurar e analisar periodicamente o indicador para: verificar sua relação com as diferentes manobras executadas, período do ano de maior impacto, espécies mais afetadas etc.
- Realizar monitoramento de peixes, periódico e prévio a manobras de risco, no canal de fuga, em usinas que apresentam histórico de morte de peixes. Esses monitoramentos deverão ser delineados para que possam, respectivamente, permitir a compreensão da dinâmica temporal e espacial dos peixes no canal de fuga e determinar a abundância de peixes antes de uma manobra de risco, a fim de subsidiar a decisão pela realização ou não dessa manobra. Os dados biológicos de ambos os monitoramentos também podem ser investigados quanto a sua relação com variáveis abióticas ambientais e operacionais.

- 
- Considerar aspectos ambientais relevantes para determinar procedimentos operativos (ex: concentração de peixes no canal de fuga, vazão mínima a jusante para evitar pontos de aprisionamento de peixes, duração de manobras de risco, medidas para resgate de peixes em pontos de aprisionamento, qualidade da água, etc.).
  - Acompanhamento de manobras de risco por biólogos especialistas em peixes.
  - Modificar práticas já adotadas, quando necessário, subsidiadas pelos resultados das análises periódicas do indicador e dos monitoramentos realizados.
  - Realizar parcerias com instituições de pesquisa, internamente entre as áreas de engenharia e meio ambiente e com comunidade no entorno.

**Além das recomendações relacionadas acima, é importante considerar que novas hidrelétricas poderiam incorporar, já na fase de planejamento de seus projetos, melhorias das estruturas que permitam reduzir impactos sobre os peixes. Algumas dessas melhorias já são observadas em novos empreendimentos, outras são de fácil implementação e há ainda aquelas que carecem de mais estudos para se adequarem às especificidades da grande diversidade de peixes neotropicais:**

- Utilização de barreiras comportamentais que possam influenciar o comportamento dos peixes atraindo-os ou repelindo-os para áreas de menor risco (luz estroboscópica, som, barreiras elétricas, entre outras). São necessários estudos específicos para aprimorar estas barreiras ao empreendimento e fauna de peixes da localidade.

- Utilização de barreiras físicas, como grades ou telas, que podem ser usadas na saída do tubo de sucção a jusante do barramento, para evitar a entrada de peixes a partir do canal de fuga.
- Avaliar a existência de possíveis pontos de aprisionamento de peixes em canais de dissipação do vertedouro, canais de fuga e pontos irregulares a jusante de usinas hidrelétricas. Caso existam, considerar a viabilidade de modificações da estrutura civil, como escavação de forma regular ou preenchimento de pontos de aprisionamentos, a fim de evitar a formação de locas durante as variações de vazão e de nível em decorrência da operação da hidrelétrica.
- Prever recursos/estruturas para monitorar e manusear peixes no tubo de sucção, nos poços de esgotamento, como: instalação de sistema de injeção de ar comprimido e água de boa qualidade na sucção e poços de esgotamento para permitir a sobrevivência dos peixes até o seu resgate; instalação de oxímetro para medição do oxigênio dissolvido, que é um indicador da quantidade de peixes aprisionados no interior do tubo de sucção e caixa espiral, facilitando o acompanhamento das drenagens de unidade geradora; locais para colocação de plataformas que facilitem o resgate no interior do tubo de sucção; caixas adaptadas para resgate de peixes; acesso apropriado no rio para soltura dos peixes resgatados do interior da unidade geradora.
- Verificar a possibilidade de instalação de sonares e/ou câmeras no tubo de sucção ou na casa de força como alternativa para monitoramento da presença de peixes no interior da unidade geradora e no canal de fuga.

# AÇÕES DE MONITORAMENTO, MANEJO E CONSERVAÇÃO DE PEIXES

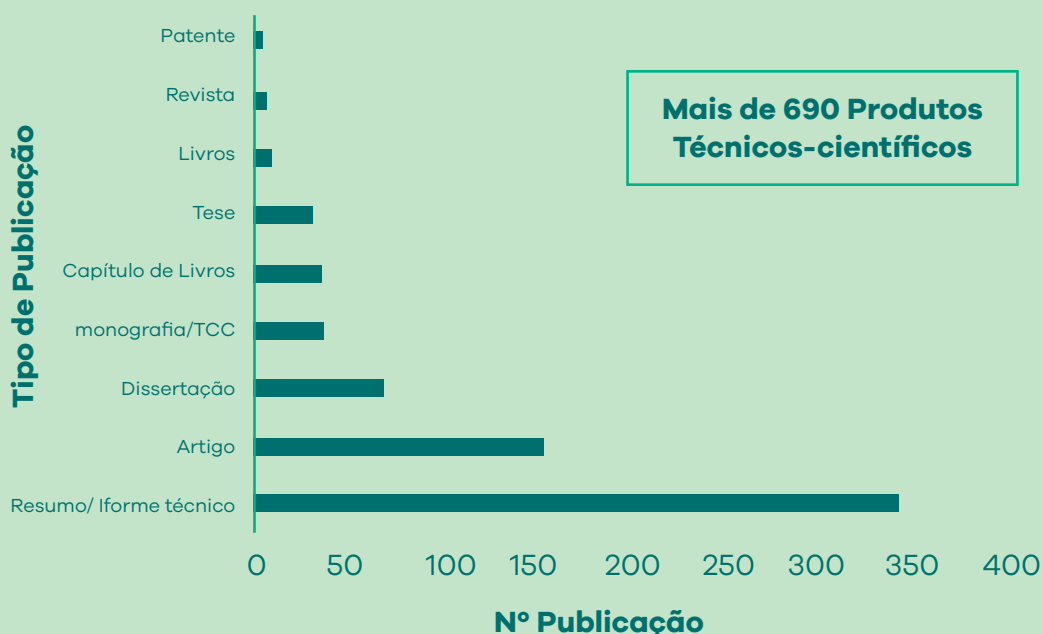
O setor elétrico no Brasil às vezes é criticado pela falta de interação com a Academia, pela melhoria de seus estudos e pela aplicação de resultados de pesquisa. A experiência do Programa Peixe Vivo, ao longo de seus quinze anos de atividades, mostrou que a união entre essas duas áreas é muito positiva e desejável. O programa conta com 23 projetos científicos em seu portfólio, dos quais seis estão em desenvolvimento.

A produção científica é um indicador importante, pois reflete os resultados das conquistas técnicas da Peixe Vivo por sua equipe e pelos projetos desenvolvidos em parceria com instituições de pesquisa. Nos últimos quinze anos, mais de 690 produtos técnicos-científicos já foram publicados trazendo novas e importantes informações sobre temas como comportamento de espécies de peixes neotropicais, fisiologia, reprodução e ecologia. Dentre essas publicações destaca-se a criação da Série Peixe Vivo, que já conta com oito volumes trazendo resultados de vários dos projetos desenvolvidos, visando a divulgação dos resultados em linguagem mais acessível ao público em geral. Os livros são de distribuição gratuita e versões eletrônicas podem ser acessadas e baixadas através da página do Programa Peixe Vivo no site da empresa: [www.cemig.com.br](http://www.cemig.com.br). Os 156 artigos científicos publicados já acumulam mais de 2400 citações, conforme levantamento realizado na plataforma do Google Scholar em fevereiro/2022, com índice h igual a 27 (pelo menos 27 artigos citados 28 ou mais vezes).

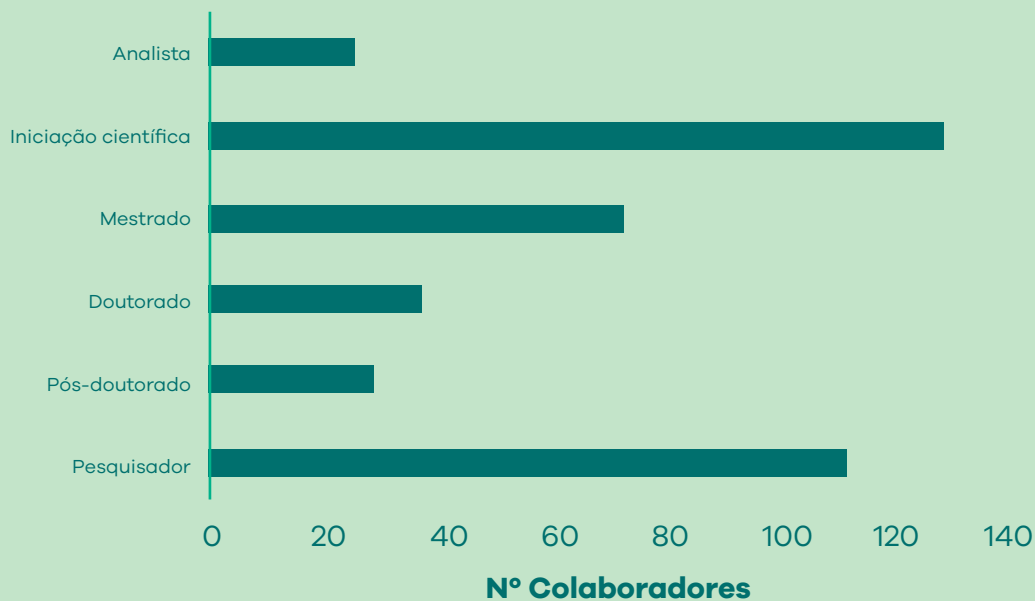




As parcerias com instituições de pesquisa, ao longo do tempo, contaram com mais de 300 profissionais e estudantes colaboradores (analistas, pesquisadores, pós-doutorandos, estudantes de graduação, mestrado e doutorado) envolvidos com os projetos de pesquisa. A formação de recursos humanos faz parte do relacionamento com a sociedade e é muito importante para o Programa Peixe Vivo. Esses alunos que estão desenvolvendo os projetos poderão, no futuro, ser profissionais responsáveis por assuntos em órgãos ambientais, ONGs e outras empresas. Com profissionais bem treinados, as ações de preservação das espécies de peixes certamente serão mais eficazes ao longo do tempo.



*Produção técnico-científica, de junho/2007 a junho/2022, que reflete as conquistas técnicas do Programa Peixe Vivo desenvolvidas por sua equipe e por colaboradores em parcerias.*



*Colaboradores de parceria em projetos de pesquisa, considerando a formação de pessoal em diferentes níveis acadêmicos, de junho/2007 a junho/2022.*

**Esses resultados acadêmicos, juntamente com as contribuições da comunidade e parcerias internas e externas à empresa, têm sido utilizados para criar práticas mais eficientes envolvendo a convivência de hidrelétricas e peixes nos rios brasileiros. Esses resultados trouxeram ganho de imagem para a empresa e maior credibilidade com os órgãos ambientais. Entre os resultados podemos destacar:**

- Projetos que avaliam a abundância e o comportamento dos peixes próximos aos empreendimentos verificaram e recomendaram procedimentos operacionais mais seguros para prevenir mortes de peixes.
- Foi evidenciada por um dos projetos a importância das ferramentas genéticas no manejo de estocagem (peixamento) de peixes e que, o monitoramento após a liberação dos alevinos é fundamental para avaliar a eficácia dessa medida. Essas questões levaram a mudanças nas especificações técnicas para contratação de serviços e até mesmo à discussão com os órgãos ambientais quanto à eficiência dessa medida para conservação de peixes.

- Projetos que avaliam as condições ecológicas em bacias hidrográficas onde a empresa possui empreendimentos acrescentaram novos conhecimentos e métodos aprimorados para: estudos de ovos e larvas, monitoramento da fauna de peixes e qualidade da água, entre outros.
- Projetos desenvolvidos para avaliar a migração de peixes e identificar locais de desova e recrutamento vêm elucidando padrões de deslocamento de espécies migratórias que, além de apoiar determinações sobre a necessidade de instalar ou não passagens de peixes em algumas usinas, ajudaram a compreender a distribuição espacial e temporal dos peixes nos rios.
- Um projeto que avalia a efetividade dos programas de monitoramento de peixes nos reservatórios da empresa estabeleceu dez diretrizes que visam melhorar a gestão de programas de monitoramento por empresas do setor elétrico brasileiro.




# ALGUNS DESAFIOS E PERSPECTIVAS FUTURAS

O segmento de energia elétrica vem desenvolvendo ações ambientais há muitos anos, e ao longo do tempo, houve um aumento no número de programas em desenvolvimento e aperfeiçoamento de técnicas com resultados mais efetivos. No entanto, o principal motivador para a realização desses programas é o processo de licenciamento ambiental, que condiciona a execução dos programas à emissão de licenças. Assim, um grande desafio para as áreas ambientais é demonstrar a importância e a necessidade de manter recursos humanos e financeiros para a realização de estudos e programas ambientais eficientes. Além disso, destacamos outros aspectos relevantes e desafios importantes a serem considerados ao lidar com peixes e usinas hidrelétricas.

## **Reconhecimento de problemas, transparência e interação com órgãos ambientais**

A experiência do Programa Peixe Vivo mostrou que o reconhecimento do problema da morte de peixes de forma ampla e integrada na empresa, e com transparência com a comunidade e órgãos ambientais, levou a Cemig a ser reconhecida como uma empresa referência no aspecto de mitigação da morte dos peixes. Não é uma tarefa simples abordar publicamente questões que podem se voltar contra a empresa. No entanto, a troca de informações entre a empresa, a sociedade e os órgãos ambientais é benéfica à medida que os processos se tornam mais conhecidos, melhorando o senso de confiança, credibilidade e parceria. Além disso, a transparência sobre as prá-




ticas ambientais tem sido cada vez mais exigida em índices que indicam o desempenho das empresas aos investidores.

## **Barreira do conhecimento sobre a diversidade de peixes, importância do monitoramento em longo prazo**

O Brasil ainda carece de informações consistentes sobre o meio ambiente antes da instalação de uma usina hidrelétrica. Dados prévios são essenciais para determinar uma referência de tempo (linha de base), para avaliar como a usina afetará a comunidade de peixes. Em muitos casos, estudos anteriores trazem apenas um ano de levantamento ou informações pontuais, impossibilitando, por exemplo, a análise adequada de fatores ambientais que podem interferir diretamente na fauna de peixes. Logo após a implantação de uma usina, o monitoramento de longo prazo deve ser iniciado para uma avaliação mais eficaz das mudanças no ambiente e da proposta de medidas de mitigação mais adequadas. Esses estudos permitem a geração de informações em séries temporais, importantes para a compreensão da evolução dos impactos, isolando a variabilidade natural e a interferência de outras fontes, como assoreamento e desmatamento. Para isso, vale mencionar também a importância da criação de um banco de dados, para que os dados possam ser sistematizados permitindo análises futuras. Isso requer maior rigor na coleta e análise de dados para interpretar os resultados. Os profissionais que realizam as atividades de monitoramento devem ser treinados não apenas para realizar a amostragem de campo, mas para traduzir as amostras e a análise em informações úteis para gestores e analistas de órgãos ambientais.

## **Interação entre áreas ambiental e de engenharia**

Sem ecossistemas naturais como rios a geração de energia hidrelétrica não seria possível. No entanto, assim como qualquer atividade que envolva a ex-



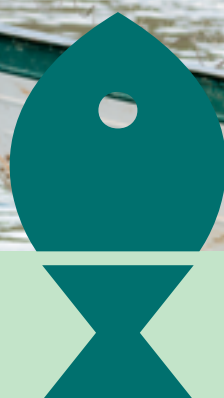
ploração de fontes naturais, a geração de energia envolve profundas mudanças no meio ambiente, tanto durante a implementação quanto a operação de uma usina hidrelétrica. Integrar diferentes áreas, como engenharia e meio ambiente, é essencial para que essas mudanças e suas consequências sejam melhor compreendidas e, em alguns casos, evitadas. A articulação e colaboração entre as áreas ambiental e de engenharia é alcançada por meio de gestão multidisciplinar, criando grupos de discussão que buscam resultados conjuntos e melhores alternativas técnicas, valorizando opiniões e, sobretudo, permitindo que diferentes áreas compartilhem e considerem seus conhecimentos específicos. A integração de diferentes áreas, especialmente na fase de projeto e planejamento da operação, permite a resolução conjunta de problemas, em um diálogo que resulta em atividades que evitem acidentes e impactos ambientais.

## **Evitar a morte de peixes**

Apesar de todos os avanços já feitos, os desafios para reduzir a morte de peixes nas usinas hidrelétricas permanecem, e continuarão a ser um grande problema a longo prazo. Infelizmente, a morte de peixes no setor hidrelétrico brasileiro não é uma questão fácil de ser resolvida. Não há um único banco de dados disponível com informações sobre mortes de peixes para consulta e o problema ainda é tratado como informações confidenciais pelas empresas. Acreditamos que só será possível avançar em direção a soluções para reduzir a morte de peixes e estabelecer procedimentos operacionais mais amigáveis aos peixes, estudando e discutindo o assunto amplamente com a cooperação dos órgãos ambientais.

## Melhorias estruturais e procedimentais para novos empreendimentos

A busca por soluções de mitigação dos impactos provenientes da geração hidrelétrica é crescente. Embora no Brasil a matriz energética vem se diversificando, existe ainda um grande potencial para crescimento da geração hidráulica. Assim, acreditamos que não só deverá haver mais estudos para avaliar a necessidade de mudanças nos procedimentos de usinas já em operação, como também os novos empreendimentos deverão considerar em seus projetos melhorias das estruturas que permitam minimizar os impactos sobre os peixes. Então a interação com os agentes regulatórios é imprescindível para que recomendações e sugestões a serem consideradas na concepção de novos empreendimentos de geração hidráulica, visando à proteção da ictiofauna, sejam incorporadas ainda na fase de projeto.



## • DESAFIOS FUTUROS

“Aliado a uma política ambiental robusta e amparada por governanças engajadas e realmente comprometidas com a sustentabilidade, captar e manter um financiamento contínuo e ininterrupto de trabalhos voltados à conservação da ictiofauna.”

**Paulo Formagio e Mario Antonio Sacramento Silva, biólogos (Furnas)**

“Envolver de forma mais intensa os pescadores e demonstrar de forma clara os benefícios do programa para esse público, ou seja, como o Peixe Vivo melhora a ictiofauna nos nossos rios.”

**Adiéliton Galvão de Freitas, gerente de Sustentabilidade (Cemig)**

“Temos percebido a maior ocorrência de eventos climáticos extremos, com grandes vazões e também de secas severas. Nesse sentido, os reservatórios das hidrelétricas têm cumprido um importante papel na gestão do uso múltiplo. Nessa toada, o Programa Peixe Vivo tem uma função relevante para permitir flexibilidade operativa para os empreendimentos, resguardando os requisitos ambientais necessários para a ictiofauna.”

**Ivan Sérgio Carneiro, gerente de Planejamento Energético (Cemig)**



“Os peixes não possuem comportamento 100% controlado, pelo contrário. Em função disso, entendo que os desafios são atrelados ao acompanhamento constante desses comportamentos e realização dos ajustes nos procedimentos a tempo de impedir a ocorrência de morte de peixes em nossas usinas, especialmente quando da necessidade do isolamento hidráulico de nossas máquinas.”

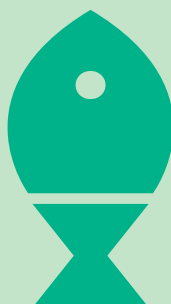
**Demétrio Alexandre Ferreira, superintendente de Ativos de Geração (Cemig)**

“Manter-se vivo e continuar atuando com P&D, pesquisas, divulgação e aproximação da comunidade para que esta possa contribuir e replicar ações exitosas.”

**Marcelo Coutinho Amarante, biólogo (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD)**

“Penso que o principal desafio é dar continuidade ao Programa visando aprofundar os temas iniciados, especialmente aqueles ligados ao manejo de reservatórios visando a conservação (restauração de áreas críticas, repovoamento, manipulação de vazão, etc.). É sabido que os cortes realizados no orçamento dos órgãos federais de fomento à pesquisa estreitarão o foco da atuação das instituições de pesquisa, inclusive aquelas que se estruturaram em temas de interesse ao setor hidrelétrico com o apoio da Cemig.”

**Ângelo Antonio Agostinho, professor titular aposentado do Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos (Universidade Estadual de Maringá)**



# PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

O Programa Peixe Vivo, desde a sua criação, atua buscando a preservação da ictiofauna no Estado de Minas Gerais e define estratégias para evitar e prevenir morte de peixes em usinas hidrelétricas do Grupo Cemig. Ao longo dos seus 15 anos o Peixe Vivo desenvolveu 23 projetos de pesquisa em parceria com diversas instituições, que têm fomentado o aumento do conhecimento sobre a ictiofauna nativa, promovendo a melhoria dos programas de manejo e conservação com bases científicas sólidas. Além disso, diversos profissionais vêm sendo formados com o desenvolvimento desses estudos, que também geram inúmeras publicações científicas. A seguir apresentamos brevemente alguns desses projetos, trazendo seus objetivos e principais conquistas.

Referência	Título
<b>P&amp;D 200</b>	Transposição de Peixes: comportamento na natureza e características biomecânicas e natatórias de espécies migradoras brasileiras
<b>GT 191</b>	Subsídios para conservação e manejo da ictiofauna da bacia do rio Jequitinhonha – fase I
<b>GT 259</b>	Desenvolvimento de índices de integridade biótica para avaliação de qualidade ambiental e subsídio para a restauração de habitats em áreas de soltura de alevinos
<b>GT 274</b>	Avaliação da eficácia de repovoamento nas represas de Nova Ponte e Volta Grande
<b>GT 229</b>	Avaliação de risco e morte de peixes em usinas da Cemig
<b>GT 259</b>	Índices de Integridade Biótica em bacias de reservatórios da Cemig
<b>GT 334</b>	Comportamento de peixes a jusante de barragens-subsídios para a conservação da ictiofauna
<b>GT 334</b>	Projeto Pescadores do Saber
<b>P&amp;D 345</b>	Desenvolvimento de ferramentas moleculares para monitoramento ambiental de peixes e plantéis de piscicultura
<b>P&amp;D 203</b>	Desenvolvimento de Metodologia de Determinação de Vazão ecológica por Indicação de Bioindicadores - Bacia do Rio Grande

Referência	Título
<b>P&amp;D 455</b>	Desenvolvimento de tecnologia aplicada à manutenção do estoque pesqueiro de populações nativas de espécies migradoras na região de influência da UHE Três Marias: estudo genético e de migrações reprodutivas
<b>P&amp;D 481</b>	Desenvolvimento de índices de integridade biótica: peixes de riachos como indicadores de qualidade de água em bacias hidrográficas de empreendimentos hidrelétricos da Cemig em Minas Gerais
<b>GT 931</b>	Subsídios para conservação e manejo da ictiofauna da bacia do rio Jequitinhonha – fase I
<b>P&amp;D 477</b>	Variações espaciais de médio prazo e índices de assembleias de peixes para reservatórios como indicadores de qualidade do habitat em empreendimentos hidrelétricos da Cemig em Minas Gerais
<b>P&amp;D 483</b>	Migração, sítios de desova e desenvolvimento inicial de duas espécies potencialmente migradoras do rio Jequitinhonha: subsídios para avaliação da necessidade de transposição na UHE Irapé
<b>GT 985</b>	Validação de protocolos de proteção para peixes em usinas da Cemig
<b>P&amp;D 549</b>	Programa de repovoamento de peixes da estação de piscicultura de Volta Grande: avaliação proteômica e genômica de <i>Prochilodus lineatus</i>
<b>P&amp;D 550</b>	Desenvolvimento de ferramenta para a priorização de descomissionamento de pequenas centrais hidrelétricas (PCH) no estado de Minas Gerais e estudo de caso para a PCH Pandeiros
<b>P&amp;D 511</b>	Mortes Crônicas de Peixes em Usinas Hidrelétricas do Grupo Cemig
<b>P&amp;D 610</b>	Integridade ecológica de lagoas marginais para conservação da biodiversidade do rio São Francisco
<b>P&amp;D 611</b>	Descomissionamento da PCH Pandeiros: uma experiência inédita na América do Sul
<b>P&amp;D 612</b>	Importância de trechos de rios livres para o contexto ambiental em regiões de barramento: integrando novas tecnologias para estudo da ictiofauna
<b>P&amp;D 624</b>	Diagnóstico das condições para a desova e o recrutamento das espécies de peixes migradores a montante e a jusante da UHE Três Marias
<b>P&amp;D 635</b>	Uso de ferramentas inovadoras para a detecção e monitoramento de peixes em ambientes de água doce



# GT 191 e 931 | Subsídios para conservação e manejo da ictiofauna da bacia do rio Jequitinhonha – fases I e II

 UNIMONTES  2011 – 2021

**Objetivo:** Aumentar o conhecimento sobre a fauna de peixes da bacia do rio Jequitinhonha.



## Resultados principais do projeto

- Descrição de novas espécies e um gênero
- Início dos estudos de biologia molecular que posteriormente permitiram que essa bacia fosse pioneira nos estudos de DNA ambiental
- Acompanhamento da invasão pela pirambeba, através do monitoramento no reservatório e jusante.
- Estudos de migração e recrutamento de espécie de piracema

## Contribuição ecológica e importância para o setor elétrico

Aumento do conhecimento da diversidade de peixes.

Cumprimento de condicionantes por um período de 10 anos.

Conhecimento da dinâmica migratória de espécies migratórias e do recrutamento de juvenis.

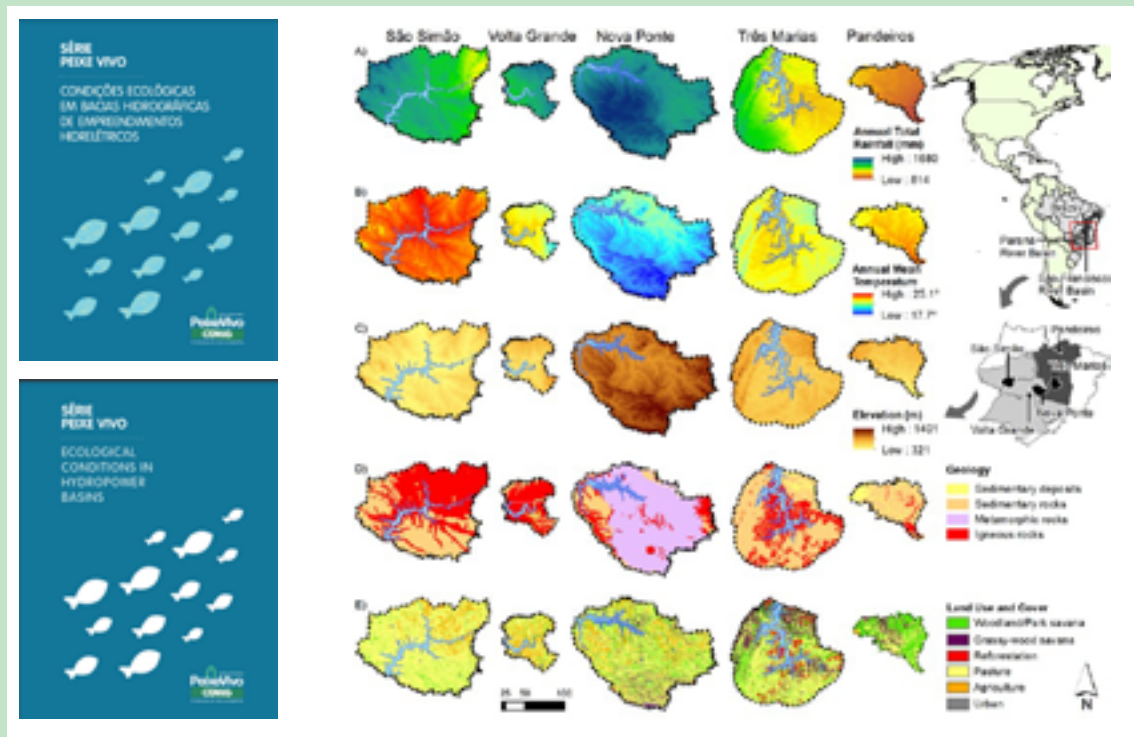
Melhor dimensionamento das invasões biológicas na bacia e seus efeitos.



# GT 259 | Índices de Integridade Biótica em bacias de reservatórios da Cemig

UFMG UFLA PUC-Minas CEFET-MG US-EPA OSU 2009 – 2012

**Objetivo:** Desenvolver Índices de Integridade Biótica (IBI) como ferramenta para avaliar qualidade ambiental de bacias de drenagem de reservatórios da Cemig.



## Resultados principais do projeto

Formação de pessoal (grad, mestres, doutores) em Ecologia, Zoologia, Engenharia, Publicações Científicas em revistas internacionais Qualis A1 Capes, de Desenvolvimento de Ferramentas Avaliação Integridade Ecológica riachos e reservatórios

1. Adaptação, validação e de novas ferramentas de avaliação de Integridade Ecológica para o cerrado, utilizando os protocolos da US-EPA;
2. Diagnóstico de qualidade ecológica de bacias hidrográficas de empreendimentos hidrelétricos da Cemig;
3. Conhecimento da biodiversidade aquática de bioindicadores de qualidade de água;
4. Treinamentos e capacitações teórico-práticas de estudantes, profissionais acadêmicos, gestores ambientais, membros de comitês de bacias hidrográficas e órgãos gestores.



## GT 229 | Avaliação de Risco de Morte de Peixes em Usinas da Cemig

 **UFGM**  **2008 – 2013**

**Objetivo:** O objetivo do projeto foi avaliar os riscos de mortes de peixes pela operação e manobras das unidades geradoras em diversas usinas do grupo Cemig.



### Resultados principais do projeto

- Elaboração da Metodologia para Avaliação de Risco de Morte de Peixes (MARP)
- Redução da morte de peixes em 77% em usinas do grupo Cemig com a aplicação da MARP
- Minuta do livro “Loures R.C. & Godinho A.L. (Org.) Avaliação de Risco de Morte de Peixes em Usinas Hidrelétricas”

### Contribuição ecológica e importância para o setor elétrico

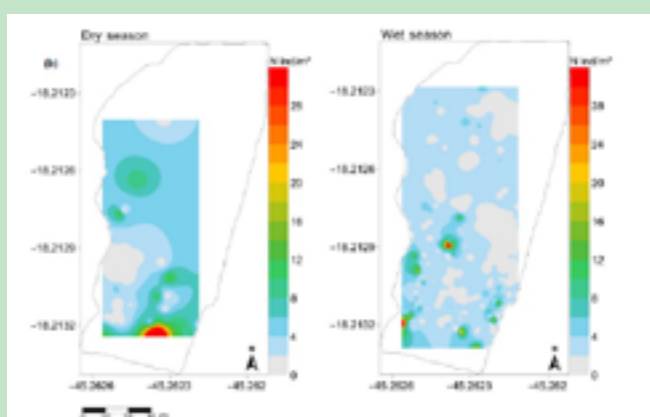
A produção de energia hidrelétrica é uma das atividades que mais afetam a vida dos peixes de rios. Usinas hidrelétricas impactam a vida desses organismos de diferentes maneiras. Uma delas é provocar a morte daqueles que estão nas suas proximidades. Entender as causas dessas mortes é essencial para sua mitigação e para implementar novas soluções construtivas e regras operativas que visem aprimorar a segurança ambiental das usinas hidrelétricas. Proteger os peixes garante sua conservação e ajuda na redução de prejuízos monetários das concessionárias do setor elétrico decorrentes de multas e interdição temporária na geração de energia elétrica.



# GT 334 | Comportamento de peixes a jusante de barragens -subsídios para a conservação da ictiofauna

 **UFLA**  **CEFET-MG**  **2009 – 2013**

**Objetivo:** Este projeto teve como objetivo geral entender as variações temporais e espaciais na abundância de espécies de peixes imediatamente a jusante da barragem da UHE Três Marias. Para tal, utilizou-se das tecnologias de radio-telemetria, telemetria acústica e sonar acústico, tendo sido utilizadas as duas últimas tecnologias não só a jusante, mas também na área do reservatório de Três Marias.



Mapa da densidade de peixes em região próxima ao canal de fuga da UHE Três Marias, nas estações seca e chuvosa (dados de sonar acústico).

## Resultados principais do projeto

Foi possível entender a relação entre as vazões afluentes e operação da barragem (número e quais turbinas estão operando, vertimentos, paradas de máquinas para manutenção, paradas de máquinas emergenciais, etc.) e o perfil de velocidades a jusante da barragem, em especial no canal de fuga. Entendemos ainda como se distribuem e como se movimentam exemplares de peixes de espécies de interesse, imediatamente a jusante da barragem, em diferentes épocas do ano e períodos do dia, bem como quando submetidos a diferentes regimes de operação.

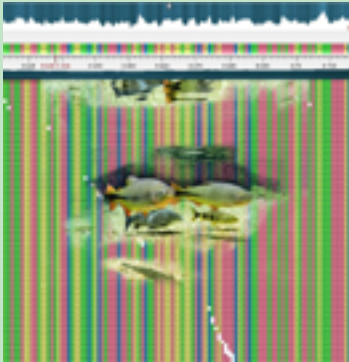
## Contribuição ecológica e importância para o setor elétrico

A concentração de peixes imediatamente a jusante de barragens sempre foi motivo de grande preocupação por parte do setor elétrico, uma vez que aumenta a chance de ocorrência de episódios de mortandade. Conhecendo-se os fatores que determinam a maior ou menor ocorrência dos peixes, e a sua distribuição próxima a turbinas, é possível a melhor programação de manobras operativas que possuem potencial de causar danos a estes organismos. Assim, este projeto contribuiu para melhor harmonização entre a geração hidrelétrica e a conservação das espécies de peixes da região de Três Marias, e com informações que também podem ser úteis para outros empreendimentos hidrelétricos.



# P&D 345 | Desenvolvimento de ferramentas moleculares (DNA) para monitoramento ambiental de peixes e plantéis de piscicultura

 UFSJ  2011 – 2015



**Objetivo:** Isolar e caracterizar sequências de DNA microssatélites do genoma de dourado (*Salminus brasiliensis*), piapara (*Megaleporinus obtusidens*) e piracanjuba (*Brycon orbignyanus*), para PCR de marcadores moleculares populacionais, diretamente aplicáveis às atividades de gerenciamento e manejo de estoques naturais e de pisciculturas utilizados em peixamentos nos reservatórios de bacias como a do rio Grande e do São Francisco, MG.

## Resultados principais do projeto

Primeiros marcadores de DNA microssatélites para piracanjuba, novos marcadores para dourado e centenas de milhares de novos candidatos a marcadores revelados para estas duas espécies, além da piapara e curimba;

Primeiros dados dos genomas de piracanjuba e dourado disponibilizados para um conhecimento mais profundo destas espécies, primeiro genoma mitocondrial para a família dos piaus e piaparas;

Sistemas de avaliação rápida da diversidade genética por PCR, para piracanjuba e dourado desenvolvidos.

## Contribuição ecológica e importância para o setor elétrico

O desenvolvimento de ferramentas moleculares baseadas em PCR, para o rápido monitoramento da diversidade e identidade genética de plantéis de repovoamento e estoques naturais, é essencial à implementação eficiente de medidas de manejo e proteção ambiental. O projeto GT345 permitiu a maior descrição já vista de potenciais marcadores moleculares de DNA, do tipo microssatélites, úteis nos estudos e manejo populacional de peixes de piracema (ex. identificação de procedência de indivíduos, testes de paternidade e parentesco, delimitação de estoques e aferição da diversidade genética, etc.). Foram caracterizados centenas de milhares de candidatos a marcadores em quatro espécies: piracanjuba (*Brycon orbignyanus*), dourado (*Salminus brasiliensis*), piapara (*Megaleporinus cf obtusidens*) e curimba (*Prochilodus lineatus*). Estes servem para o desenvolvimento rápido e barato de novos marcadores. Foram desenvolvidos os primeiros 29 marcadores polimórficos para piracanjuba, e o maior número de marcadores microssatélites para o dourado, 47 no total. Foi montado o 1º genoma mitocondrial da família dos piaus e informações sobre o genoma destes peixes migratórios foi disponibilizada. Foram treinados jovens pesquisadores e o projeto contribuiu para equipar parcialmente o LARGE-UFSJ.





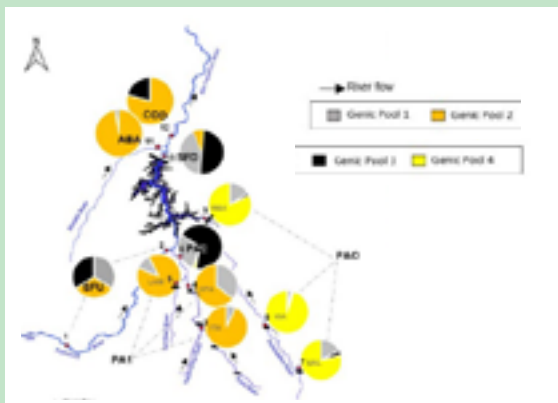
# P&D 455 | Desenvolvimento de tecnologia aplicada à manutenção do estoque pesqueiro de populações nativas de espécies migradoras na região de influência da UHE Três Marias: estudo genético e de migrações reprodutivas.

UFMG PUC-Minas UFLA UFV 2013 – 2017

## UFMG – *Determinação da Diversidade Genética e Padrão Migratório de Prochilodus costatus com uso de DNA (microssatélites).*

### Objetivo principal do projeto:

Desenvolvimento de tecnologia direcionado à manutenção de populações nativas de espécies migradoras na região de influência da UHE Três Marias.



### Pool genético de *Prochilodus costatus* na região próxima à represa de Três Marias MG.

- 1 e 2: Montante do rio São Francisco (SFU)
- 3: Rio Itapecerica;
- 4 e 6: Rio Pará (PA1 e PA2);
- 5: Rio Lambari
- 7, 8 e 9: Rio Paraopeba (PAO);
- 10: Jusante do rio São Francisco (SFD);
- 11: Rio Abaeté (ABA);
- 12: Codevasf (COD).

### Sobre a região estudada e a espécie migradora *Prochilodus costatus*:

- Detectada homogeneização genética, exceto para o rio Paraopeba que apresenta diferenças genéticas significativas em relação às demais regiões.
- Detectada baixa diversidade alélica, baixa heterozigosidade e alta endogamia que podem levar a uma fragilidade adaptativa.
- Necessidade de aprimorar a escolha de matrizes reprodutivas para aumentar a diversidade genética no caso de futuros programas de repovoamento.
- Um mecanismo de transposição para UHE de Três Marias não irá contribuir para reduzir a endogamia de forma significativa, já que não existe diferença significativa entre as populações a jusante e a montante da barragem.

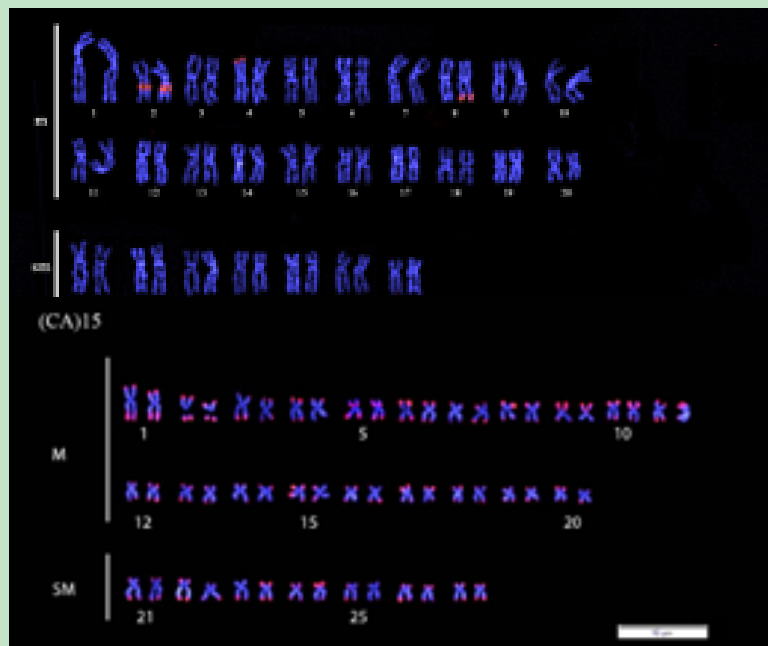
### Contribuição ecológica e importância para o setor elétrico

Ao detectar baixa diversidade genética nas populações de peixes estudados, pouca diferença genética entre as populações a jusante e a montante da barragem de Três Marias, fica pontuado que um mecanismo de transposição no local não seria uma solução para o problema. Desta forma, esforços devem ser direcionados para um monitoramento genético constante da região, para direcionar ações que possam aumentar a diversidade genética. Futuros programas de repovoamento devem ser realizados com uma cuidadosa liberação de alevinos.

## UFV – Determinação da Diversidade Genética e Padrão Migratório de *Prochilodus* sp. com uso de DNA (citogenética)

### Objetivo principal do projeto:

Foi realizada a caracterização molecular (DNA mitocondrial) e citogenética de *Prochilodus argenteus* e *Prochilodus costatus*, em populações amostradas a montante e a jusante da UHE Três Marias, para subsidiar a tomada de decisão sobre a necessidade de construção de um sistema de transposição de peixes STP na barragem desta UHE.



### Resultados Principais do Projeto

- Os resultados moleculares revelaram uma estruturação moderada em *P. costatus* e ausência de estruturação em *P. argenteus*, e a existência de parafiletismo, onde alguns haplótipos de *P. costatus* são mais aparentados com haplótipos de *P. argenteus*.
- Os dados citogenéticos indicaram alta estabilidade cariotípica nas duas espécies. Os polimorfismos cromossômicos encontrados não foram significativos ou ocorreram tanto a montante quanto a jusante da barragem.

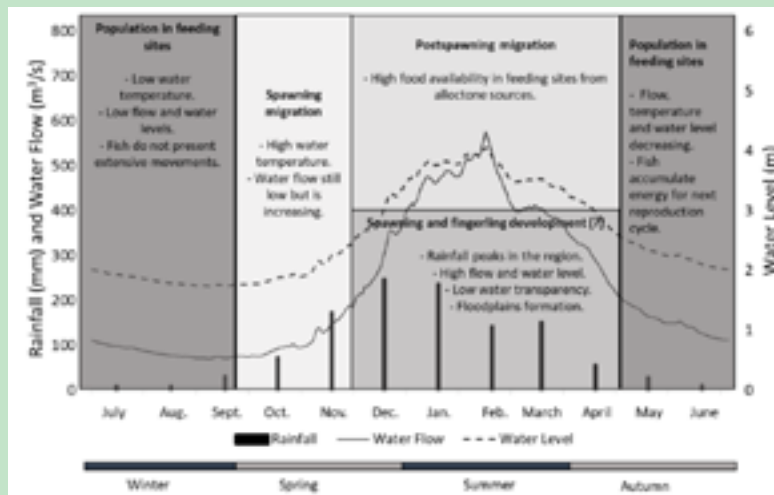
Estes padrões podem ser explicados pela presença de fluxo gênico da montante à jusante ou, pela persistência de grandes populações em ambos os lados da barragem.

As populações de ambas as espécies de peixes apresentam níveis semelhantes de variação a montante e a jusante da UHE de Três Marias, não sendo necessária a adoção de medidas que aumentem o fluxo gênico entre os dois setores do rio São Francisco, como um sistema de transposição de peixes.

## UFLA – Análise da dinâmica migratória de populações de curimatá piao (*Prochilodus costatus*) e curimatá pacu (*Prochilodus argenteus*) na região de influência da UHE Três Marias

### Objetivo principal do projeto:

Avaliar a necessidade de instalação de um Sistema de Transposição de Peixes (STP) na UHE Três Marias usando como modelos de estudo duas espécies migradoras de peixes: *Prochilodus costatus* e *Prochilodus argenteus*.



### Resultados principais do projeto

- Resultado 1: Foram identificados os gatilhos ambientais usados por *P. costatus* para iniciar sua migração reprodutiva. Os principais são os picos de chuva, as variações diárias positivas de vazão do rio no qual o peixe se encontra e as fases nova e crescente da lua. Observou-se que variações na intensidade destes gatilhos entre os anos determinam a quantidade de peixes que iniciarão a sua migração reprodutiva, e como consequência, a fração da população que se reproduzirá.
- Resultado 2: Os ciclos migratório e reprodutivo de *P. costatus* foram descritos em detalhes no alto São Francisco e foi descoberto que o trecho ainda livre de barragens do rio São Francisco tem fundamental importância ecológica para esta espécie por permitir que o seu ciclo reprodutivo se mantenha na região.
- Resultado 3: A transposição de *P. costatus* e *P. argenteus* de jusante da barragem para o reservatório de Três Marias mostrou que os peixes não conseguem alcançar pontos adequados para a sua reprodução. A transposição de indivíduos de *P. costatus* para trechos ainda livres de rios mostrou que o seu comportamento não permite que completem o seu ciclo reprodutivo por não reconhecerem geograficamente o novo ambiente. Com isso, foi avaliado que a implantação de um STP na barragem de Três Marias não teria valor ecológico para essas espécies, e possivelmente, também para outras espécies migradoras que ocorrem na região.

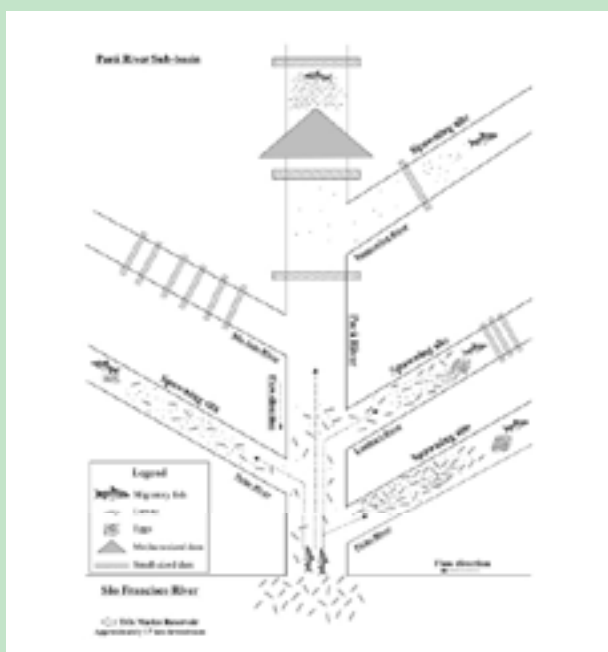
## Contribuição ecológica e importância para o setor elétrico

Esse estudo, ao conciliar diferentes técnicas de monitoramento como rádio-telemetria, coleta de ictioplâncton e análises genéticas, foi capaz de avaliar o ciclo de vida de uma espécie migradora de peixe em um nível de detalhes que não havia ainda sido obtido para a região Neotropical. Os resultados apresentados são críticos para a proposição de medidas de conservação e manejo para *P. costatus* na região do alto São Francisco, mas também podem se estender a outras espécies e a outras bacias hidrográficas neotropicais. Este projeto também foi o primeiro que utilizou uma abordagem comportamental da população estudada para avaliar a necessidade de instalação de um STP em uma barragem brasileira. Os resultados demonstraram que a abordagem convencional, cujo principal objetivo é o de otimizar a passagem de peixes migradores por barragens, não é suficiente para garantir a sua conservação. É preciso avaliar se estes indivíduos, depois de transpostos, são capazes de manter o seu comportamento típico, o que garante a efetivação do seu ciclo migratório e reprodutivo no novo ambiente. O setor elétrico se beneficia desses resultados na medida em que possibilitam a utilização de estratégias mais adequadas para a conservação de peixes migradores em bacias já impactadas ou em vias de serem impactadas por empreendimentos hidrelétricos.

- ▶ **PUC Minas – Determinar a contribuição dos principais tributários do rio São Francisco a montante do reservatório de Três Marias em relação à desova, especialmente de espécies do gênero *Prochilodus*.**

### Objetivo principal do projeto:

Avaliar a necessidade de instalação de um Sistema de Transposição de Peixes (STP) na UHE Três Marias usando como modelos de estudo duas espécies migradoras de peixes: *Prochilodus costatus* e *Prochilodus argenteus*.



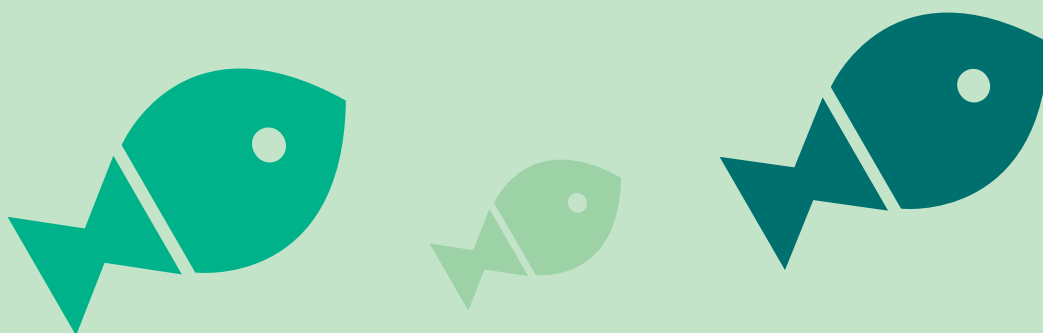
Modelo conceitual de espécies migradoras baseado nos resultados espaciais obtidos para a bacia do rio Pará, uma das mais estudadas em termos de ictioplâncton neste projeto, mostrando que as áreas de desova estão situadas predominantemente nos tributários do trecho baixo deste rio. No rio Paraopeba, as áreas de desova ocorrem também em trechos inferiores, porém predominantemente na calha deste rio.

### Resultados principais do projeto

- Os tributários do alto São Francisco, notadamente aqueles situados na margem direita da calha do rio principal contribuem para a desova e deriva do ictioplâncton de espécies migradoras e não migradoras a montante do reservatório de Três Marias.
- A ocorrência de condições físico químicas e morfométricas favoráveis a este processo nos tributários em questão poderia explicar a seleção destes locais por parte das espécies migradoras.
- Paralelamente, o rio Paraopeba aparentemente desempenha um papel importante para a desova de espécies do gênero Prochilodus.

### Contribuição ecológica e importância para o setor elétrico

- A identificação das possíveis áreas de desova e desenvolvimento de ovos e larvas na bacia do alto rio São Francisco (notadamente nas bacias do rio Pará e Paraopeba), bem como no alto rio São Francisco, ajudará na compreensão da dinâmica reprodutiva das espécies de Prochilodus, no trecho a montante do reservatório de Três Marias.
- Uma maior compreensão sobre a desova de espécie migradoras auxiliarão também o setor elétrico na tomada de decisões a respeito de medidas para a conservação de espécies migradoras na região de influência da UHE Três Marias.

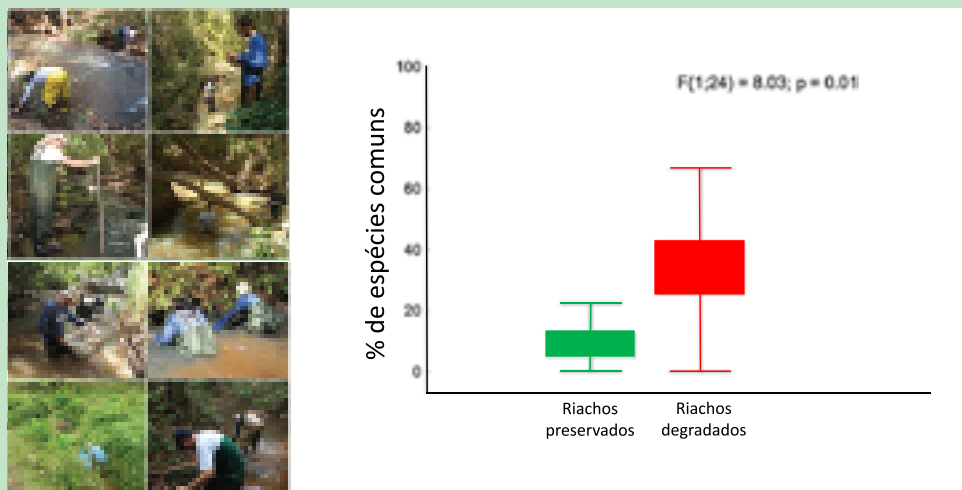




# P&D 481 | Desenvolvimento de Índices de Integridade Biótica: peixes de riachos como indicadores de qualidade de água em bacias hidrográficas de empreendimentos hidrelétricos da Cemig em Minas Gerais

UFLA 2012 – 2016

**Objetivo:** Este projeto teve como objetivos desenvolver, através de dados das comunidades de peixes, e da avaliação da integridade física de riachos, índices ecológicos, baseados nestes organismos, que pudessem refletir o status de conservação destes ambientes aquáticos.



## Resultados principais do projeto

- Adaptamos, de forma inédita para o Brasil, protocolo Norte-americano de caracterização de ambientes físicos de riachos, e compreendemos melhor como alterações em diferentes características ambientais afetam as comunidades de peixes.
- Desenvolvemos índice de integridade biótica, baseado na comunidade de peixes, útil para a caracterização do grau de conservação de riachos do Cerrado brasileiro.

## Contribuição ecológica e importância para o setor elétrico

O entendimento de como mudanças no uso da terra afetam o ambiente físico de riachos, e suas consequências para as comunidades de peixes, é fundamental para o melhor estabelecimento de estratégias de conservação e restauração, com foco na manutenção da biodiversidade. Para o setor elétrico, a melhor caracterização do grau de conservação das drenagens que fluem para os reservatórios permite o melhor acompanhamento dos impactos de atividades que podem comprometer a qualidade da água, ou aumentar o aporte de sedimentos, contribuindo para uma melhor gestão dos recursos hídricos.

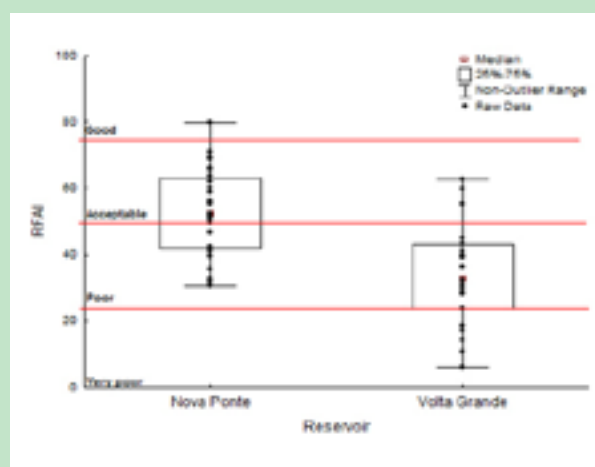


# P&D 477 | Variações espaciais de médio prazo e índices de assembleias de peixes para reservatórios como indicadores de qualidade do habitat em empreendimentos hidrelétricos da Cemig em Minas Gerais

 PUC Minas  2014 – 2018

**Objetivo:** Adaptar e estabelecer para os reservatórios de Volta Grande e Nova Ponte, bacia do alto Paraná, um índice de integridade biótica baseado em assembleias de peixes para reservatórios (Reservoir Fish Assemblage Index – RFAI)

Verificar eventuais mudanças na estrutura da comunidade de peixes no reservatório de Nova Ponte, comparando atributos físico-químicos, morfo-métricos (de habitat) e biológicos deste reservatório com os resultados obtidos a partir de metodologia previamente utilizada em campanhas efetuadas em abril de 2010 neste reservatório, no intuito de detectar eventuais mudanças positivas ou negativas nos atributos desta ictiofauna entre os períodos amostrados



## Resultados principais do projeto

- O principal resultado obtido foi o índice de integridade baseado nas assembleias de peixes para os reservatórios de Volta Grande e Nova Ponte (RFAI), o desenvolvimento e adaptação desse índice poderá ser utilizado como ferramenta de avaliação ambiental para ser disponibilizada aos órgãos competentes na gestão de recursos naturais do estado.
- Com base nos escores de RFAI, é possível afirmar que o Reservatório de Volta Grande é significativamente mais perturbado biologicamente do que o reservatório de Nova Ponte.
- Os parâmetros ecológicos utilizados para identificar eventuais mudanças na estrutura da comunidade de peixes no reservatório de Nova Ponte foram homogêneos em relação aos anos de 2010 e 2015. Apenas houve mudança na abundância das espécies mais representativas da ictiofauna entre os períodos amostrados.

## Contribuição ecológica e importância para o setor elétrico

Os resultados do estudo forneceram informações, no que diz respeito à ictiofauna para a otimização das tomadas de decisões sobre o manejo dos reservatórios de Nova Ponte e Volta Grande e seu entorno, ensejando assim ações para a conservação da ictiofauna destes ambientes. Os custos do projeto foram amplamente compensados pelos resultados obtidos. Esses resultados trazem informações que permitem guiar a implantação de planos e estratégias de manejo de peixes nos reservatórios de Nova Ponte e Volta Grande de maneira eficiente. Um exemplo é a possibilidade de realizar o monitoramento da ictiofauna de forma mais eficiente e com menor custo.



# GT 985 | Validação de Protocolos de Proteção de Peixes em Usinas da Cemig

 **UFMG**  **2013 – 2018**

**Objetivo:** Este projeto teve como objetivo testar metodologias de avaliação de riscos para a ictiofauna da operação e manutenção de unidades geradoras para validar protocolos de proteção de peixes em 10 usinas hidrelétricas do Grupo Cemig.



## Resultados principais do projeto

- Protocolos de proteção de peixes testados e aprovados para manobras e drenagens das unidades geradoras de 10 usinas do grupo Cemig.
- Publicação do livro “Loures R.C. & Godinho A.L. (Org.) Avaliação de Risco de Morte de Peixes em Usinas Hidrelétricas. Belo Horizonte: Companhia Energética de Minas Gerais” na sua versão em português em 2016 e em inglês em 2017

## Contribuição ecológica e importância para o setor elétrico

A proteção dos peixes nas usinas hidrelétricas é questão chave para a administração da Cemig. Para evitar mortes, a empresa elaborou instrução de serviço que dispõe sobre a proteção da ictiofauna na operação e manutenção em 10 de suas usinas. O atendimento a essa instrução de serviço exigiu testar e validar protocolos de coleta de dados específicos para cada usina para avaliar os riscos à ictiofauna de determinadas manobras e manutenções das unidades geradoras.

As causas das mortes de peixes nas usinas do grupo Cemig são comuns a muitas usinas hidrelétricas do Brasil. Publicar livro de conteúdo inédito no país com o conhecimento adquirido na execução projeto é contribuição de relevância inestimável a todo setor hidrelétrico brasileiro.





# P&D 549 | Desenvolvimento de metodologia para aumento da eficácia do Programa de Repovoamento de peixes realizado pela Estação de piscicultura de Volta Grande (UFV)

UFV FAPEMIG 2014 – 2018

**Objetivo:** Definir, a partir dos padrões genômicos e proteômicos em espécimes portadores de cromossomos supernumerários ou cromossomos B, uma metodologia que otimize a sobrevivência da Curimba *Prochilodus lineatus* utilizados em programas de repovoamento.

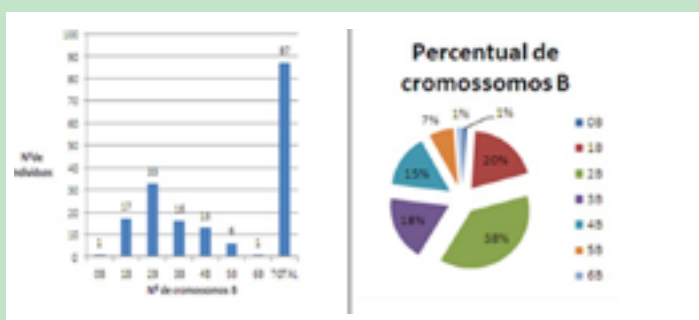


Figura representando a proporção de espécimes portadores de cromossomos B no estoque de repovoamento da Estação de Piscicultura de Volta Grande – Conceição da Alagoas - MG

## Resultados Principais do Projeto

- Resultado 1. Foi determinada a moda de 2 cromossomos B nos espécimes destinados ao repovoamento.
- Resultado 2. Os dados genômicos comparativos entre os dois espécimes, um não portador e o outro portador de 6 cromossomos B indicou uma diferença relevante em termos de transposições e retrotransposições, os quais podem potencialmente alterar o fenótipo dos indivíduos portadores.
- Resultado 3. Os dados proteômicos comparativos entre os espécimes com 0, 2, 4 e 6 cromossomos B indicam um perfil com menor estresse oxidativo em espécimes com 2 e 4 cromossomos B.

## Contribuição ecológica e importância para o setor elétrico

- 1) O estudo permitiu avanços relevantes na natureza dos cromossomos B e sua influência no desempenho dos indivíduos portadores.
- 2) O conjunto de dados indicados sugere que os cromossomos B encontram-se em proporção compatível com seleção normalizadora, na qual os valores extremos de cromossomos B diminuem o desempenho desses indivíduos.
- 3) Os espécimes portadores de 2 a 4 cromossomos apresentam um fenótipo mais favorável à sua sobrevivência (portanto, ao sucesso do Programa de Repovoamento).
- 4) Sugere-se maior estudo no sistema de transmissão dos cromossomos B, para definir as matrizes que serão utilizadas nos cruzamentos dos estoques de *Prochilodus lineatus*, com o objetivo de selecionar espécimes com 2-4 cromossomos B.



## GT 511 | Mortes Crônicas de Peixes em Usinas Hidrelétricas do Grupo Cemig

 UFGM  2014 – 2018

**Objetivo:** Entender as causas e propor medidas de redução das mortes crônicas de peixes em usinas do grupo Cemig.



### Resultados principais do projeto

- Quantificação da morte crônica de peixes por certas manobras das unidades geradoras.
- Conhecimentos detalhados sobre a deriva de carcaças a jusante de usinas hidrelétricas.
- Desenvolvimento da necorrede, rede específica para a coleta de carcaças de peixes a deriva nos rios a jusante de usinas hidrelétricas.

### Contribuição ecológica e importância para o setor elétrico

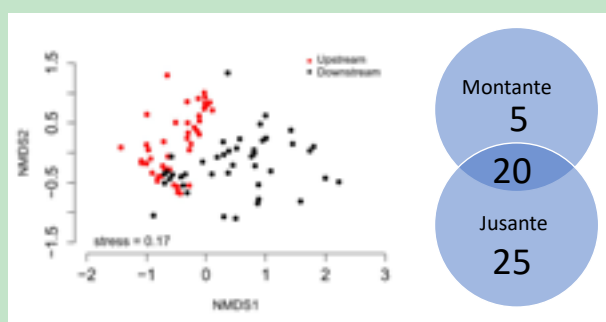
A morte de peixes em usinas hidrelétricas pode ser de muitos indivíduos num único evento (morte aguda) ou de poucos animais em eventos recorrentes (morte crônica). A ocorrência de eventos com morte aguda foi drasticamente reduzida em usinas do grupo Cemig com a aplicação da Metodologia para Avaliação de Risco de Morte de Peixes (MARP) e já não é mais a principal causa da morte de peixes. Atualmente, as operações que provocam eventos de morte crônica são a causa principal. Determinar quais são essas operações, como elas provocam as mortes e desenvolver protocolos de proteção aos peixes específicos para elas são os desafios atuais da Cemig para reduzir ainda mais a morte de peixes em suas usinas.



# P&D 550 | Desenvolvimento de ferramenta para a priorização de descomissionamento de pequenas centrais hidrelétricas (PCH) no estado de Minas Gerais e estudo de caso para a PCH Pandeiros

 **UFLA**  **2014 – 2018**

**Objetivo:** Este projeto teve como objetivo avaliar a viabilidade ambiental do descomissionamento da PCH Pandeiros, considerando uma visão integrada e ecossistêmica. Assim foram avaliados a dinâmica de sedimentos, fluxo de carbono, peixes, mamíferos, macroinvertebrados bentônicos, vegetação marginal, vegetação aquática, formigas, e camarões, sempre considerando os possíveis efeitos da remoção sobre estes grupos.



Diferenças na composição (esquerda) e na riqueza de peixes (direita) entre as regiões de montante e a jusante da PCH Pandeiros.

## Resultados principais do projeto (Key Results)

- Nenhum dos grupos ou aspectos estudados apontou problemas com relação à remoção da barragem da PCH Pandeiros. Pelo contrário, melhorias significativas do ponto de vista ecológico são esperadas, caso a usina e sua barragem sejam descomissionadas.
- Com uma eventual remoção, o impacto dos sedimentos será restrito aos primeiros quilômetros a jusante da barragem, sem possibilidade de afetar significativamente o pântano do rio Pandeiros.

## Contribuição ecológica e importância para o setor elétrico

Em diferentes países, a remoção de barragens tem se mostrado eficaz na recuperação de populações de peixes, além de melhorar o status ecológico global do sistema fluvial, restaurando processos ecológicos nas dimensões longitudinal e lateral. A experiência no rio Pandeiros, inédita no Brasil, permitiu pela primeira vez ponderar os custos e benefícios ambientais de uma eventual remoção de barragem. Com o esgotamento da vida útil de barragens antigas, avaliações desta natureza tendem a se tornar mais comuns. Assim, as abordagens e aprendizados obtidos com este projeto serão certamente úteis ao setor elétrico.



# P&D 611 | Descomissionamento da PCH Pandeiros: uma experiência inédita na América do Sul

UFMG UFLA 2019 – 2023

**Objetivo:** Avaliação dos possíveis impactos da remoção da barragem de Pandeiros no rio e seus diferentes componentes para subsidiar uma decisão sobre o assunto.



## Possíveis consequências da remoção da barragem:

- ↓ Invasão de espécies
- ↓ Diversidade e abundância de macrófitas
- ↑ Fluxo natural e bem distribuído de sedimentos
- ↑ Fluxo de organismos ao longo do rio

## Resultados principais do projeto

- O reservatório não retém mais sedimentos e a liberação dos mesmos pela remoção da barragem não seria mensurável a mais que 3 km a jusante da barragem e por não mais de 1 ano.
- Reservatório e lagoa lateral favorecem espécies invasoras de peixes e bentos e tem baixa diversidade de espécies e poucas espécies exigentes. A ictiofauna acima da barragem é empobrecida e a barragem é uma barreira à migração.
- A lagoa lateral tem uma vegetação relativamente diversa comparada com lagoas temporárias. A vegetação nas praias só persiste na seca quando próxima da água.
- Em futuros projetos de descomissionamento é fundamental trabalhar com aspectos sócioeconômicos e políticos.

## Contribuição ecológica e importância para o setor elétrico

Compreender os efeitos das várias etapas do descomissionamento nos diversos componentes do rio é fundamental para uma decisão segura.

Um diagnóstico preciso e confiável para embasar a decisão quanto ao descomissionamento de barragens passa pelos componentes hidrossedimentológicos, biológicos e humanos.

A avaliação e trabalho com as comunidades humanas e seus componentes sócioeconômicos e políticos é central em qualquer projeto de descomissionamento de barragens.

A remoção de PCHs pode ser uma importante ferramenta para controle de espécies de peixes e bentos invasoras e problemáticas.

Em áreas com secas intensas, espelhos d'água permanentes como o de um reservatório podem favorecer macrófitas em comparação com lagoas temporárias. Isso não tem necessariamente efeito positivo sobre peixes e bentos.



# P&D 612 | Importância de trechos de rios livres para o contexto ambiental em regiões de barramento: integrando novas tecnologias para estudo da ictiofauna

UFLA 2019 – 2022

**Objetivo:** Este projeto tem como objetivo principal diagnosticar a importância que rios livres possuem para a conservação da ictiofauna migratória nativa em bacias hidrográficas já barradas por empreendimentos hidrelétricos, a partir de duas abordagens: melhor entender os padrões migratórios dos peixes do alto São Francisco e; avaliar a distribuição espacial e temporal dos peixes na cascata de reservatórios de Itutinga e Camargos, bacia do rio Grande.



Modelo da História de vida dos movimentos da curimba, *Prochilodus costatus*, no alto São Francisco

## Resultados principais do projeto

Foi possível aprofundar no entendimento dos padrões migratórios da curimatá-pioa (*Prochilodus costatus*), e verificar que a outra espécie do mesmo gênero da bacia do São Francisco, a curimatá-pacu (*P. argenteus*), apresenta padrão geral de deslocamento similar. Destacamos a fidelidade aos sítios de desova e alimentação, e migração sempre na mesma janela temporal.

Verificamos o papel fundamental de trechos de rios livre, no caso os rios Grande e Aiuruoca, na manutenção da biodiversidade de peixes encontrada nos reservatórios de Itutinga e Camargos.

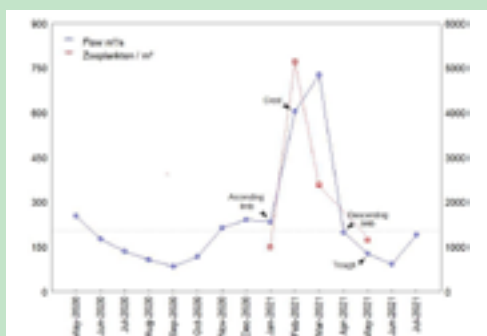
## Contribuição ecológica e importância para o setor elétrico

A fauna de peixes migradores, que é aquela com maior relevância para a pesca, é a mais afetada por barramentos. Para minimizar este impacto, a principal medida implementada vem sendo a construção de mecanismos de transposição de peixes. Porém, na maioria das vezes esta medida é ineficaz. O melhor entendimento dos movimentos migratórios de algumas espécies, bem como do papel de rios livres, evidenciou vários dos gargalos desta estratégia de manejo. Adicionalmente, forneceu uma série de informações que permitem um melhor planejamento, em nível de bacia, na tentativa de melhor compatibilizar a preservação da ictiofauna e a geração hidrelétrica.



# P&D 624 | Diagnóstico para as condições de desova e recrutamento das espécies de peixes migradores a montante e a jusante da UHE Três Marias.

 PUC-Minas  2019 – 2022



**Objetivo:** Os principais objetivos do projeto são a caracterização das condições para a desova e o recrutamento das espécies de peixes migradores, estabelecendo um modelo conceitual para estes eventos na área estudada. Paralelamente, pretende-se confeccionar um manual de larvas da bacia do rio São Francisco.

## Resultados principais do projeto

Existe uma alta associação do aumento da biomassa do zooplâncton em consonância com o aumento da vazão. Isto possivelmente está relacionado a uma maior contribuição de insumos alóctones de habitats de várzea por transporte lateral e transporte longitudinal que pode ocorrer na medida que o rio atinge a crista da onda (Humphries et al. 2014).

O enriquecimento por decomposição de plantas terrestres e outras matérias orgânicas, o transporte durante as maiores vazões (crista) e a concentração de nutrientes e zooplâncton em zonas de retenção, à medida que os corpos d'água de várzea se contraem após a inundação, melhoram as condições de alimentação das larvas de peixes, concordando com Humphries et al. 2020, King 2005; Pease et al. 2016 e Nunn et al. 2007.

Em períodos de baixa vazão, a calha dos rios desempenham um papel decisivo na desova e recrutamento das espécies de peixes no alto e médio São Francisco.

## Contribuição ecológica e importância para o setor elétrico

A caracterização das condições para a desova e o recrutamento das espécies migradoras contribuirão para o conhecimento da desova e recrutamento das espécies estudadas.

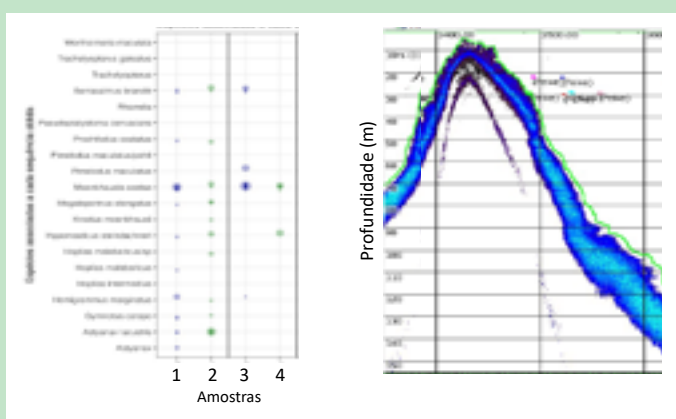
A comparação dos padrões encontrados com conceitos de funcionamento ecológico de rios (como o conceito de rio de ondas (Humphries et al, 2020), permitirá conhecer mais precisamente a relação pulso do rio com a desova e recrutamento da ictiofauna do alto e médio São Francisco, sendo uma ferramenta ecológica para ações de manejo e conservação da ictiofauna, relacionada à operacionalidade do reservatório de Três Marias. O manual de larvas será o primeiro para a bacia do São Francisco, preenchendo uma lacuna nesta área do conhecimento científico.



# P&D 635 | Uso de ferramentas inovadoras para a detecção e monitoramento de peixes em ambientes de água doce

UFLA PUC-Minas 2019 – 2022

**Objetivo:** Este projeto tem como objetivo desenvolver metodologias inovadoras para o monitoramento de peixes em reservatórios, conjugando técnicas tradicionais com ecossondagem e amostragem de DNA ambiental. Além disso, visa o desenvolvimento de banco de dados específico para o armazenamento de dados, de forma a permitir avaliar dados históricos de monitoramento de peixes realizados pela Cemig.



Espécies associadas a sequência de DNA ambiental do reservatório de Irapé, e perfil do reservatório, obtido através da ecossondagem, com a detecção de peixes.


## Resultados principais do projeto

Foi desenvolvido sistema computacional para armazenamento de dados oriundos de atividade de monitoramento.

A técnica de DNA ambiental se mostrou capaz de detectar as espécies de peixes do reservatório de Irapé. Logo, estão em desenvolvimento modelos que possam utilizar conjuntamente estas informações com dados de ecossondagem, de forma a fornecer informações tão ou mais precisas sobre a fauna de reservatórios do que as técnicas tradicionais.

## Contribuição ecológica e importância para o setor elétrico

Considerando que a maioria das licenças de operação de usinas traz como condicionante ambiental a realização de monitoramento de peixes para avaliação temporal do impacto causado pela implantação do empreendimento, o cumprimento adequado das condicionantes é de grande importância não só para a manutenção/renovação da LO, como também para que medidas de manejo adequadas sejam tomadas para minimização dos impactos. O desenvolvimento de técnicas inovadoras para monitoramento poderá, não só, melhorar a eficiência no levantamento de dados, mas também contribuir para a expansão do conhecimento da ictiofauna e gerar novos protocolos para que esta atividade possa ser replicada em outras usinas e concessionárias.




# COLABORADORES DOS PROJETOS DE PESQUISA E EQUIPE DO PROGRAMA PEIXE VIVO

Abgail Paula Pinheiro  
Adriana Heloisa Pereira  
Adrielle Aparecida Pereira  
Alejandro Giraldo Perez  
Alessandra Angélica de Pádua Bueno  
Alessandra Bedore  
Alessandra Marques Gonçalves Teixeira  
Alexandre Gontijo  
Alexandre Lima Godinho  
Alexandre Peressin  
Alexandre Sampaio  
Alexia Bom de Almeida  
Aline Junqueira Grossi  
Aline Pimenta e Silva  
Aline Torres de Azevedo Chagas  
Aloma Roberta Costa Silva  
Amanda Canhestro Saraiva  
Amanda Del Rio Abreu Rosa  
Amanda Jéssica Silva Santos  
Amanda Ribeiro Cocovick  
Ana Carolina Garcez Bueno Carneiro  
Ana Carolina Lacerda Rego  
Ana Carolina Saraiva Cardoso  
Ana Fávaro  
Ana Luiza Vieira  
Ana Paula Ramos Eller  
Ana Paula Vimiero Martins  
Anderson Medeiros Santos  
Anderson Oliveira do Carmo  
Andressa Mendes de Sene  
Andrey Leonardo Fagundes Castro  
Andreza Pereira Martins  
Angelo Barbosa Monteiro  
Antônio César Medeiros de Queiroz  
Antônio Júlio de Moura Chaves  
Arthur dos S. Barbosa  
Átila Rodrigues de Araújo  
Barbara Becker  
Bárbara de Freitas Magalhães  
Bárbara Rodrigues do Nascimento  
Barbara Sanches  
Bernardo Alan de Freitas Duarte  
Bianca Alves Gouvea  
Bianca Maria de Araujo Rodrigues  
Bianco Vizioli  
Bruna Guerra Rodrigues Tavares  
Bruno Edésio dos Santos Melo  
Bruno Gallotti Costa  
Camila Barbosa dos Anjos  
Camila Guimarães Dergam  
Camila Liberato Avila  
Camila Marani Abreu Lopes  
Carina Patez Porto  
Carla Rodrigues Ribas  
Carlos Barreira Martinez  
Carlos Bernardo Mascarenhas Alves  
Carlos Rogério de Mello  
Carolina de Rezende Bonatto  
Carolina Resende Savino Silveira  
Caroline Maria Castro de Souza  
Cássia Nasser de Freitas  
Catarina H. I. A. Siqueira  
Cecília Gontijo Leal  
Cintia Veloso Gandini  
Clara Sena Mata Oliveira  
Cynthia Valéria Oliveira  
Daiana dos Reis Pelegrine  
Dalbert Benjamim da Costa






Daniel Benjamin de Oliveira Dutra  
Daniel Cardoso Carvalho  
Daniel Fonseca Teixeira  
Daniel Lopes Gontijo  
Daniel Moreira Roriz  
Daniela Aparecida Silva  
Daniela Cristina Fagundes  
Daniela Lidia Núñez Rodriguez  
Daniella Delbem Amorim  
Danielle de Cássia Lima Maciel Prosdocimi  
David Augusto Reynalte Tataje  
David Travassos Milan  
Dayenne Godoy Pellucci Maciel  
Débora Lima Santos  
Débora Reis de Carvalho  
Deborah Cardoso da Cruz  
Déborah Regina de Oliveira e Silva  
Denis Christian Lopes Santos  
Diego Marcel Pereira de Castro  
Diego Rodrigues Macedo  
Éder Costa Carvalho  
Edna Maria de Faria Viana  
Eduardo van den Berg  
Elisamara Morais de Oliveira  
Elismara Aparecida Pereira  
Ênio Marcus Brandão Fonseca  
Érico Macedo Polo  
Erika Ramos de Alvarenga  
Evaldo de Lira Azevêdo  
Evanguedes Kalapothakis  
Evoy Zaniboni Filho  
Fábio Eduardo dos Santos  
Fabio Firpe Araujo  
Fábio Mineo Suzuki  
Fausto Moreira da Silva Carmo  
Fernanda de Morais Côrtes  
Fernanda de Oliveira Silva  
Fernanda Moreira Andrade  
Fernanda Pinotti Aguiar  
Fernando Mayer Pelicice  
Filipe Schitini Salgado  
Flávia de Faria Siqueira  
Flávia de Freitas Coelho  
Flávia de Oliveira Mesquita  
Flávia Silveira Lemos  
Flávio Wolf Durão  
Francisco Ricardo de Andrade Neto  
Frederico Fernandes Ferreira  
Gabriel Caetano Guimarães de Mello  
Gabriel de Menezes Yazbeck  
Gabriela Nascimento  
Gilberto Coelho  
Gilberto Nepomuceno Salvador  
Gilmar Bastos Santos  
Gilmara Junqueira  
Giovanna César Franco  
Gisele Moreira Dos Santos  
Grazielle Santiago da Silva  
Gregório Kurchevski  
Guilherme Antônio Ribeiro de Souza  
Guilherme Moreira Santos  
Guilherme Pereira Alves  
Gustavo Gonçalves dos Santos Palhares  
Gustavo Motta Quintão  
Gustavo Ribeiro Rosa  
Gustavo Sousa Amaral  
Helen Jamille  
Heron Hilário  
Hersília de Andrade e Santos  
Higor César de Araújo  
Hugo Pinto Rezende da Paixão  
Iago Penido  
Igor Guedes  
Ingrid Costa  
Isabela Sobrinho Martins  
Isabella Cristina Resende Ramo  
Isabelle T. C. e Silva  
Ivany Antônio Soares Tancredo  
Ivo Gavião Prado  
Ivo Joncew  
Izabela Santos Mendes  
Jade de Oliveira da Silva  
Janis Lawren da Costa Santos  
Jefferson Azara Cardoso  
Jessica Alves dos Santos  
Jéssica Raidslaine



Joana Santana Guimarães Moreira  
Joanna Malukiewicz  
João de Magalhães Lopes  
João Pedro Correa Gomes  
João Victor Silva Lopes  
Jonas Faria Dionisio de Oliveira  
Jorge Dergam  
José Luiz Birindelli  
José Mauro Ribeiro  
José Roberto Soares Scolforo  
José Tadeu Vallim  
Joseline Molozzi  
Júlia Cheik  
Júlia Marques Tôres  
Júlia Ramos Ribeiro  
Juliana da Silva Martins Pimentel  
Juliana Silva França  
Júlio Neil Cassa Louzada  
Junia Maria Netto Victória  
Katiene Santiago  
Kele Rocha Firmiano  
Kelly Marianne Guimarães Pereira  
Lais Carvalho Gomes  
Lais Mascarenhas Sacchetto Nunes Leite  
Larissa Bezerra Soares Milhomens  
Laura Macedo Campos  
Laura Melo Vieira Soares  
Leandro Barbosa Berutto  
Leiliane Campos Carvalho  
Leonardo Bueno Negreiros  
Leonardo Cardoso Resende  
Letícia de Moraes  
Letícia Duarte de Freitas  
Lídia Wouters  
Lívia Izabela Caputo  
Lorena Milani Costa  
Lorena Santos  
Lorrana Thaís Máximo Durville Braga  
Lucas Borges de Resende  
Lucas Danilo Silva Durães  
Lucas Guilherme Alves  
Lucas Oliveira Costa  
Lucas Thadeu da Silva Ramos

Luciana Gandra  
Ludimilla Portela Zambaldi Lima Suzuki  
Ludmila Moura Moreira Mendes  
Luísa Amaral Godoy  
Luisa Assis Rocha da Silva  
Luisa Silva Gomes  
Luiz Augusto Barcellos Almeida  
Luiz Carlos de Freitas  
Luiz Gustavo Martins da Silva  
Luíza Campos de Medeiros Olinto  
Maila Guimarães Duarte  
Maísa Costa  
Manuela Maria Cavalcante Granja  
Mara Luiza de Almeida Santos  
Marcela Alves de Souza  
Marcela Alves de Souza  
Marcelo Micherif Carneiro  
Marcelo Passamani  
Marcelo Ribeiro Viola  
Marcos Antonio da Silva  
Marcos Callisto  
Marcos F Campos  
Marcos Fernando Alvarenga  
Marden Linares  
Maria Isabel Martins  
Maria José Pinheiro Anacléto  
Mariana Alves Ferreira Vieira  
Mariana Azevedo Rabelo  
Mariana Lara Franco  
Mariana Osório Côrtes  
Marina Cunha  
Marina Ferreira Moreira  
Marina Lages Pugedo  
Marina Lopes Bueno  
Marina Louzada  
Marina Luisa Fonseca  
Marina Silva Rufino  
Marina Souza da Cunha  
Mário César Guerreiro  
Mateus Eduardo Nunes  
Mateus Moreira de Carvalho  
Michelle Teixeira Evangelista  
Mila Correia Sampaio



Miriam Aparecida de Castro  
Monica Andrea Gutierrez Espinosa  
Naiara Guimarães Sales  
Nara Tadini Junqueira  
Natália Vicente  
Nathalia Abrahão Paes Leme de Castro  
Nazaré Lúcio de Abreu  
Newton José Schmidt Prado  
Nicolas Augusto Gomes dos Santos  
Nilo Bazzoli  
Ormy Junio de Lima  
Patrícia Santos Fraguas  
Paul Kemp  
Paula Suzzano Prado  
Paulo Brant Perrotti  
Paulo dos Santos Pompeu  
Paulo Guimarães Neto  
Pedro Brandão Dias Ferreira Pinto  
Pedro Henrique Monteiro do Amara  
Pedro Luis Andrade Gomes  
Pedro Portella Miranda Lanna  
Phillip Kaufmann  
Priscila Maria de Freitas Viana  
Rafael Almeida Casarino  
Rafael Antunes Baggio  
Rafael Augusto Fiorine  
Rafael Couto Rosa de Souza  
Rafael Goretti Tolomelli  
Rafael Sachetto Oliveira  
Rafaela Lima de Freitas  
Raissa Almeida Lima  
Raíssa Cristina Dias Graciano  
Raissa Scarpa Pereira  
Ramon Teixeira de Nascimento Araújo  
Raoni Rosa Rodrigues  
Raphael Jardim do Nascimento  
Raphael Ligeiro Barroso Santos  
Raquel Coelho Loures Fontes  
Raquel Gonçalves Mafra  
Raquel Moret Henrique Campos  
Rayanne Marques Costa  
Renato Antônio da Silva  
Rhaíssa Soares Silva Figueiredo

Ricardo Becker de Araujo  
Ricardo José da Silva  
Ricardo José Gonzaga Pimenta  
Ricardo Rabinovici Trotta  
Robert Hughes  
Roberta Ribeiro Coura  
Roberto Maychel Soares da Silveira  
Romina Vanessa Barbosa  
Ronan Naves Carvalho  
Rosiane de Paula Santos  
Ruanny Casarim Correa  
Rubia Praxedes Quintão  
Samara Hermes Silva  
Samuel Rodrigues de Sales Campos  
Sanely Lourenço da Costa  
Sérgio Renato Oliveira  
Silvana de Melo  
Sílvia Maria Millan Gutierrez  
Sofia Peixoto Mourão  
Stella Biondi  
Stéphanie Fernandes Cunha  
Susanne Facchin  
Talison Reinaldo Hott da Silva  
Tatiana Moura Barroca  
Tatiane Procópio Pereira Silva  
Taynan Henriques Tupinambás  
Thais Soares da Silva  
Thiago Cotta Ribeiro  
Thiago da Motta e Albuquerque de Carvalho  
Thiago Teixeira Silva  
Tiago Casarim Pessali  
Tiago Figueiredo Abdo  
Tiago Novaes Faria  
Tobias Antonio Barroso  
Volney Vono  
Walace Renato da Silva Oliveira  
Wander Ribeiro Ferreira  
Willian César de Castro Faria  
Yuri Malta Caldeira  
Zélia Oliveira Teixeira

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Loures R.C. & Godinho A.L. (2016) Avaliação de Risco de Morte de Peixes em Usinas Hidrelétricas. Belo Horizonte: Companhia Energética de Minas Gerais, pp. 37-70 (Série Peixe Vivo, 5).

Rêgo A.C.L., Prado I.G., Silva T.T., Loures R.C., Silva R.J., Monteiro A.B. & Godinho A.L. (2016) Peixes afetados em manobras de usinas hidrelétricas. In: R.C. Loures & A.L. Godinho (orgs.) Avaliação de Risco de Morte de Peixes em Usinas Hidrelétricas. Belo Horizonte: Companhia Energética de Minas Gerais, pp. 71-96 (Série Peixe Vivo, 5).

