



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

NOTA TÉCNICA Nº 6/2025/CGHI/DDOS/SNEE

PROCESSO N° 48370.000185/2024-56

INTERESSADO: MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA

1. ASSUNTO

1.1. Proposição de avaliação da ação "*Modelagem do aporte de Sedimentos em Reservatórios de Geração de Energia: Aplicação nas usinas da Eletrobras localizadas nas Bacias dos Rios Grande, Paraíba do Sul e Paranaíba*" pelo Comitê Gestor da CPR Furnas.

2. REFERÊNCIAS

2.1. Plano de Recuperação dos Reservatórios de Regularização do País (PRR), disponível em <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/secretaria-nacional-energia-eletrica/plano-de-recuperacao-de-reservatorios-prr>.

2.2. Proposta "*Anexo I - Modelagem do aporte de Sedimentos em Reservatórios de geração de Energia: Aplicação nas usinas da Eletrobras localizadas nas Bacias dos Rios Grande, Paraíba do Sul e Paranaíba*" (SEI nº 1023212), conforme modelo da Resolução nº 2 Comitê Gestor da CPR Furnas.

2.3. Apresentação da proposta "*Anexo I - Modelagem do aporte de Sedimentos em Reservatórios de geração de Energia: Aplicação nas usinas da Eletrobras localizadas nas Bacias dos Rios Grande, Paraíba do Sul e Paranaíba*" (SEI nº 1023241).

2.4. Res 2

3. ANÁLISE

3.1. A proposta de "Modelagem do aporte de Sedimentos em Reservatórios de Geração de Energia: Aplicação nas usinas da Eletrobras localizadas nas Bacias dos Rios Grande, Paraíba do Sul e Paranaíba" está associada à execução do Plano de Recuperação dos Reservatórios de Regularização do País (PRR), especificamente no escopo da ação de curto prazo "CP12 – Atualização dos dados referentes às curvas cota-área-volume (CAV) e a avaliação do assoreamento dos reservatórios", cuja responsabilidade é da Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA) em articulação com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

3.2. Inicialmente, vale destacar que as atividades da CP12 desenvolvem-se conforme preconiza a Resolução Conjunta ANA/ANEEL nº 03/2010, de 10 de agosto de 2010, substituída pela Resolução Conjunta ANA/ANEEL nº 127/2022, que estabelece as condições e os procedimentos a serem observados pelos concessionários e autorizados de geração de energia hidrelétrica para a instalação, operação e manutenção de estações hidrométricas visando ao monitoramento pluviométrico, liminimétrico, fluviométrico, sedimentométrico e de qualidade da água associado a aproveitamentos hidrelétricos.

3.3. A Resolução estabelece que as Usinas Hidrelétricas despachadas centralizadamente pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), ao completarem 10 anos em operação comercial, devem realizar a avaliação do assoreamento dos seus reservatórios com a atualização das tabelas CAV, sendo estas parâmetros de entrada de modelos hidrológicos utilizados na simulação de operação de reservatórios do setor elétrico, inclusive para determinação das garantias físicas dos aproveitamentos hidrelétricos. Sendo também, essenciais para o acompanhamento dos processos de assoreamento dos reservatórios, possibilitando a proposição e a priorização de medidas preventivas que visem a reduzir as taxas de assoreamento e a mitigar os impactos desses processos.

3.4. Cabe registrar ainda, que a atualização das curvas cota x área x volume constituem atividade do Plano de Ação para Revisão das Garantias Físicas das Usinas Hidrelétricas, encaminhado ao TCU pelo Ministério de Minas e Energia (MME) em cumprimento às determinações nº 9.4 e 9.5 do Acórdão nº 1.631/2018-TCU-Plenário.

3.5. Neste contexto, destaca-se um dos produtos desenvolvidos no P&D ANEEL 0394-1705/2017 na temática de sedimentos, a ferramenta computacional SISED, a qual se mostrou bastante promissora a ser empregada em escala Nacional, dado a possibilidade de tratamento das informações sobre a situação do volume útil dos reservatórios. Os resultados poderão, ainda, subsidiar o aprimoramento de metodologia para o acompanhamento do processo de assoreamento de reservatórios de empreendimentos hidrelétricos despachados centralizadamente pelo ONS, no âmbito da Resolução Conjunta ANA e ANEEL nº 127/2022, inclusive de critérios que indiquem a necessidade de atualização dos levantamentos topobatimétricos desses reservatórios, objeto da ação CP 12 do (PRR), conforme citado na proposta SEI nº 1023212.

3.6. Desta forma, a proposta SEI nº 1023212 foi desenvolvida de forma colaborativa entre MME, ANA, ANEEL e Eletrobras, conforme registro de correspondências eletrônicas e reuniões constantes nos autos do processo SEI nº 48370.000185/2024-56, sendo apresentada na reunião de acompanhamento das ações CP8 e CP12 do PRR, ocorrida em 23/10/2024, na qual participaram ainda representantes da Associação Brasileira das Empresas Geradoras de Energia Elétrica (ABRAGE), seguindo modelo da Resolução nº 2 do Comitê Gestor da CPR Furnas.

3.7. A aplicação da metodologia será realizada para os reservatórios localizados nas Bacias dos Rios Grande, Paraíba do Sul e Paranaíba. Estas bacias possuem grande relevância para o desenvolvimento econômico e social da região distribuída pelos estados de SP, RJ, MG, GO, MS e DF. Tem reconhecimento nacional por seu potencial energético. Nestas Bacias estão localizados os reservatórios que representam cerca de 45% da capacidade de Energia Armazenada (EAR) do Sistema Interligado Nacional (SIN). Ao longo do seu curso, 11 barragens do sistema Eletrobras estão instaladas no rio Grande (Furnas, Luiz Carlos Barreto de Carvalho, Mascarenhas de Moraes, Marimbondo e Porto Colômbia), no rio Paraíba do Sul (Anta, Funil e Simplício) e na bacia do Paranaíba (Batalha, Corumbá e Itumbiara). Esta região abrange 883 municípios que correspondem a 5,1% do território nacional e taxa de urbanização de quase 90%, segundo o Plano Nacional de Revitalização de Bacias Hidrográficas (PNRBH).

3.8. Importante ressaltar a relevância do controle de sedimentos para políticas públicas voltadas à recuperação de recursos hídricos, de forma que o desenvolvimento da Modelagem do aporte de Sedimentos em Reservatórios de Geração de Energia, significará importante avanço para:

- a) Proporcionar um banco de dados estruturado, georreferenciado e facilmente acessível, abrangendo toda a cadeia de informações relacionadas à sedimentometria;
- b) Orientar a ação dos agentes de geração hidrelétrica, dos formuladores de políticas públicas e instituições reguladoras acerca da gestão das bacias hidrográficas e da operação de reservatórios, subsidiando, inclusive, a formulação de regras que confirmam resiliência e flexibilidade operativa aos reservatórios de geração hidrelétrica e ao SIN;
- c) Orientar equipes sobre regiões prioritárias para ações de reflorestamento, correção de processo erosivo e Educação Ambiental, possibilitando, inclusive, a formulação e a avaliação da efetividade das ações de revitalização dos recursos hídricos das bacias hidrográficas;
- d) Avaliar o comprometimento do volume útil de cada reservatório e possibilitar o prognóstico da evolução de seu assoreamento, para auxiliar na análise de riscos e otimizar a tomada de decisão, inclusive no que se refere aos momentos indicados para atualização dos levantamentos topobatimétricos, cujos custos são expressivos;
- e) Realizar simulações de eventos extremos associados às mudanças climáticas;
- f) Analisar a distribuição dos pontos de monitoramento e as contribuições do aporte de sedimentos em relação ao uso e ocupação do solo no entorno;
- g) Avaliar a repercussão das ações implementadas pelos programas de revitalização, no que tange o aporte de sedimentos (erosão, reflorestamento e educação ambiental).

3.9. O investimento para desenvolvimento da ação foi estimado em R\$ 11.050.000,00 (onze milhões e cinquenta mil reais), tendo os detalhes metodológicos, metas e etapas, apresentados na respectiva proposta.

3.10. Conforme registrado na proposta, a elaboração do “Relatório com a proposta metodológica de acompanhamento dos processos de assoreamento de reservatórios”, deverá ser realizada sob coordenação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), em articulação com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), conforme governança da ação CP12 do PRR.

3.11. A Resolução nº 2, de 28 de dezembro de 2023, publicada no DOU de 03 de janeiro de 2024, do Comitê Gestor do Programa de Revitalização dos Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas na área de influência dos reservatórios das usinas hidrelétricas de Furnas, estabelece no Art. 8, inciso I, que os membros poderão apresentar propostas à Secretaria Executiva do Comitê, e na condição de membros do CPR Furnas, recomenda-se o envio da proposta para apreciação e deliberação, em reunião ordinária ou extraordinária, conforme previsão no Regimento Interno.

4. CONCLUSÃO

4.1. A proposta "Anexo I - Modelagem do aporte de Sedimentos em Reservatórios de geração de Energia: Aplicação nas usinas da Eletrobras localizadas nas Bacias dos Rios Grande, Paraíba do Sul e Paranaíba" (SEI nº 1023212), elaborada conforme modelo da Resolução nº 2 Comitê Gestor da CPR Furnas, refere-se à execução do Plano de Recuperação dos Reservatórios de Regularização do País (PRR), instituído pelo Art. 30 da Lei 14.182/2021, de 12 de julho de 2021.

4.2. Considerando que a proposta apresentada se enquadra no programa para aporte de recursos, alinhada com os objetivos do PRR, recomenda-se que a mesma seja transmitida ao Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional (MIDR), para inclusão na pauta, apreciação e deliberação pelo Comitê Gestor do CPR-Furnas.

À consideração superior.



Documento assinado eletronicamente por **Wilson Rodrigues de Melo Junior, Coordenador(a)-Geral de Recursos Hídricos**, em 27/02/2025, às 17:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Claudia Elisabeth Bezerra Marques, Coordenador(a) de Recursos Hídricos**, em 27/02/2025, às 17:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Victor Protazio da Silva, Diretor(a) do Departamento de Desempenho da Operação do Sistema Elétrico Substituto(a)**, em 27/02/2025, às 17:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.mme.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1022671** e o código CRC **F2E1984E**.



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Gabinete do Ministro

Esplanada dos Ministérios - Bloco U, 8º andar, Brasília/DF, CEP 70065-900
Telefone: (61) 2032-5041 / gabinete@mme.gov.br

Ofício nº 134/2025/GM-MME

Brasília, na data da assinatura eletrônica.

Ao Senhor

ANTONIO WALDEZ GÓES DA SILVA

Ministro de Estado da Integração e do Desenvolvimento Regional
Esplanada dos Ministérios, Bloco E, 8º andar
70067-901 / Brasília - DF

Assunto: Proposição da ação "Modelagem do aporte de Sedimentos em Reservatórios de Geração de Energia", no âmbito do Programa de Revitalização dos Recursos Hídricos - CPR Furnas.

Senhor Ministro,

1. Trata-se de proposição de projeto a ser executada no âmbito do Programa de Revitalização dos Recursos Hídricos das Bacias na área de influência de Furnas, instituído pela Lei 14.182, de 2021, cujo Comitê Gestor foi definido pelo Decreto nº 10.838, de 2021.

2. Conforme relatado na documentação anexa, a proposta "Modelagem do aporte de Sedimentos em Reservatórios de Geração de Energia", visa execução de ação do Plano de Recuperação de Reservatórios de Regularização do País, tendo por objetivo o acompanhamento do assoreamento dos reservatórios, possibilitando a proposição e a priorização de medidas preventivas que visem reduzir os impactos.

3. Desta forma, considerando o impacto socioambiental positivo, com o intuito de termos uma previsão orçamentária, encaminho a proposta com investimentos estimados em R\$ 11.050.000,00 (onze milhões cinquenta mil reais).

4. Por fim, solicito a Vossa Excelência que o projeto seja submetido para apreciação e deliberação pelo Comitê Gestor CPR Furnas, de forma tempestiva, considerando a relevância para a gestão sustentável dos recursos hídricos e a preservação ambiental.

Atenciosamente,

ALEXANDRE SILVEIRA
Ministro de Estado de Minas e Energia

Anexos: I - Nota Técnica nº 6/2025/CGHI/DDOS/SNEE (SEI nº 1022671);

II - Apresentação da proposta (SEI nº 1023241)

III - Anexo I - Proposta conforme modelo da Resolução nº 2 CPR Furnas (SEI nº 1023212)



Documento assinado eletronicamente por **Alexandre Silveira de Oliveira, Ministro de Estado de Minas e Energia**, em 31/03/2025, às 10:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

[http://sei.mme.gov.br/sei/controlador_externo.php?
acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](http://sei.mme.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)

, informando o código verificador **1036004** e o código CRC **A98728F5**.

Referência: Caso responda este Ofício, indicar expressamente o Processo nº 48370.000185/2024-56

SEI nº 1036004



ANEXO I

Modelagem do aporte de Sedimentos em Reservatórios de Geração de Energia: Aplicação nas usinas da Eletrobras localizadas nas Bacias dos Rios Grande, Paraíba do Sul e Paranaíba



outubro/2024



Sumário

1.	IDENTIFICAÇÃO	3
2.	JUSTIFICATIVA DA PROPOSTA	4
3.	OBJETIVOS.....	7
4.	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS AÇÕES.....	8
5.	METAS, PRODUTOS/RESULTADOS ESPERADOS	9
6.	PÚBLICO BENEFICIÁRIO	10
7.	METODOLOGIA.....	12
8.	ESTIMATIVA DE CUSTOS	13
9.	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....	14



1. IDENTIFICAÇÃO

Título da ação: Modelagem do aporte de Sedimentos em Reservatórios de Geração de Energia: Aplicação nas usinas da Eletrobras nas Bacias dos Rios Grande, Paraíba do Sul e Paranaíba.

Descrição da ação: A proposta visa, a partir da Modelagem matemática do aporte de sedimentos em reservatórios de interesse, utilizando Inteligência Artificial, promover conhecimento e informações que permitam o adequado planejamento e o gerenciamento de ações que busquem garantir a segurança de fornecimento de abastecimento hídrico para usos múltiplos, sejam esses de abastecimento público, lazer, irrigação, dessedentação animal, geração de energia, navegação, entre outros. A ferramenta computacional SISED que foi desenvolvida como um dos produtos do P&D+I ANEEL PD-0394-1705/2017 – Sedimentos, será utilizada nesta proposta, como a interface computacional que irá reunir todo histórico sedimentométrico dos reservatórios de usinas de geração da Eletrobras, presentes na bacia dos rios Grande, Paraíba do Sul e Paranaíba, e fornecerá respostas estratégicas sobre as perspectivas de uso desta importante estrutura de reserva hídrica, frente ao processo de assooreamento, assim como as respostas das soluções de contenção de processos erosivos e melhorias ecossistêmicas implantadas na região. O SISED será também projetado para Aplicativo de bolso (APP – Application) e poderá ter acesso público. Os resultados da proposta poderão, ainda, subsidiar o aprimoramento de metodologia para o acompanhamento do processo de assooreamento de reservatórios de empreendimentos hidrelétricos despachados centralizadamente pelo ONS, no âmbito da Resolução Conjunta ANA e ANEEL nº 127/2022, inclusive de critérios que indiquem a necessidade de atualização dos levantamentos topobatimétricos desses reservatórios, objeto da ação CP 12 do Plano de Recuperação de Reservatórios – PRR,

Bacia hidrográfica: Bacias dos Rios Grande, Paraíba do Sul e Paranaíba.

Tipologia da ação: Esta ação dialoga diretamente com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) de nº 6 (Água limpa e saneamento), nº 13 (Combate às mudanças climáticas), nº 14 (Vida debaixo da água); nº 15 (Vida sobre a terra) e nº 17 (Parcerias pelas metas). Alinha-se ainda com todos os incisos do art. 3º da Resolução nº 2 de 28/12/23; com as diretrizes da Lei 14.182/21, no que tange a recarga das vazões de afluentes (revitalização de bacias hidrográficas); com o Decreto nº 10.838/21, em relação a recarga de aquíferos, combate à poluição dos recursos hídricos, prevenção e mitigação de escoamento superficial, promoção das condições necessárias para a disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas aos usos múltiplos e a disseminação do conhecimento; com o Plano Nacional de Revitalização de Bacias Hidrográficas (PNRBH), em relação ao AT1 - Planejamento e informação, AT2 - Fortalecimento Institucional Socioambiental e AT3 - Proteção e Uso Sustentável dos Recursos Naturais; e, por fim, com o Plano de Recuperação dos Reservatórios de Regularização de Usinas



Hidrelétricas do País - PRR, frente de atuação de modelagem matemática dos reservatórios; CP12 – Atualização dos dados referentes às curvas cota-área-volume e a avaliação do assoreamento dos reservatórios.

Responsável pela apresentação da ação: MME/Eletrobras.

Prazo para detalhamento de projeto pela concessionária de geração de energia elétrica: 45 dias para elaboração do Anexo II e 3 anos para execução do projeto. Investimento para elaboração de Anexo II: R\$50.000,00.

2. JUSTIFICATIVA DA PROPOSTA

O Brasil, devido às suas características naturais de relevo e hidrografia, se encontra em posição de destaque no planeta, com um expressivo potencial hidroenergético (ONS, 2022). Contar com este recurso ao longo de todo o ano é de suma importância para o desenvolvimento do país, para a manutenção da possibilidade de fontes renováveis intermitentes e para a garantia de atendimento aos usos consuntivos. Tais possibilidades são viabilizadas com a implantação estratégica de reservatórios que ajudam a manter, entre outros usos, o abastecimento público, a irrigação e a produção de energia elétrica.

Assim, é esperado que se empreenda esforços para a continuidade da exploração sustentável dos recursos hídricos do país, em especial na forma de reservatório, já que estas estruturas são favoráveis para o controle de oferta hídrica, em especial em tempos de incerteza frente aos eventos climáticos extremos, cada vez mais recorrentes.

Dada a importância da operação destes reservatórios, cabe atenção a uma das principais variáveis de impacto, relacionada diretamente a concentração de sedimento, que pode comprometer a disponibilidade de volume de água armazenada. Deste modo, o monitoramento sedimentométrico sistemático em aproveitamentos com formação de reservatório, buscando a gestão sustentável da dinâmica de cada bacia hidrográfica, para que se planeje corretamente o seu manejo, é fundamental.

Em vista da relevância do tema, o monitoramento sedimentométrico para as empresas do sistema elétrico está prevista na Resolução Conjunta ANA ANEEL 127/2022, que entrou em vigor a partir de 1º de janeiro de 2023, em substituição a Resolução Conjunta ANA ANEEL 003/2010, e estabelece as condições e procedimentos para o monitoramento hidrológico em empreendimentos hidrelétricos com potência instalada superior a 1.000 kW. Estas informações são disponibilizadas para acesso público no portal da ANA, no entanto, tal inferência não permite a visualização direta da real situação de oferta hídrica destas importantes estruturas a partir deste parâmetro, tampouco de sua gestão. Logo, promover a modelagem destes dados, e transformá-los em



informação que permita a previsão do comprometimento histórico da vida útil e tendências para o futuro dos reservatórios, é necessária.

Diante da importância do tema e da carência de ferramentas computacionais adequadas à realidade brasileira, a presente proposta visa implementar o SISED - software capaz de oferecer recursos para suporte organizacional de dados hidrossedimentológicos, cálculos de estimativas de descargas sólidas, estimativa da vida útil de reservatórios, simulação de cenários, além de auxiliar na compreensão do comportamento do aporte de sedimentos, assumindo um papel de referência no apoio a tomada de decisões para a gestão eficiente de reservatórios.

Cabe destacar que o SISED foi desenvolvido em P&D+I ANEEL (PD.0394-1705/2017) e recebeu o Prêmio Sustentabilidade do Sistema CONFEA/CREA 2023.

A aplicação do SISED será realizada nas Bacias dos Rios Grande, Paraíba do Sul e Paranaíba da Eletrobras. Estas bacias possuem grande relevância para o desenvolvimento econômico e social da região distribuída pelos estados de SP, RJ, MG, GO, MS e DF. Tem reconhecimento nacional por seu potencial energético. Ao longo do seu curso 11 barragens do sistema Eletrobras estão instaladas: no rio Grande (Furnas, Luiz Carlos Barreto de Carvalho, Mascarenhas de Moraes, Marimbondo e Porto Colômbia), no rio Paraíba do Sul (Anta, Funil e Simplício) e no rio Paranaíba (Batalha, Corumbá e Itumbiara). Esta região abrange 883 municípios que corresponde a 5,1% do território nacional e taxa de urbanização de quase 90%, segundo o Plano Nacional de Revitalização de Bacias Hidrográficas (PNRBH).

Com relação ao PNRBH – Plano Nacional de Revitalização de Bacias Hidrográficas, a presente proposta está relacionada à três áreas temáticas AT1 (Planejamento e informação), AT2 (Fortalecimento Institucional Socioambiental) e AT3 (Proteção e Uso Sustentável dos Recursos Naturais), de modo que o PNRBH também oferece subsídios e diretrizes para que a revitalização possa ser trabalhada de forma mais efetiva nos planos de recursos hídricos. Em cada área temática, pode-se destacar:

- AT1: a articulação e integração entre diferentes atores, o monitoramento da execução da revitalização, a definição de indicadores de acompanhamento e a promoção da temática de revitalização;
- AT2: a educação ambiental, a participação social, o desenvolvimento produtivo sustentável e a participação e valorização dos conhecimentos locais das comunidades tradicionais;
- AT3: recuperação, proteção, preservação e conservação ambiental, Soluções baseadas na Natureza, áreas protegidas, estudos técnicos e a adoção de boas práticas no manejo dos recursos naturais.



O Plano de Recuperação dos Reservatórios de Regularização de Usinas Hidrelétricas do País (PRR) apresenta metas objetivas para a frente de atuação sobre a modelagem matemática e considera a representação individualizada das usinas hidrelétricas e seus reservatórios, e ainda a definição de métricas para reavaliação periódica do modelo de geração de cenários de afluências a partir de padrões históricos e sua assertividade em detectar a persistência de tendências hidrológicas desfavoráveis.

Os resultados da presente proposta poderão subsidiar o desenvolvimento de ações que integram as quatro grandes frentes de atuação do PRR: aspectos físicos dos reservatórios (com ênfase na avaliação e acompanhamento do processo de assoreamento), modelagem matemática (representação do SIN mais aderente à realidade operativa), dinâmica de operação de reservatórios (insumo para regras para atendimento aos usos múltiplos da água e gestão integrada das restrições operativas) e planejamento da operação e expansão do SIN (insumo para estudo para priorização e de viabilidade de novos reservatórios). O SISED poderá subsidiar, inclusive, o estabelecimento ou aprimoramento de indicadores da necessidade de atualização dos levantamentos topobatimétricos dos reservatórios (cujos custos são expressivos), otimizando o processo de acompanhamento do assoreamento de reservatórios de que trata o art. 8º da Resolução Conjunta ANA e ANEEL nº 127/2022, relacionado à ação CP-12 do Plano de Recuperação de Reservatórios – PRR.

Ressalta-se que os resultados da presente proposta poderão, ainda, subsidiar a formulação, o desenvolvimento e a avaliação da efetividade de ações de revitalização dos recursos hídricos das regiões de abrangência do CPR-Furnas e do CPR-São Francisco e Parnaíba, mencionadas no art. 3º do Decreto nº 10.838/2021.



3. OBJETIVOS

Objetivo Geral

Simular, modelar e monitorar o aporte de sedimentos em reservatórios de usinas hidrelétricas da Eletrobras, nas bacias dos rios Grande, Paraíba do Sul e Paranaíba, utilizando inteligência artificial.

A implementação deste projeto permitirá conhecer de forma prática e digital o histórico de sedimentos e suas repercussões futuras (variação de volume útil, cenários de mudança climática por exemplo), cujo os resultados poderão ser utilizados no desenvolvimento de ações para contribuir com a revitalização dos recursos hídricos das três bacias e para gerar o aumento da recarga das vazões efluentes, além da ampliação da flexibilidade operativa dos reservatórios, conforme disposto na Lei 14.182/2021, de forma a garantir o uso prioritário e o uso múltiplo dos recursos hídricos.

Objetivos Específicos

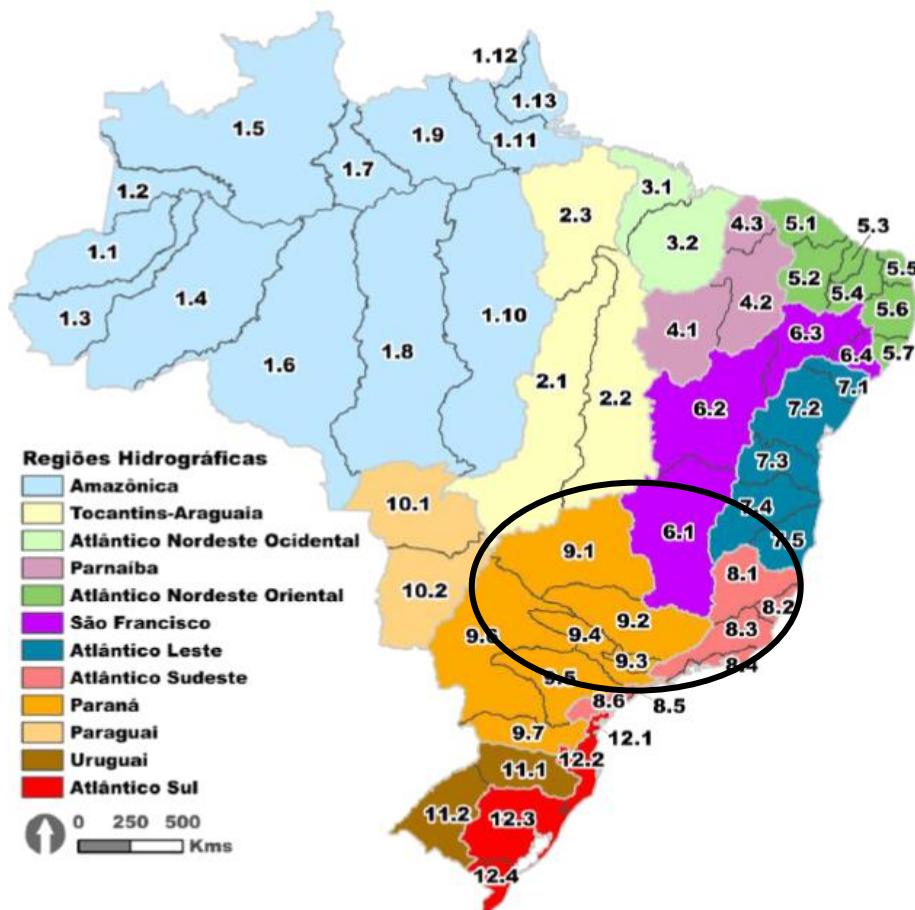
- a) Proporcionar um banco de dados estruturado, georreferenciado e facilmente acessível, abrangendo toda a cadeia de informações relacionadas à sedimentometria;
- b) Orientar a ação dos agentes de geração hidrelétrica, dos formuladores de políticas públicas e instituições reguladoras acerca da gestão das bacias hidrográficas e da operação de reservatórios, subsidiando, inclusive, a formulação de regras que confirmam resiliência e flexibilidade operativa aos reservatórios de geração hidrelétrica e ao SIN;
- c) Orientar equipes sobre regiões prioritárias para ações de reflorestamento, correção de processo erosivo e Educação Ambiental, possibilitando, inclusive, a formulação e a avaliação da efetividade das ações de revitalização dos recursos hídricos das bacias hidrográficas;
- d) Avaliar o comprometimento do volume útil de cada reservatório e possibilitar o prognóstico da evolução de seu assoreamento, para auxiliar na análise de riscos e otimizar a tomada de decisão, inclusive no que se refere aos momentos indicados para atualização dos levantamentos topobatimétricos, cujos custos são expressivos;
- e) Realizar simulações de eventos extremos associados às mudanças climáticas;
- f) Analisar a distribuição dos pontos de monitoramento e as contribuições do aporte de sedimentos em relação ao uso e ocupação do solo no entorno;
- g) Avaliar a repercussão das ações implementadas pelos programas de revitalização, no que tange o aporte de sedimentos (erosão, reflorestamento e educação ambiental).





4. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS AÇÕES

A presente proposta tem como foco, de acordo com o PNRBH as sub-regiões hidrográficas 9.2 – Grande, 8.3 – Paraíba do Sul e 9.1 – Paranaíba. Pretende-se atingir a totalidade dos 11 reservatórios das três bacias, sendo no rio Grande 5 reservatórios (Furnas, Luiz Carlos Barreto de Carvalho, Mascarenhas de Moraes, Marimbondo e Porto Colômbia), no rio Paraíba do Sul 3 reservatórios (Anta, Funil e Simplício) e no rio Paranaíba 3 três reservatórios (Batalha, Corumbá e Itumbiara).



A Bacia Hidrográfica do Rio Grande situa-se na Região Sudeste do Brasil, na divisa entre os Estados de Minas Gerais e São Paulo e possui área de drenagem de 143.094 km². Possui população de aproximadamente 9,4 milhões de habitantes distribuídos em 435 municípios, segundo o PNRBH.

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul que banha os Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais e pertence ao RH8 – Atlântico Sudeste, com uma área de drenagem de 66,870 mil km², distribuídos em 238 municípios.

A Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba é a segunda maior unidade da Região Hidrográfica do Paraná, ocupando 25,4% de sua área, e está localizada entre os paralelos 15° e 20° sul e os meridianos 45° e 53° oeste, com uma área de drenagem de 223,26 mil km², distribuídos em 210 municípios.



5. METAS, PRODUTOS/RESULTADOS ESPERADOS

Quadro 1 – METAS, PRODUTOS/RESULTADOS ESPERADOS

Meta	Produto	Resultado
Comissionamento SISED em rede	SISED implantado e acessível em rede	Área operacional para inclusão e manutenção de Banco de dados, com série histórica organizada e acessível. Possibilidade de acesso a ferramentas de modelagem e simulação de cenários frente as variações de concentração de sedimentos. Visão do nível de comprometimento do volume útil do reservatório.
Upgrade do SISED – Revisão da IA	Atualização dos modelos implementados no SISED em 2023.	Upgrade SISED – Alinhamento com o desenvolvimento em IA
Input de dados, simulação e modelagem das UHE Itumbiara, UHE Batalha e Corumbá – Bacia do Paranaíba	SISED concluído para UHE Itumbiara, UHE Batalha e Corumbá	Visão do nível de comprometimento e o risco de assoreamento do reservatório. Possibilidade de tomada de decisões quanto à gestão e manejo da bacia.
Input de dados, simulação e modelagem das UHE Furnas, Porto Colombia e Luiz Carlos Barreto de Carvalho – Bacia do Grande (Parte I)	SISED concluído para UHE Furnas, Porto Colombia e Luiz Carlos Barreto de Carvalho	Visão do nível de comprometimento e o risco de assoreamento do reservatório. Possibilidade de tomada de decisões quanto à gestão e manejo da bacia.
Input de dados, simulação e modelagem das UHE Mascarenhas de Moraes e Marimbondo – Bacia do Grande (Parte II)	SISED concluído para UHE Mascarenhas de Moraes e Marimbondo	Visão do nível de comprometimento e o risco de assoreamento do reservatório. Possibilidade de tomada de decisões quanto à gestão e manejo da bacia.
Input de dados, simulação e modelagem das UHE Simplício, Anta e Funil – Bacia do Paraíba do Sul	SISED concluído para UHE Simplício, Anta e Funil – Bacia do Paraíba do Sul	Visão do nível de comprometimento e o risco de assoreamento do reservatório. Possibilidade de tomada de decisões quanto à gestão e manejo da bacia.
Entrega do Aplicativo e software SISED ELETROBRAS para uso de gestores públicos e entidades de interesse	Software e Ferramenta de bolso para cumprir duas funções: Carregamento de dados por equipe de campo e laboratório; ferramenta com dashboard para acesso à informação	Conhecimento sobre os recursos hídricos do Brasil na palma da mão e de forma customizada. Segurança hídrica.
Conclusão do Manual de Operação SISED	Manual de Operação SISED	Documento consolidado sobre desenvolvimento, uso e aplicação do SISED, em formato de arquivo controlado.
Treinamento da Equipe	Número de pessoas treinadas	Alimentação adequada do sistema e sustentabilidade operacional.
Proposta de metodologia para acompanhamento do processo de assoreamento de reservatórios, nos termos	Relatório com a proposta metodológica de acompanhamento dos	Otimização do processo de acompanhamento do processo de assoreamento de reservatórios,



Meta	Produto	Resultado
do art. 8º da Res. Conjunta ANA e ANEEL nº 127/2022, relacionada à CP-12 do PRR	processos de assoreamento de reservatórios	inclusive dos custos para atualização dos levantamentos topobatimétricos

6. PÚBLICO BENEFICIÁRIO

Beneficiários diretos:

- Gestores públicos: será possível prover as instituições públicas com informação confiável sobre a capacidade de armazenamento de água dos reservatórios e perspectivas de assoreamento, permitindo assim o melhor direcionamento de ações sobre planejamento, gestão, regulação e preservação e revitalização de recursos hídricos, em especial no que se refere à operação dos reservatórios de geração hidrelétrica do SIN
- Sociedade presente na área: a gestão adequada dos recursos hídricos trará benefícios para todos, em especial sob o aspecto de segurança e disponibilidade hídrica e energética;
- Setor elétrico brasileiro: aumento dos níveis de confiabilidade dos prognósticos de operação dos reservatórios de geração hidrelétrica, proporcionando flexibilidade operacional e resiliência ao SIN, otimização dos usos da água e, por consequência, aumentado os níveis de segurança hídrica;
- Atores dos usos múltiplos: segurança e disponibilidade hídrica.

Beneficiários indiretos:

- População em geral, beneficiada por programas de revitalização de bacias hidrográficas com maior chance de sucesso, bem como pela otimização da operação dos reservatórios do SIN, proporcionado pelo aumento do nível de conhecimento sobre os processos de perda de solo e assoreamento de reservatórios.
- Usuários dos recursos hídricos: a continuidade do projeto promoverá, a curto e médio prazo, melhor avaliação do aporte de sedimentos localizados nas bacias dos rios Grande, Paraíba do Sul e Paranaíba e, consequentemente, melhoria no



conhecimento sobre a real disponibilidade hídrica na região, podendo ser estendido para outras localidades.



7. METODOLOGIA

A estrutura de dados do SISED está projetada para armazenar informações primárias e secundárias que possuem interface com o fenômeno de hidrossedimentometria, de modo a converter dados em informações estratégicas para processos decisórios sobre manejo de bacia hidrográfica e segurança hídrica. Para tanto, há a necessidade de se cumprir algumas etapas, sendo estas:

- Comissionamento em rede: atualmente a ferramenta SISED não se encontra acessível em rede. Esta etapa deve ser cumprida atendendo a todas as recomendações de segurança de dados, de forma a permitir a interação com as áreas que podem colaborar e serem usuárias do sistema.
- Atualização da estrutura de IA: a área de inteligência artificial passa por constantes modernizações, a época da contratação é de suma importância que seja verificada a disponibilidade de técnicas de *machine learning* para que se verifique se a biblioteca de modelos empregados está condizente com as melhores práticas.
- Organização dos dados: resgate de dados históricos dos empreendimentos, organização e processamento das informações.
- Processamento de dados: simulação de cenários, obtenção de outputs – percentual de comprometimento do reservatório - assoreamento, curva chave;
- Conclusão do Aplicativo SISED para acesso em aparelhos celulares e tablets, inclui o ajuste de dashboard para acesso público e interno;
- Manual de operação SISED e treinamento da equipe: capacitação da equipe para utilização da ferramenta, para analistas e gerentes;
- O SISED terá versão acessível para a população que poderá acompanhar os resultados que sejam considerados de interesse público pelo regulador. Por outro lado, o regulador terá acesso a solução de forma completa: Software e APP.

A elaboração do “*Relatório com a proposta metodológica de acompanhamento dos processos de assoreamento de reservatórios*”, deverá ser realizada sob coordenação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA, em articulação com a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, conforme governança da ação CP12 do PRR.





8. ESTIMATIVA DE CUSTOS

ITEM	VALOR (R\$)
Elaboração do Anexo II (45 dias)	50.000,00
Recursos Humanos ¹	9.250.000,00
Material de Consumo ²	1.000.000,00
Viagens e Diárias ³	750.000,00
TOTAL GERAL	11.050.000,00

¹ Especialistas nas áreas de ciências ambientais, recursos hídricos, geotecnia, cartografia, processamento de dados, modelagem matemática e computacional;

² Cartas geoespaciais, imagens de satélite, papelaria; divulgação de resultados em meios técnicos;

³ Deslocamentos da equipe para atividades de aquisição de dados, organização documental in loco, reuniões de equipe, treinamentos.

Taxa de desembolso anual (%)		
1º ano	2º ano	3º ano
40	40	20



9. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- ANA/ANEEL. Resolução Conjunta ANA/ANEEL nº 3/2010. Brasília, DF, 2010;
- Decreto nº 10.838/21;
- Lei 14.182/21;
- Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS);
- ONS. Capacidade Instalada no SIN (Sistema Integrado Nacional) - 2022/2026 - O Sistema em Números. 2022;
- Plano Nacional de Revitalização de Bacias Hidrográficas (PNRBH);
- Plano de Recuperação dos Reservatórios de Regularização de Usinas Hidrelétricas do País (PRR);
- Resolução nº 2 de 28/12/23;
- Resolução Conjunta ANA ANEEL nº 127/2022 de 26/07/22.





ANEXO I

Modelagem do aporte de Sedimentos em Reservatórios de geração de Energia: Aplicação nas usinas da Eletrobras - Bacias dos Rios Grande, Paraíba do Sul e Paranaíba

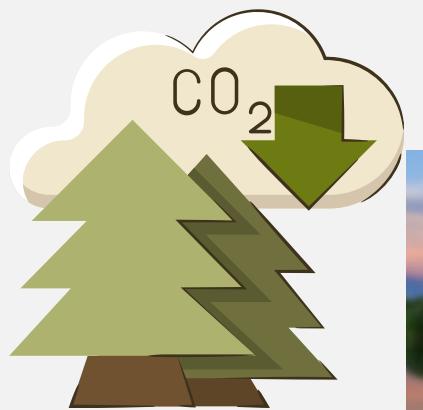


Prêmio CREA/CONFEA
Sustentabilidade 2023



GERÊNCIA EXECUTIVA DE ENGENHARIA DE IMPLANTAÇÃO SUDESTE - EEFS
Diretoria de Engenharia de Implantação dos Fundos Regionais - EEF
Vice-Presidência de Engenharia de Expansão - VEE

Contexto

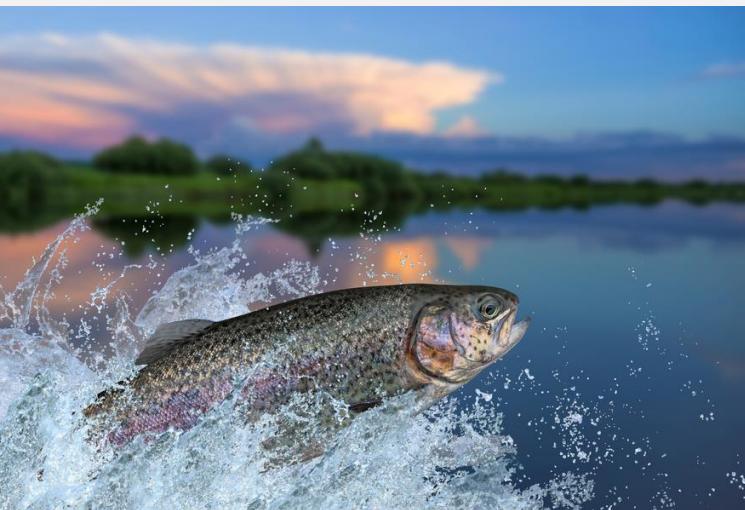
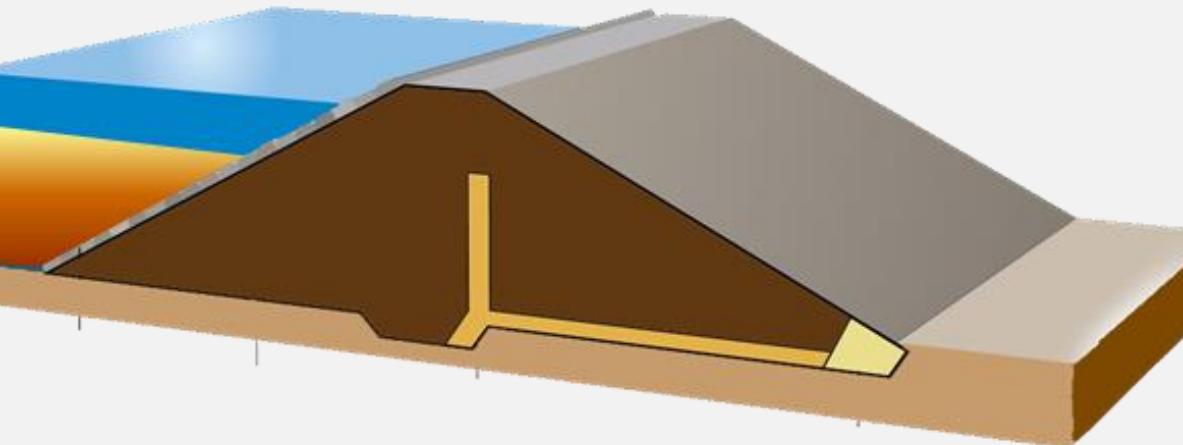


MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



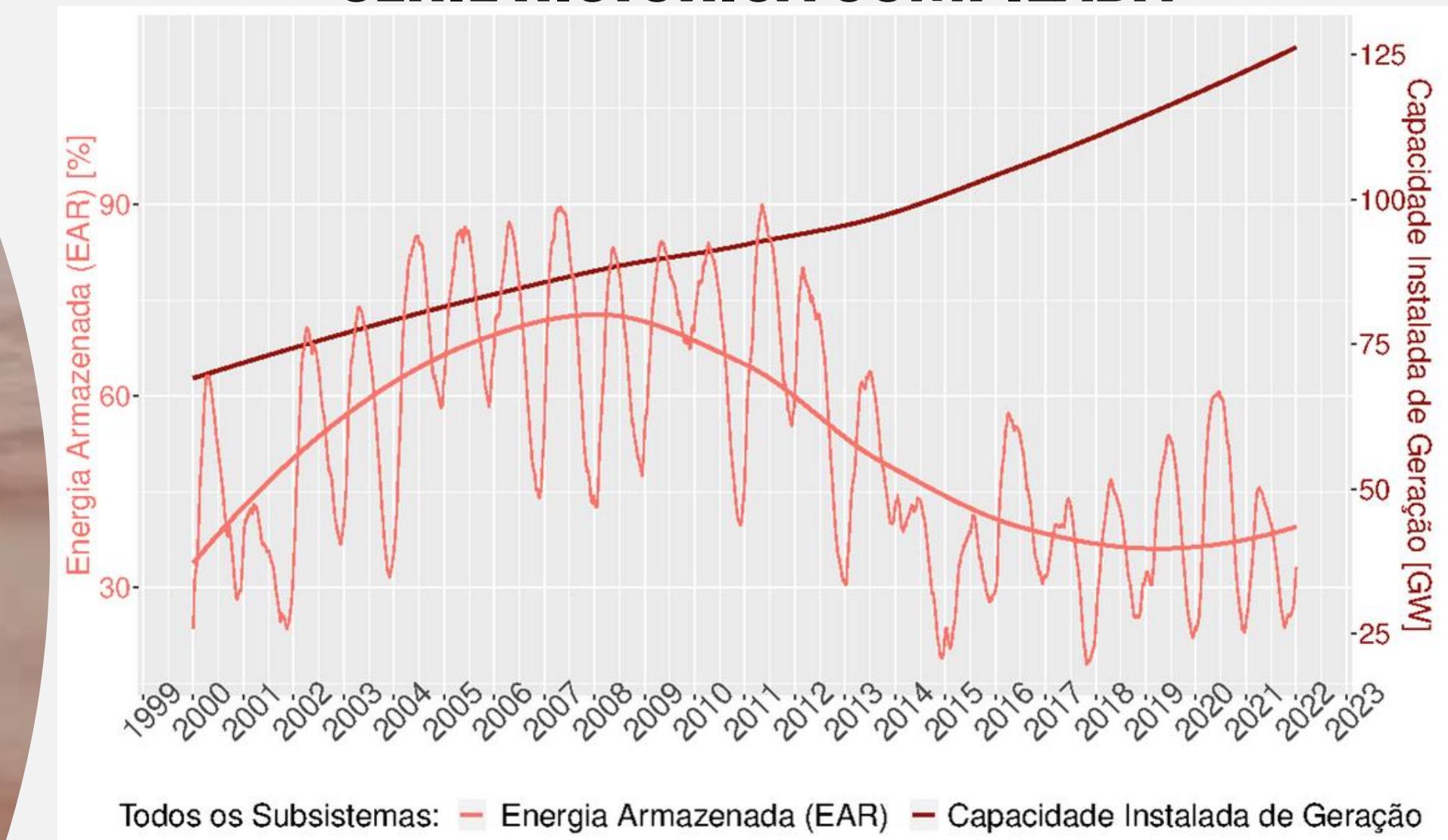
Eletrobras

USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA



Contexto

ENERGIA ARMAZENADA (EAR) X POTÊNCIA INSTALADA SÉRIE HISTÓRICA COMPILADA



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Eletrobras

(ONS, 2022)

Contexto



Ref. [3] presented changes in the capacity of 47 reservoirs in Poland that are key objects of protection against hydrological floods and drought. Since the beginning of the operation (average operating time of 48 years), the capacity has decreased by around 5%, which means that almost 200 million m³ less water is stored.

Article

Water Availability Assessment from Power Generation Reservoirs in the Rio Grande Operated by Furnas, Brazil

Marta Pereira da Luz, Jefferson Lins da Silva, Edna Lizeth Higuera-Castro and Luciano Ferreira Ribeiro



Estima-se, no Brasil, perda de 0,5% ao ano de volume armazenado de água. Essa taxa anual corresponde a aproximadamente 2×10^9 m³ de perda de volume de água. (Carvalho et al., 2000)

CARVALHO, N. O.; FILIZOLA JÚNIOR, N. P.; SANTOS P. M. C.; LIMA, J. E. F. W. Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios. Brasília. ANEEL, 2000. 140 p.

REFERÊNCIAS



6. Adaptations to Reduce Vulnerability and Increase Resilience

Soito and Freitas [30] suggested that, in addition to the management of Brazilian reservoirs in terms of optimisation and adaptation to climate change, other measures should be taken into account for planning, execution and control phases of the plants, namely: establishment of an orderly use of the soil in the drainage basin; conservation of vegetation growth; regulation of the rivers flow and their tributaries; and the controlled disposal of industrial waste. It should also be considered the monitoring

Review

An Overview of Hydropower Reservoirs in Brazil: Current Situation, Future Perspectives and Impacts of Climate Change

Viviane De Souza Dias, Marta Pereira da Luz, Gabriela M. Medero and Diego Tarley Ferreira Nascimento





Eletrobras



Objetivo Geral

Simular, modelar e monitorar o aporte de sedimentos em reservatórios de usinas hidrelétricas da Eletrobras, localizadas nas bacias dos rios Grande, Paraíba do Sul e Paranaíba, utilizando inteligência artificial.



Objetivos Específicos

- Proporcionar um banco de dados estruturado, georreferenciado e facilmente acessível;
- Orientar a ação dos agentes de geração hidrelétrica, dos formuladores de políticas públicas e instituições reguladoras acerca da gestão das bacias hidrográficas e da operação de reservatórios;
- Orientar equipes sobre regiões prioritárias para ações de reflorestamento, correção de processo erosivo e Educação Ambiental;
- Avaliar o comprometimento do volume útil de cada reservatório e possibilitar o prognóstico da evolução de seu assoreamento;
- Realizar simulações de eventos extremos associados às mudanças climáticas;
- Analisar a distribuição dos pontos de monitoramento e as contribuições do aporte de sedimentos em relação ao uso e ocupação do solo no entorno;
- Avaliar a repercussão das ações implementadas pelos programas de revitalização, no que tange o aporte de sedimentos (erosão, reflorestamento e educação ambiental).

Aderência Legal



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Eletrobras



Lei 14182/2021 - Art.
6º

Decreto 10838/2021 (I a IX)

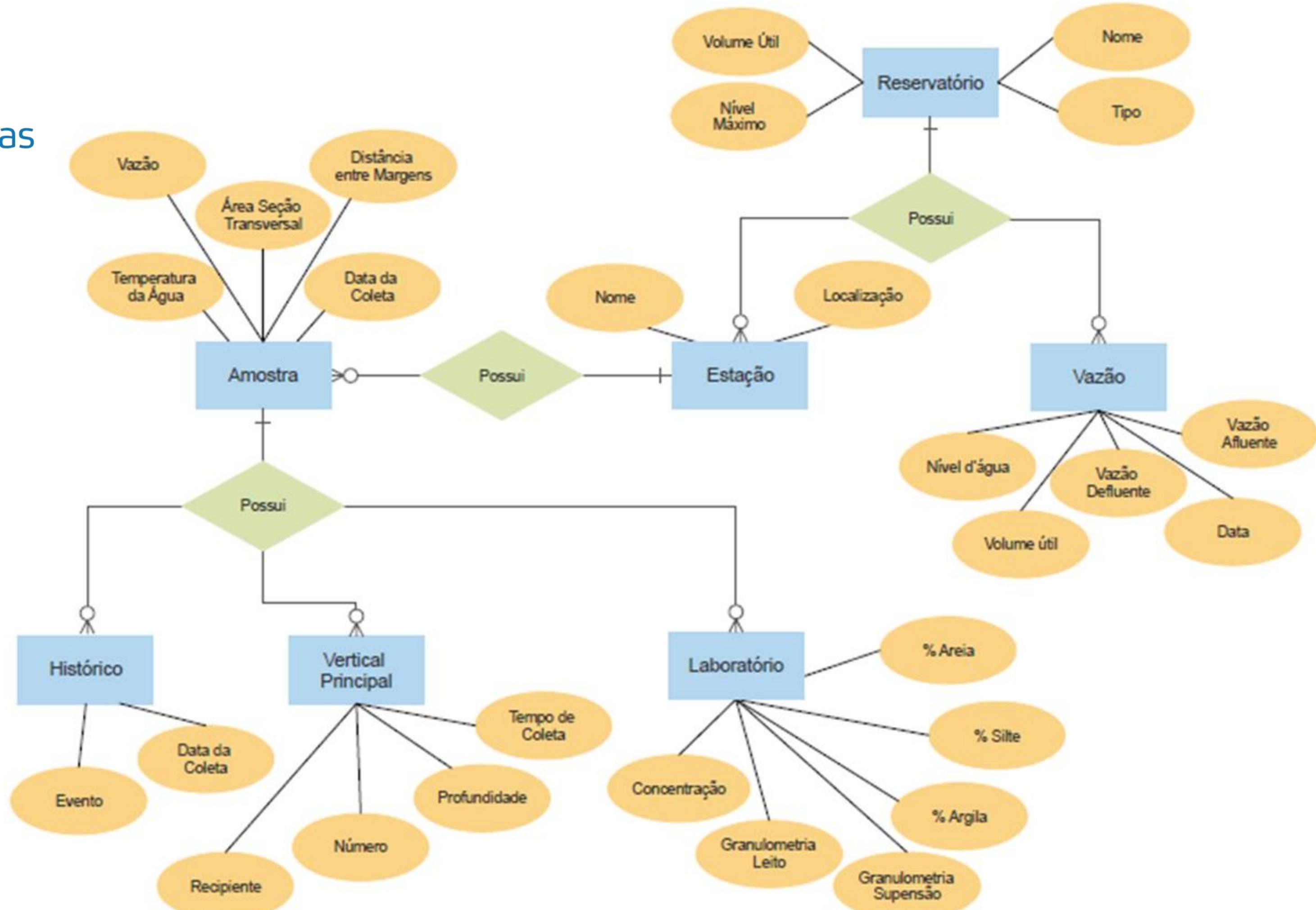
PNRBH: AT1, AT2, AT3

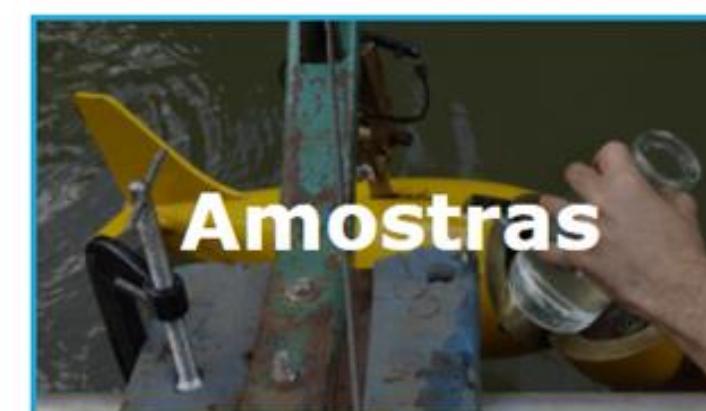
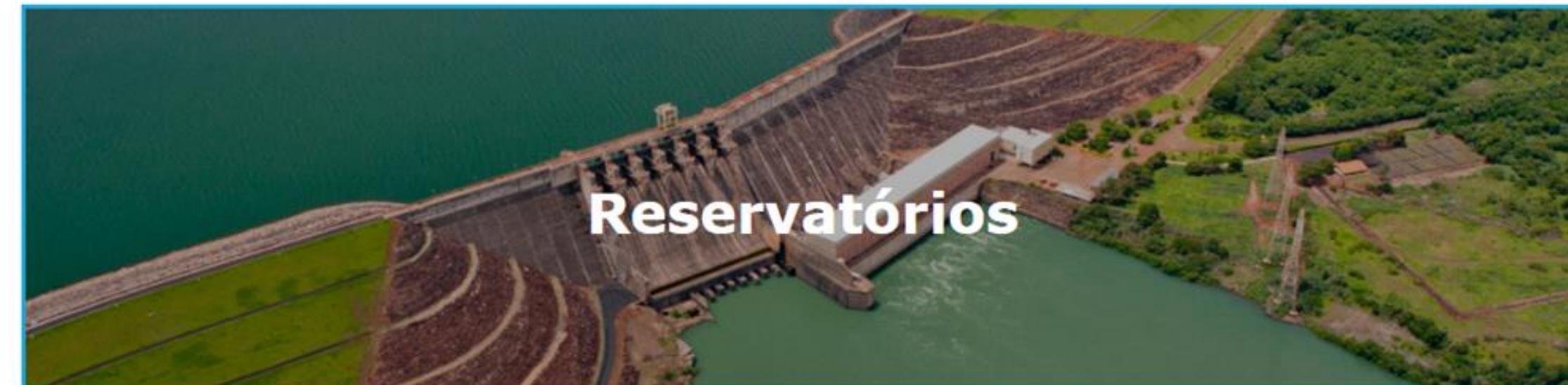
PRR: Aspectos físicos, dinâmica de operação e modelagem matemática. CP12

Resolução nº2/23 - CPR Furnas



P&D+I ANEEL
Sedimentos
(PD. PD-0394-1705/2017)

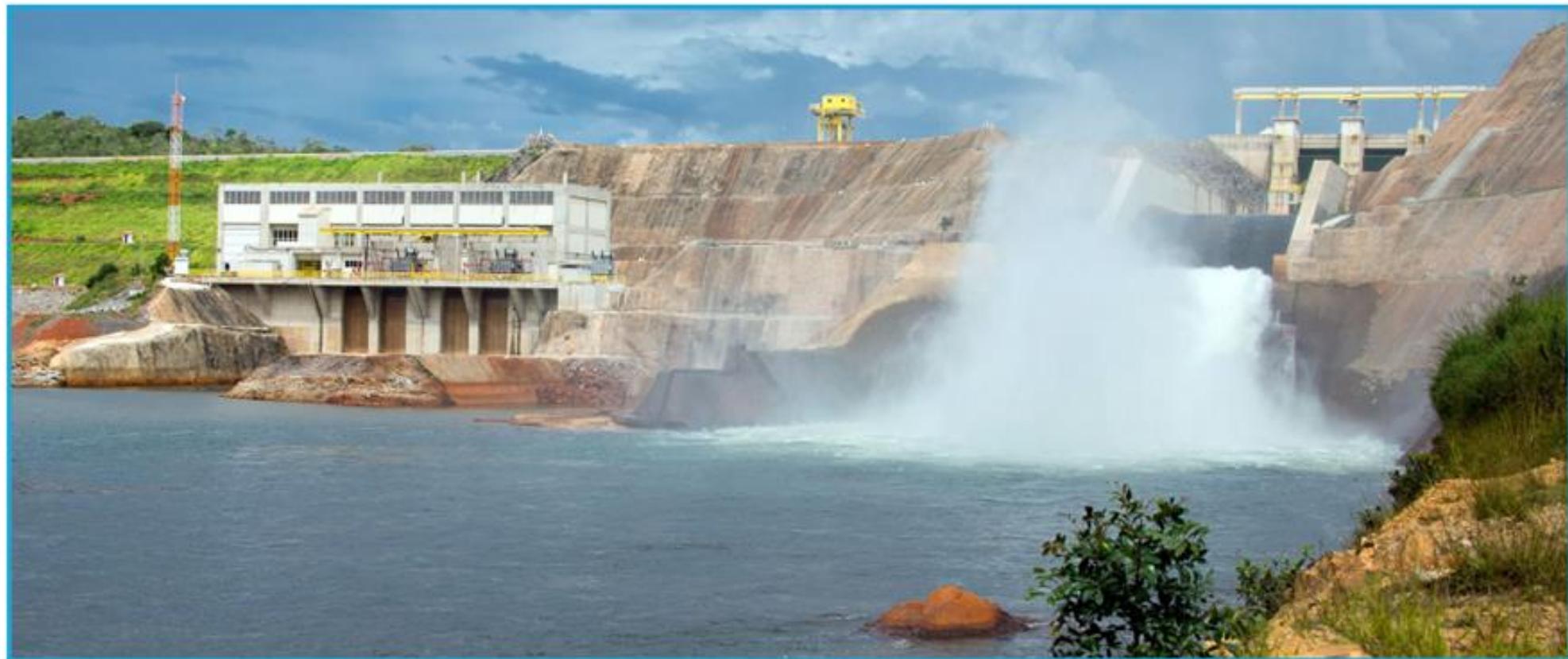




LISTA DE RESERVATÓRIOS

[Inserir](#) [Editar](#) [Apagar](#) [Ver](#) [Voltar](#)

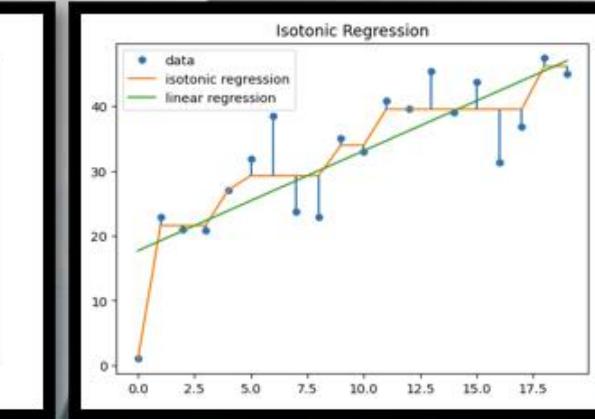
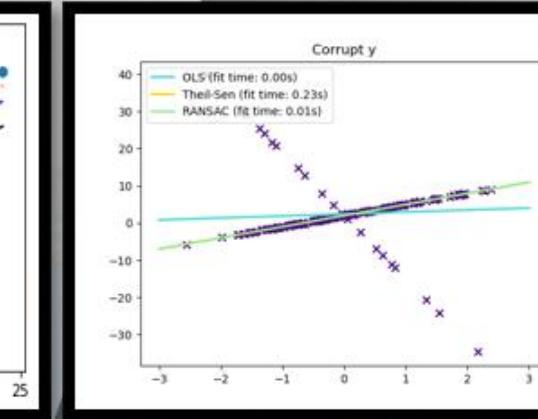
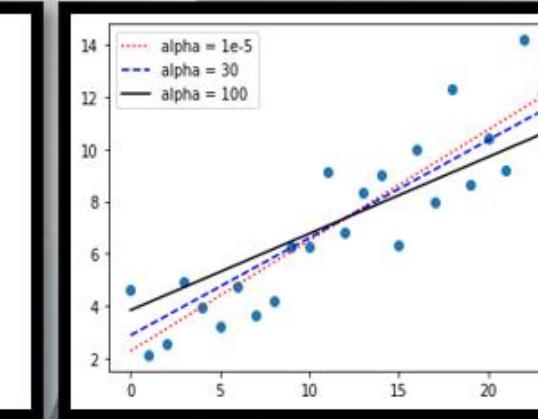
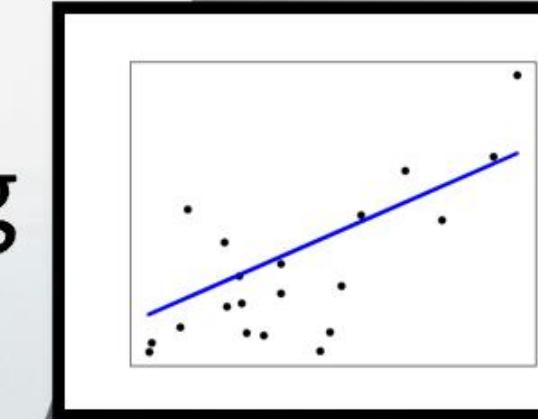
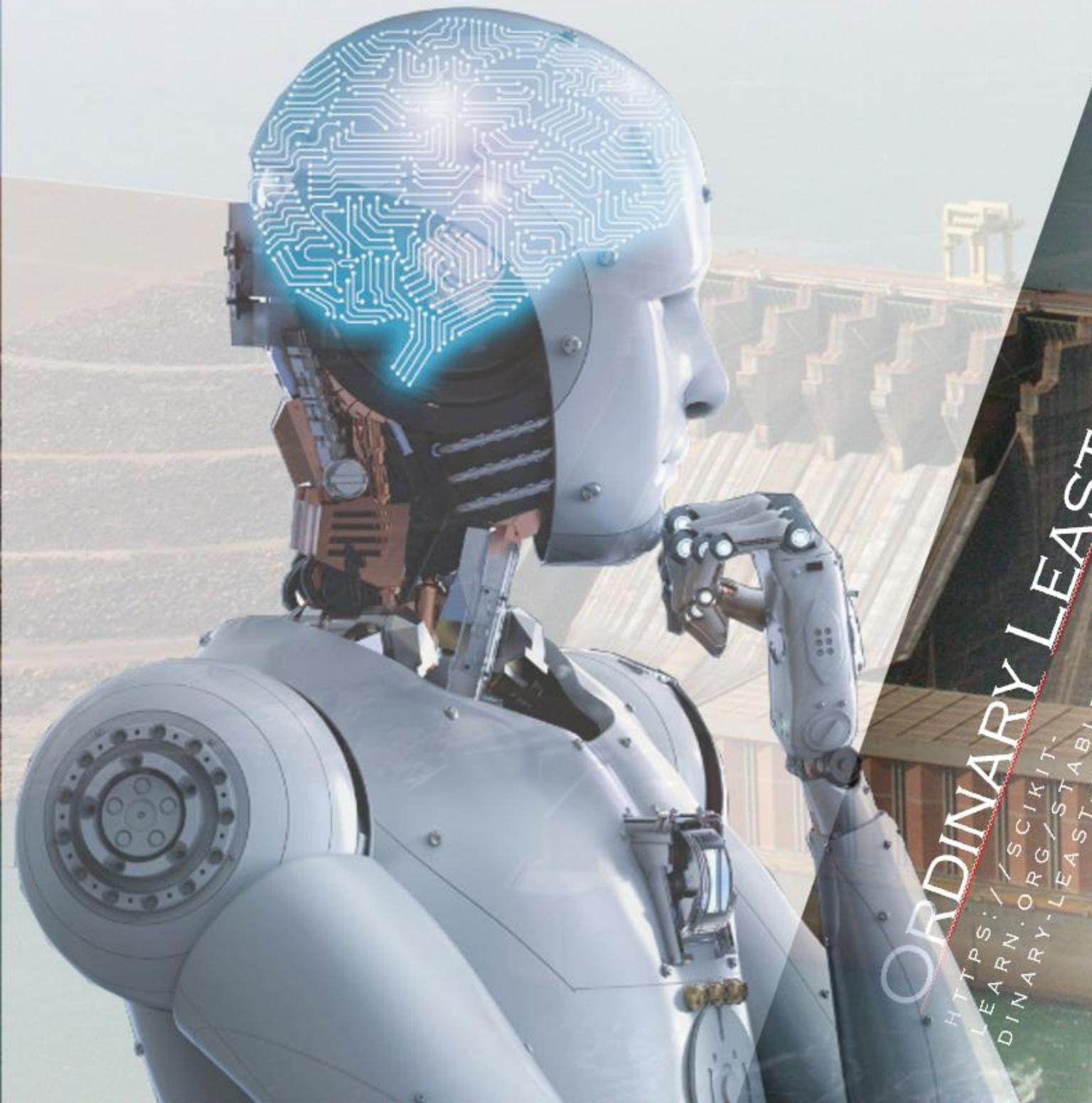
	Barragem					Reservatório							
	Nº	Nome do Reservatório	Tipo	Altura Máxima (m)	Vol Concreto (milhões m³)	Vol Argila (milhões m³)	Nível Normal Operação (m)	Nível Máximo (m)	Nível Desapropriação (m)	Nível Mínimo (m)	Área Inundada (km²)	Vol Total (hm³)	Vol Util (hm³)
▶ 1	UHE Itumbiara	Gravidade		106,00	1,80	31,50	520,00	521,20	522,20	495,00	798,00	17.000,00	12.454,00
▼ 2	UHE Batalha			0,00	0,00	0,00	800,00	801,00	0,00	785,00	138,13	1.781,61	1.351,53

[Imagem](#)[Resumo](#)

▶ 3	UHE Furnas			127,00	0,00	0,00	768,00	769,30	769,00	750,00	1.440,00	22.950,00	17.217,00
-----	------------	--	--	--------	------	------	--------	--------	--------	--------	----------	-----------	-----------

Ir para a página 1 Linhas exibidas 1-3 of 3 [«](#) [»](#)

Artificial Intelligence Machine Learning



ORDINARY LEAST SQUARES
<https://learn.org/stable/modules/linear-models/least-squares-linear-regression-and-classification.html#ols>

RIDGE REGRESSION
<https://learn.org/stable/modules/linear-models/ridge-regression.html>

THEIL-SEN REGRESSION
<https://learn.org/stable/modules/linear-models/theil-sen-regression.html>

ISOTONIC REGRESSION
<https://learn.org/stable/modules/linear-models/isotonic-regression.html>



SISED - Simulador

Amostras

Reservatório

UHE Itumbiara

Estações

Choose an option

Anos de Amostragem

Choose an option

Meses de Amostragem

Reservatório

UHE Itumbiara

Estações

Choose an option

Anos de Amostragem

Choose an option

Meses de Amostragem

Choose an option

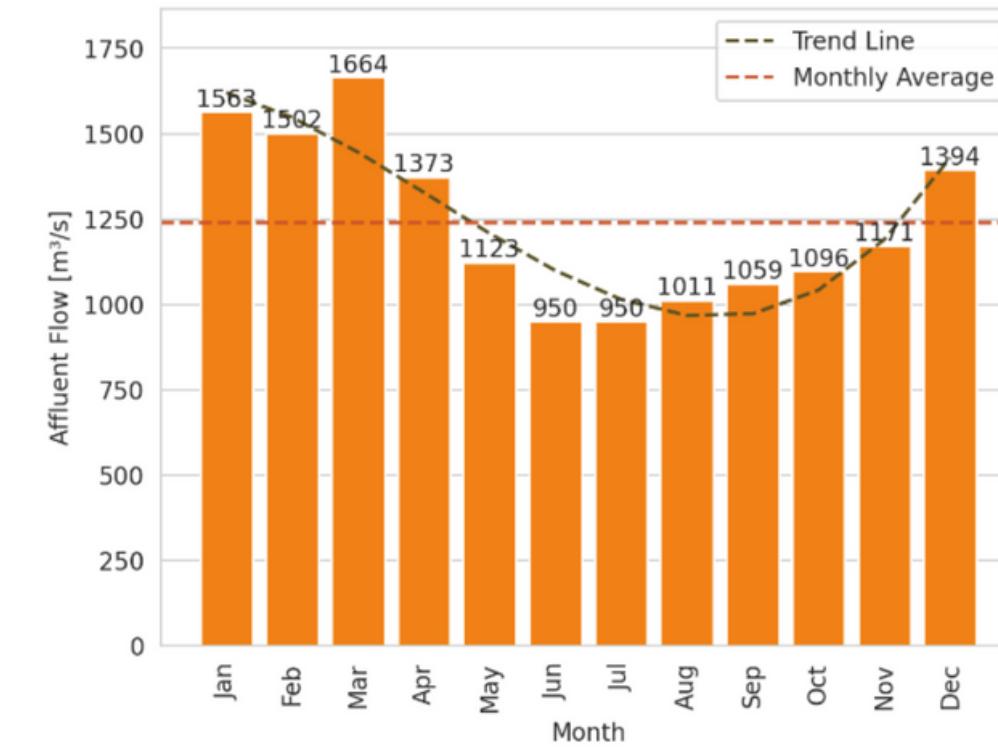
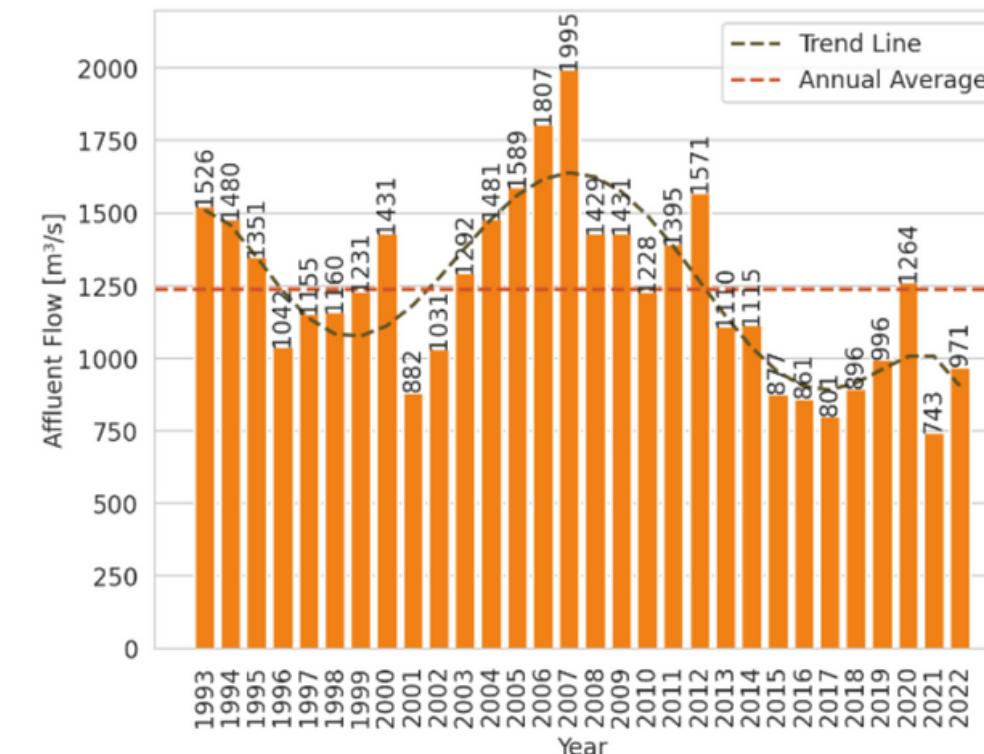
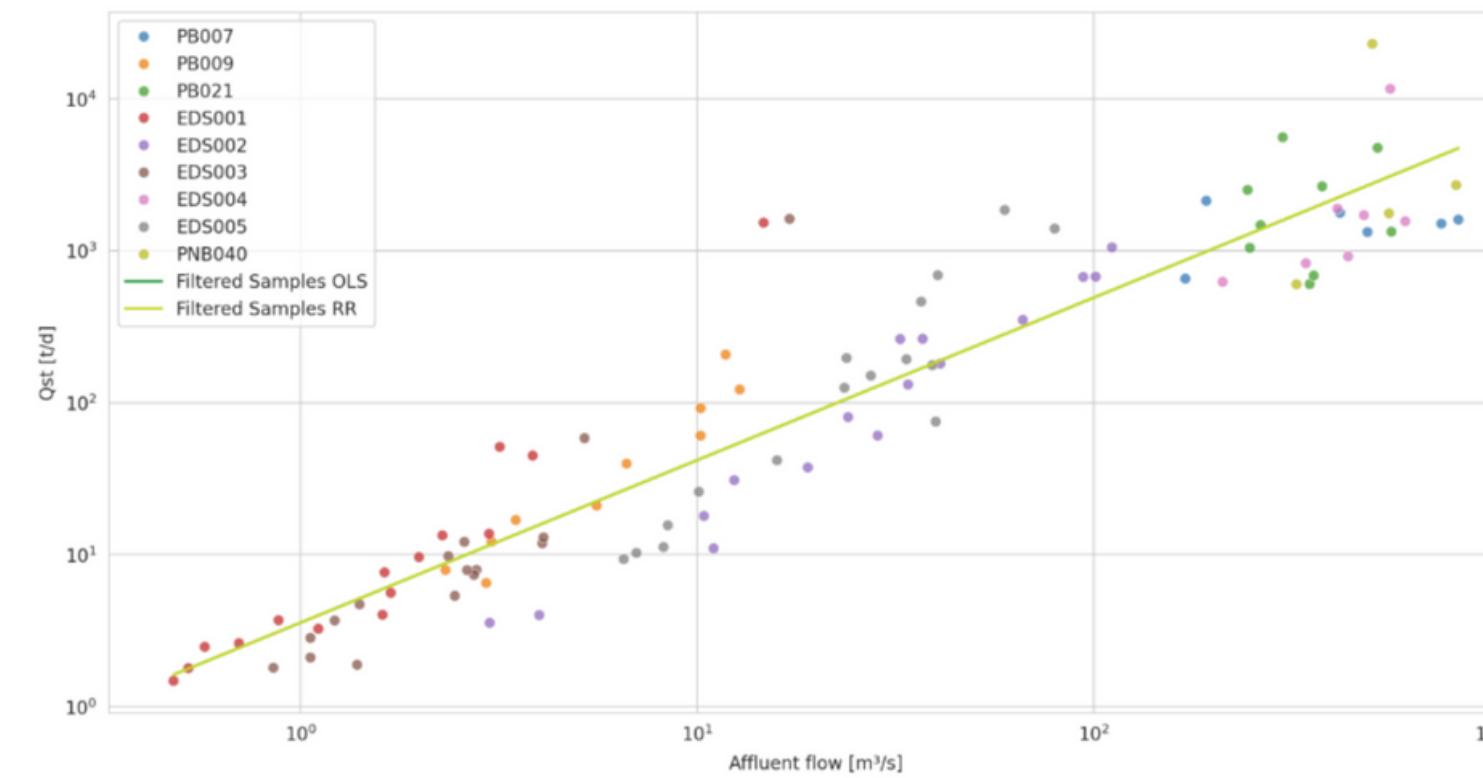
Condições

filtrar

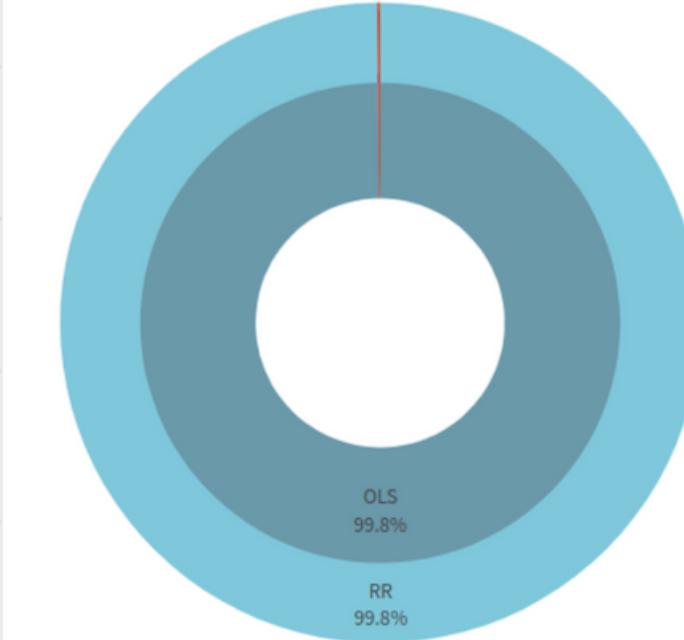
Vazao > 100 & Qst < 600

Vazao > 600 & Qst < 1500

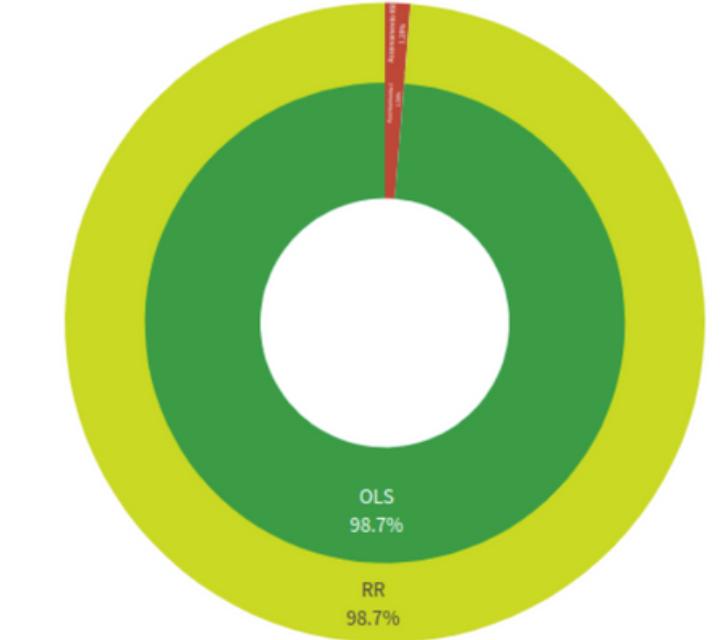
Vazao < 100 & Qst > 10000



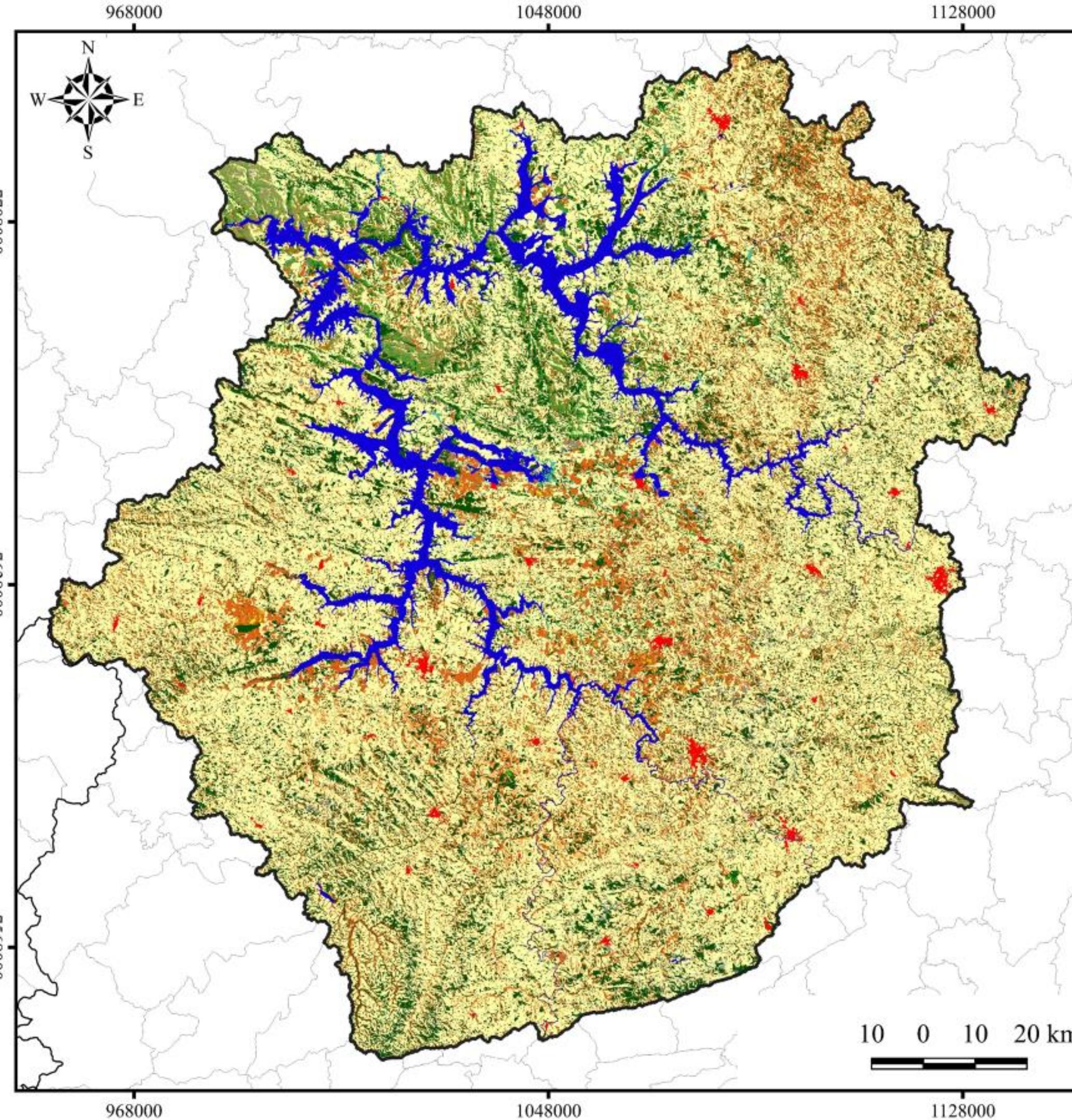
volume Util: Todas as Amostras (OLS x RR)



volume Util: Simulado (OLS x RR)



	Descrição	Valor Real	Valor Simulado
0	volume Reservatório [hm³]	12.454,00	12.454,00
1	Vazão Média Afluente Anual [m³/s]	1.238,58	1.238,58
2	volume Médio Afluente Anual [hm³]	39.059,80	39.059,80
3	Amostras Analisadas	142	99
4	MACHINE LEARNING MODEL	OLS	OLS
5	Descarga Sólida Média Afluente (Qst) [t/d]	1.273,04	10.839,82
6	volume Sedimento Médio Retido (hm³/ano)	0,42	3,61
7	Assoreamento OLS [%]	0,15	1,28
8	Equação Curva Chave	log(Qst)=0,4275 + 1,0710 log(Vazao)	log(Qst)=0,4275 + 1,0710 log(Vazao)
9	R squared	0,76	0,88

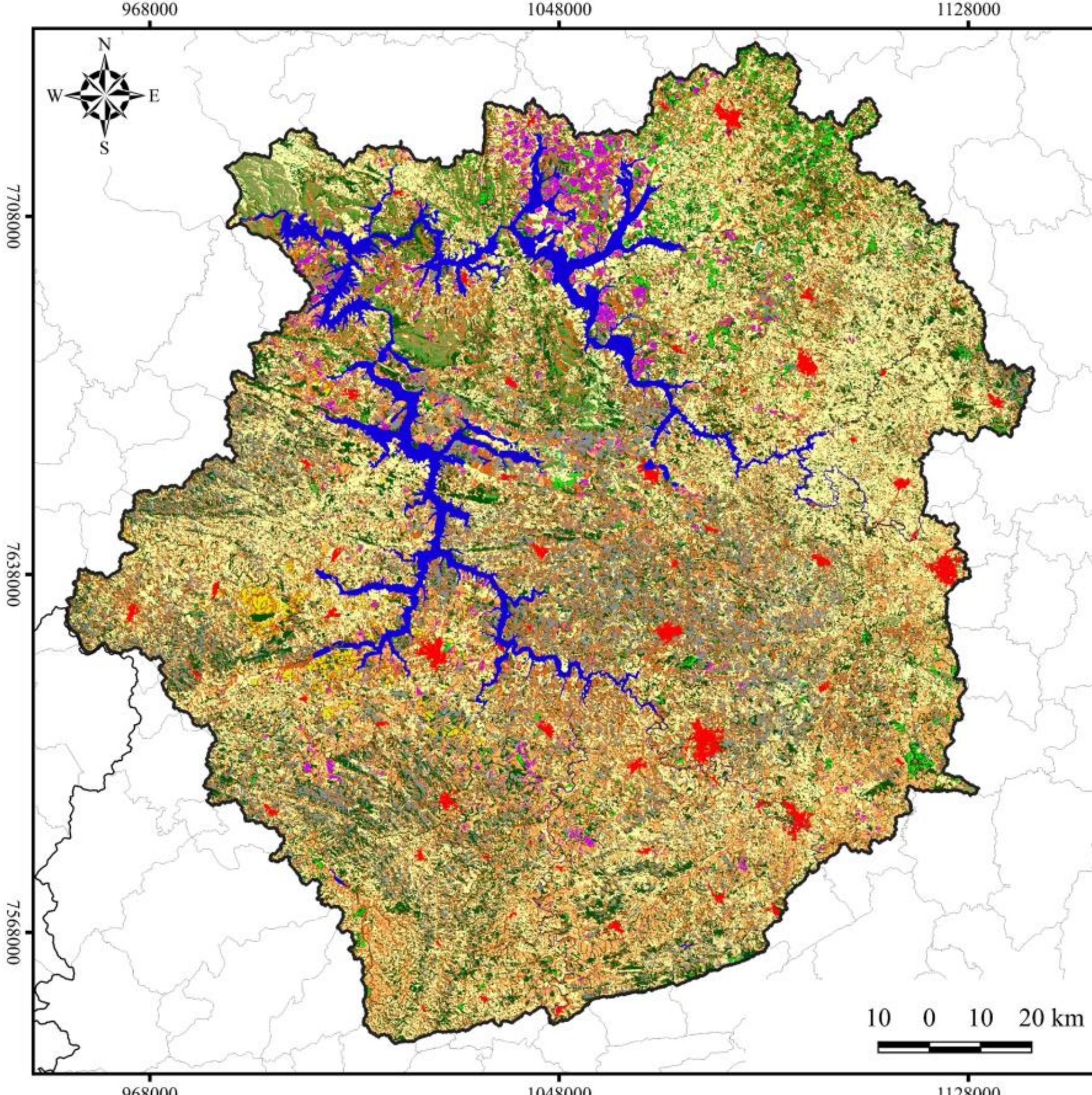


2020

- Uso antrópico consolidado, com 80,3%

- Substituição das áreas de pastagem por agricultura (49,5%)

- Pequeno incremento da formação florestal (de 6,2% para 8,1%) e diminuição da classe ocupada por corpos hídricos (de 7,5% para 6,3%)



MAPEAMENTO DA COBERTURA E USO DA TERRA PARA O ENTORNO DA UHE DE FURNAS (2020)

Legenda:

Entorno da UHE de Furnas
Divisa Estatal
Limites Municipais
Formação Florestal
Formação Savânica
Silvicultura
Campo Alagado e Área Pantanosa
Formação Campestre
Pastagem
Cana
Mosaico de Agricultura e Pastagem
Área Urbanizada
Outras Áreas não Vegetadas
Afloramento Rochoso
Mineração
Corpos D'água
Soja
Outras Lavouras Temporárias
Café

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso: 23 Hemisfério Sul
Datum: SIRGAS 2000
Fonte: IBGE; MapBiomass (6.0).
Organizador: SILVA, Izaias de Souza.
Data: 19/09/2021

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Eletrobras

Resultados CPR Furnas



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Eletrobras



Contribuir com a
Sustentabilidade de usos
múltiplos da água

Contribuir com a Energia
Firme e renovável para o país -
SIN

Permitir o Gerenciamento de
ações e investimentos na
mitigação de processos de
assoreamento

Fornecer subsídios para a atuação
de projetos de reflorestamento,
correção de processos erosivos e
educação ambiental

Contribuir com a Segurança
hídrica e prevenir desastres
naturais

CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

PRODUTOS/METAS

ANO 1

ANO 2

ANO 3

Comissionamento SISED em rede; acesso dados Empreendimentos (passados e atuais); revisão IA; UHE Itumbiara; UHE Batalha, UHE Corumba,

Conclusão SISED UHE Furnas, Porto Colombia e Luiz Carlos de Barreto Carvalho. Desenvolvimento de APP

Conclusão SISED UHE Mascarenhas de Moraes e Marimbondo

Conclusão SISED UHE Simplício, Anta e Funil

Conclusão APP SISED ELETROBRAS

Transferência, Treinamentos, Manual de Operação



CRONOGRAMA INVESTIMENTO

ITEM	VALOR (R\$)
Elaboração do Anexo II (45 dias)	50.000,00
Recursos Humanos ¹	9.250.000,00
Material de Consumo ²	1.000.000,00
Material Permanente ³	2.000.000,00
Viagens e Diárias ⁴	750.000,00
TOTAL GERAL	13.050.000,00

ANO 1

ANO 2

ANO 3

40%

40%

20%

R\$393.000,00/usina/ano

R\$32.800,00/usina/mês

- I - Especialistas nas áreas de : Ciências Ambientais, recursos hídricos, geotecnica, cartografia, processamento de dados, modelagem matemática e computacional;
- II - Cartas geoespaciais; Imagens de satélite; papelaria; divulgação de resultados em meios técnicos;
- III - Complementação de workstation; plataforma de armazenamento, etc.;
- IV - Deslocamentos da equipe para atividades de aquisição de dados, organização documental in loco, reuniões de equipe, treinamentos.

BENEFICIÁRIOS

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Eletrobras

- Gestores públicos;
- Sociedade presente na área de influência direta do reservatório;
- Sistema Elétrico Brasileiro;
- Público em Geral;
- Atores que utilizam de forma múltipla os reservatórios das usinas.



ANEXO I

Modelagem do aporte de Sedimentos nos Reservatórios das Usinas Hidrelétricas da Eletrobras - Bacias dos Rios Grande, Paraíba do Sul e Paranaíba



Prêmio CREA/CONFEA
Sustentabilidade 2023



GERÊNCIA EXECUTIVA DE ENGENHARIA DE IMPLANTAÇÃO SUDESTE - EEFS
Diretoria de Engenharia de Implantação dos Fundos Regionais - EEF
Vice-Presidência de Engenharia de Expansão - VEE