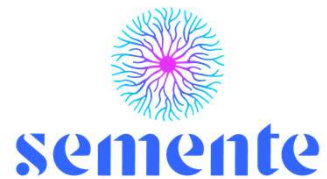


De olho no Velhas

Realização



Apoio



O Fórum Permanente São Francisco (FPSF) é uma entidade da sociedade civil sem fins lucrativos, criada em 2019 e constituída Instituto em 2023 com atuação em temas relacionados à sustentabilidade ambiental e proteção de ecossistemas.

Missão Institucional

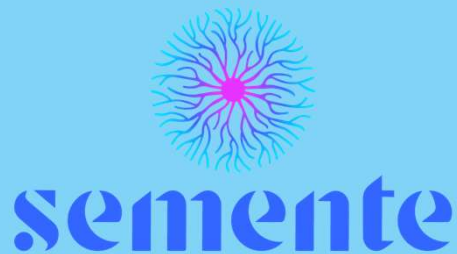
- Defender a integridade ambiental
- Promover desenvolvimento sustentável
- Incentivar o uso racional dos recursos naturais
- Desenvolvimento de políticas públicas ambientais

Abordagem de Trabalho

- Desenvolvimento de Estudos e Pesquisas
- Realização de análises técnicas e científicas
- Divulgação de informações técnicas e científicas

Plataforma Semente

Características e Processos



O projeto Semente: parceria entre o CeMAIS (Centro Mineiro de Alianças Intersectoriais e o Ministério Público de Minas Gerais (MPMG). Auxilia Promotores de Justiça do MPMG na seleção de projetos viabilizando acesso amplo e democrático às iniciativas.

Processo de Avaliação

- Triagem multidimensional:
 - Análise Jurídica
 - Avaliação Técnica
 - Verificação Financeira
 - Critério final: alcance de resultados esperados

Beneficiários

- Instituições do terceiro setor
- Comunidades impactadas pelos projetos
- Sociedade mineira como um todo

Diferencial Tecnológico

- Plataforma digital de amplo acesso e transparência nos processos seletivos
- Integração entre atores sociais e poder público

De olho no Velhas

Características

Equipe técnica
Euler Cruz e Márcia Boechat
Duração
14 meses

Parâmetros monitorados

- Vazões fluviométricas
- Precipitações pluviométricas

Aplicações dos resultados

- Fornecer base técnica para:
 - Revisão de políticas de outorga
 - Adequação de processos industriais
 - Gestão de crises hídricas
 - Identificação de cenários de secas prolongadas e eventos de precipitação extrema

Área de abrangência
Trecho do Rio das Velhas e seus principais afluentes, entre Ouro Preto e Raposos

Municípios monitorados
Raposos
Nova Lima
Itabirito
Rio Acima
Ouro Preto

Principais objetivos técnicos

- Identificar anomalias e tendências hidrológicas com base em séries históricas de dados
- Correlacionar variações de vazão com variações pluviométricas
- Avaliar riscos à segurança hídrica regional
- Avaliar o estado das principais estações flu/pluviométricas da Bacia do Alto Rio das Velhas.

Público-alvo

- Órgãos gestores de recursos hídricos
- Comitês de bacia hidrográfica
- Sociedade Civil, MPMG, ALMG, Prefeituras

De olho no Velhas

Atividades realizadas

Inspeção visual das 9 estações hidrometeorológicas selecionadas para verificação de:

- Integridade estrutural
- Vulnerabilidade a danos
- Acessibilidade
- Condições operacionais e de manutenção
- Situação do rio nos pontos de instalação

Coleta de dados hidrológicos

- **Fontes oficiais:** HIDROWEB (ANA) e HIDRO-TELEMETRIA (ANA)
- **Dados coletados:**
Séries históricas de *vazões* e *precipitações*
- Criação de banco de dados

Análise estatística das séries temporais para avaliação de:

- Consistência dos dados
- Completude das séries
- Períodos de registro disponíveis
- E por meio de várias metodologias estatísticas diferentes realizamos a avaliação e comparação de tendências e de anomalias

Campanhas de medição direta de vazões

- **Estações monitoradas:**
 - Raposos e Rio Acima
- **Objetivo:** validação dos dados da ANA
- **Executado por:** HIDROGEST
- **Períodos:** Agosto/2024 e Julho/2025
- **Foco:** áreas próximas à captação da COPASA (ETA Bela Fama)

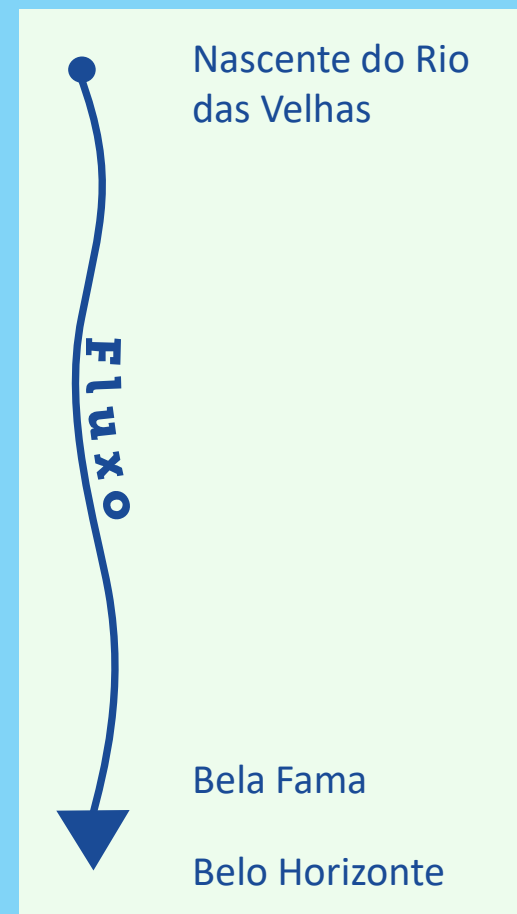
Documentação técnica produzida

- Relatórios de *visitas técnicas*
- Relatórios de *análise de dados*
- Diagnóstico consolidado

Estações hidrometeorológicas monitoradas e duração das séries

Fluviométrica (F), pluviométrica (P), convencional (C) e telemétrica (T)

Nome	Código ANA	Município
Fazenda Água Limpa Jusante (40 anos P-C., 30 anos F-C)	41151001	Ouro Preto
PCH Rio de Pedras Rio Maracujá (9 anos, F-T)	41153050	Ouro Preto
Itabirito Linígrafo (68 anos F-C, 40 anos P-C)	41180000	Itabirito
PCH Rio de Pedras Montante (14 anos F-T)	41152000	Itabirito
PCH Rio de Pedras Barramento (14 anos F-T)	41140080	Itabirito
PCH Rio de Pedras Rio Itabirito (9 anos F-T)	41180500	Itabirito
Rio Acima (7 anos F-T)	41195050	Rio Acima
Honório Bicalho (53 anos F-C)	41199998	Nova Lima
Dados auxiliares:		
Lagoa Grande (dos Ingleses) (83 anos P-C)		
Barragem das Codornas (48 anos P-C)		
Raposos (7 anos F-T)	41200430	Raposos



Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN)

Estrutura e Características

A Agência Nacional de Águas (ANA) coordena a Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), em parceria com entidades públicas e privadas. As estações de monitoramento estão registradas no banco de dados HIDROWEB E HIDRO TELEMETRIA, parte do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Outras estações são mantidas por diferentes instituições parceiras, como o Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM), Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM/MG) e Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN).

Capacidade operacional da RHN

- Total de estações registradas: >23.000 ativas
- Estações sob gestão direta da ANA: ~4.700
- Pluviométricas: >2.800
- Demais tipologias: ~1.900

Sistema de (Cadastro e) Identificação

- Codificação numérica padronizada
- Critérios de classificação:
 - Localização geográfica
 - Bacia hidrográfica de inserção

Tipologia de Estações

Código	Tipo de Estação	Característica Principal
F	Fluviométrica convencional	Réguas linimétricas
Fr	Fluviométrica automática	Linígrafos
D	Descarga líquida	Medição de vazão
S	Sedimentométrica	Análise de sedimentos
Q	Qualidade da água	Monitoramento físico-químico
P	Pluviométrica convencional	Chuva diária
Pr	Pluviográfica	Registro contínuo
E	Evaporimétrica	Medição de evaporação
C	Climatológica	Dados meteorológicos
Z	Piezométrica	Monitoramento de águas subterrâneas
T	Telemetria	Plataforma de coleta automática

Tipos de Estações e funcionamento

Estações Fluviométricas

Função principal: Medição de níveis e vazões em corpos d'água

Sistemas de medição

- Automáticos por sensores
- Leitura manual das réguas linimétricas por observadores locais

Transmissão de dados

- Rede celular
- Satélite

Infraestrutura complementar

- Plataformas de Coleta de Dados (PCDs) para armazenamento e transmissão
- Referências de Nível (RRNN) localizados próximo às réguas linimétricas com funções de manter cotas alinhadas ao plano de referência local e verificar nivelamento das réguas.

Estações Pluviométricas

Função principal: Registro de precipitação (mm)

Tipos

Convencionais:

- Equipamento: pluviômetro
- Leitura: manual diária por observadores

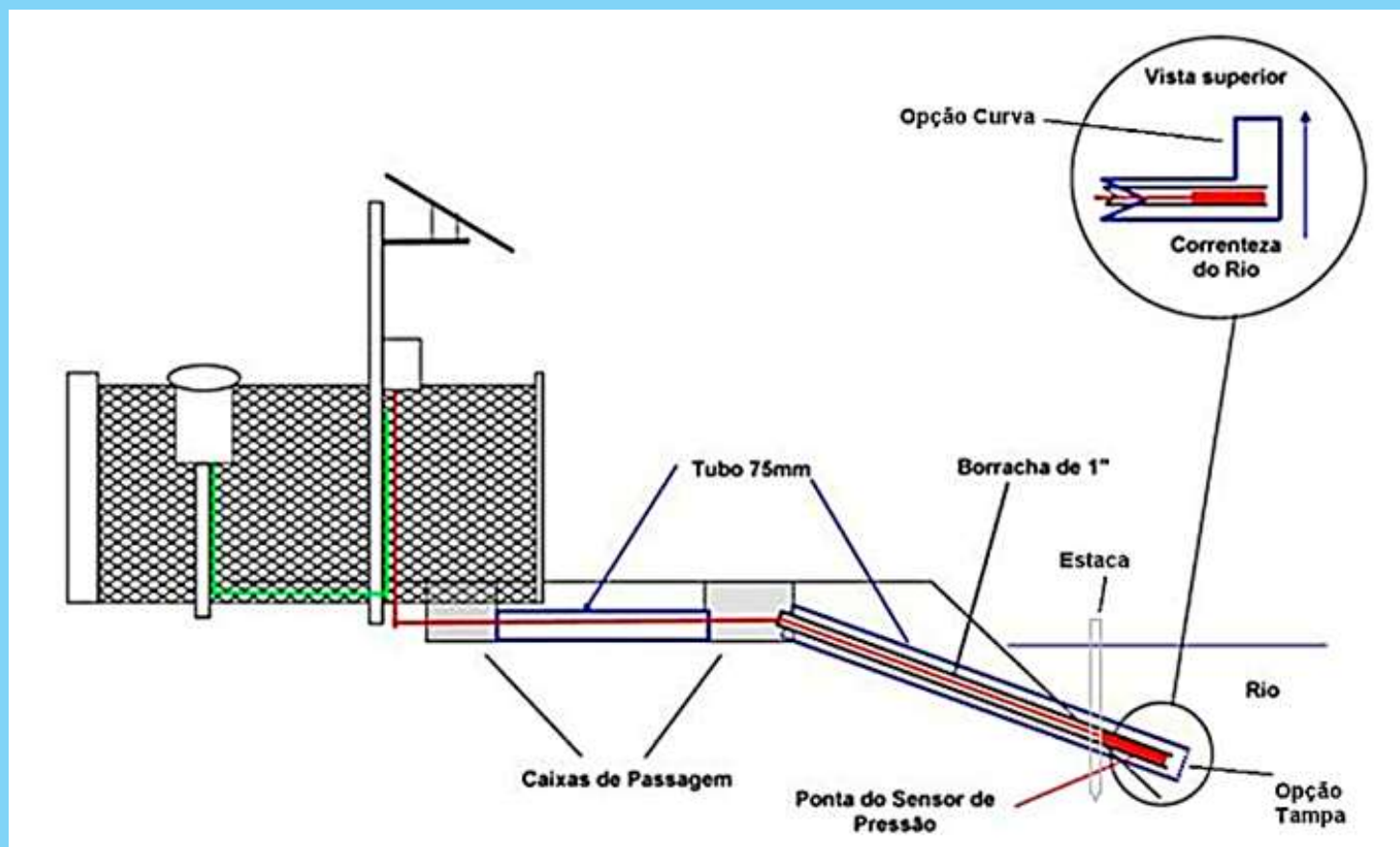
Automáticas:

- Equipamento: pluviômetro acoplado a sistemas eletrônicos
- Transmissão: via PCDs



Padrão construtivo do RN

Esquema típicos de Estações



**Esquema para
instalação do sensor
de pressão**

Fonte: Manual anual de procedimentos para a instalação, operação e manutenção de estações fluviométricas, Agência Nacional de Águas (ANA), 2016

Estação hidrometeorológica Raposos

(F-T) Início: 13/06/2017

Tipo da estação - **Fluviométrica**

Parâmetros monitorados

- Níveis e vazões do rio (fluviometria)
- Qualidade da água (parâmetros físico-químicos)

Sistemas de Medição

- **Convencional**

Leitura manual de réguas linimétricas (cotas do rio)

- **Automática/Telemétrica**

Transmissão em tempo real via Plataforma de Coleta de Dados (PCD)

- Sensor de nível do rio (telemetria)

Classificação na ANA (Código FDQT)

F – Fluviometria convencional
(réguas linimétricas)

D – Medição de descarga líquida (vazão)

Q – Qualidade da água

T – Estação telemétrica

(transmissão automática de dados)

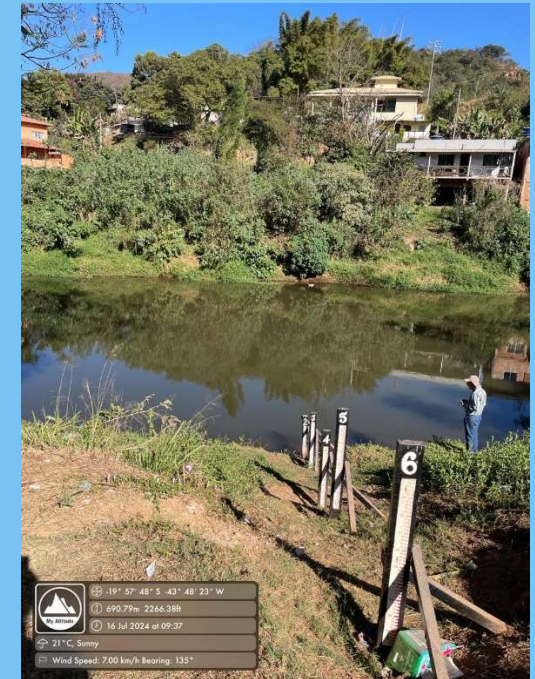
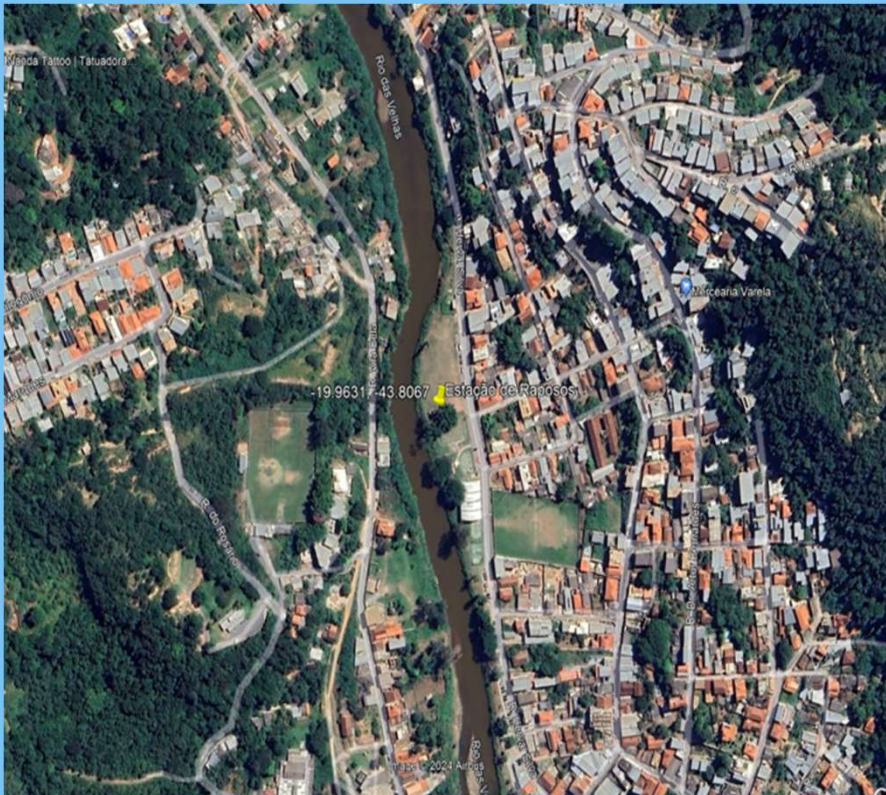
Frequência de Coleta e Transmissão

- Dados enviados ao sistema da ANA
a cada 15 minutos

Operação e Histórico

- Em funcionamento com telemetria desde **2017**

Estação hidrometeorológica Raposos



Estação de Raposos: Equipamentos de coleta e transmissão de dados e réguas linimétricas

Localização da Estação Fluviométrica Raposos

Estação hidrometeorológica Raposos



Localização
da Estação
Telemétrica de
Raposos

Alagamento da estação durante a enchente de janeiro de 2022

Área da Estação Telemétrica Cód. 41200430.

O nível da água nessa foto estava abaixo da caixa de Instrumentos do Sistema de Comunicação.

Fonte:

<https://www.youtube/watch?v=2KEz6TRNjpY>

Observação Apesar de estar localizada em local passível de alagamento, como o ocorrido em 2022, verificamos que a estação não foi reposicionada nem teve seus instrumentos instalados em poste de maior altura.

Estação hidrometeorológica Honório Bicalho

(F-C) Início: 27/04/1971 | Último dado: 30/11/2023

Tipo da estação - **Fluviométrica**

Localização e contexto

Situada no Rio das Velhas a jusante da estação de Rio Acima e a montante da estação de Raposos

Histórico operacional

- Início das medições: maio de 1971 (régua linimétrica)
- Série histórica mais antiga e completa do Alto Rio das Velhas
- Abrange mais de 50 anos de dados contínuos

Modernização (2014)

- Adição de estação automática pluviométrica/fluviométrica
- Substituição das régua de madeira por perfis “I”
- Medição simultânea de nível do rio e precipitação
- Transmissão telemétrica a cada 15 minutos

Desativação (30/11/2023)

- **Motivo principal:** instabilidade na curva-chave
- Problema mais acentuado em períodos de estiagem
- Decisão técnica conjunta SGB/CPRM e ANA

Estação hidrometeorológica Honório Bicalho



Estação Honório Bicalho, situada entre a foz do Ribeirão Macacos e a ponte sobre o Rio das Velhas



Réguas linimétricas



Antiga torre de coleta e transmissão de dados (Foto 18/10/2022)

Estação hidrometeorológica Rio Acima

(F-T) Início: 23/02/2017 - (P) Início: 01/05/1937

Tipo da estação **Fluviométrica/Pluviométrica**

Dados gerais

- **Ano de instalação:** 2017/1937
- Situada às Margens do rio, área central de Rio Acima

Classificação ANA (tipo FDQT)

- F – Fluviometria convencional (régua linimétrica)
- D – Medição de descarga líquida (vazão)
- Q – Monitoramento de qualidade da água
- T – Plataforma de Coleta de Dados automática/telemétrica
- De 1937 a 1957 a medição da pluviometria foi convencional e em 2021 foi instalado pluviômetro digital automático

Características técnicas

- Sistemas integrados: SACE (Sistema de Alerta de Eventos Críticos)

Relevância operacional

- Manutenção da série histórica pós-desativação de Honório Bicalho
- Entre as estações de Rio Acima e Raposos está localizada a ETA Bela Fama. Devido à captação de água do rio, pela COPASA, nesta ETA, as vazões horárias das estações apresentam diferença de valores. Essa diferença corresponde ao volume de água captado em Bela Fama.



Estação hidrometeorológica PCH Rio de Pedras Rio Itabirito

(F-T) Início: 15/05/2015

Tipo da estação **Fluviométrica**

Funcionalidades

- Medição automática de cotas/vazões do rio
- Transmissão telemétrica iniciada em 2015
- **Sistema complementar:** Régua linimétrica para medição convencional de cotas

Situação atual (2024)

- Interrupção dos dados: Último registro telemétrico no sistema **Hidro-Telemetria (ANA):** 03/04/2024
- Motivo da desativação: Retirada dos equipamentos pela **CEMIG** (antiga operadora até 2023) após venda da PCH para a **MANG**
- Pluviômetro não foi reinstalado
- Dados operacionais: Ainda não reintegrados ao sistema da ANA (após 03/04/2024)

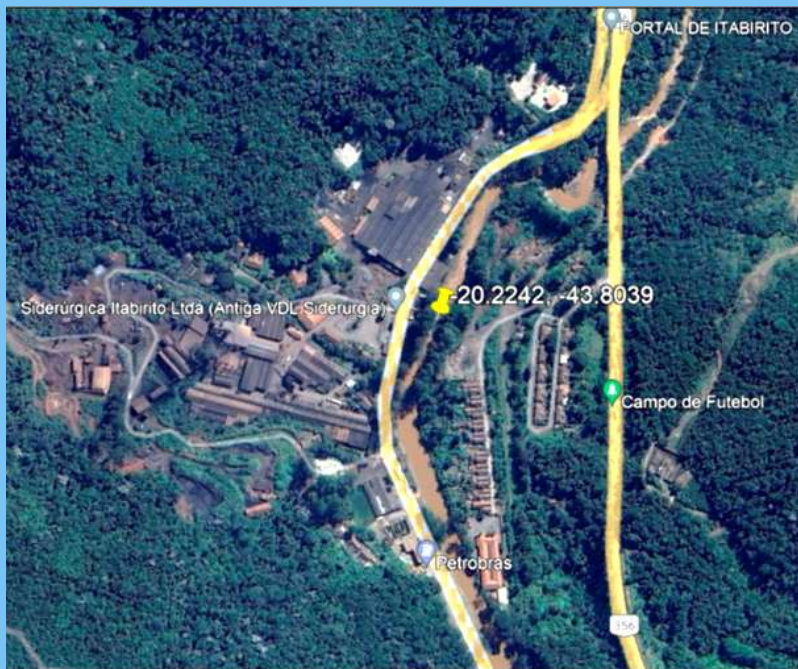
Mudanças na gestão

- **Mudança de proprietário:** A Cemig vendeu a PCH em 2023 para a **MANG Participações e Agropecuária** e em 2024, houve a venda de 80% dos ativos da MANG, para o **Grupo J&F**. Foi criada a **Âmbar Hidroenergia Ltda.**

- **Nova infraestrutura:** **MANG Participações e Agropecuária** instalou novos equipamentos telemétricos

Impacto: Desativação temporária e troca de equipamentos que podem afetar séries históricas dos dados hidrológicos

Estação hidrometeorológica PCH Rio de Pedras Rio Itabirito



**Localização da Estação Fluviométrica
PCH Rio de Pedras – Rio Itabirito**



**Equipamentos de coleta
e transmissão de dados**



**Edificações e árvores
próximas à PCD e
tubulação de
encaminhamento
de sensores**



**Réguas linimétricas a
montante da ponte
metálica sobre o rio**

Estação hidrometeorológica PCH Rio de Pedras Barramento

(F-T) Início: 04/02/2010

Tipo da estação **Fluviométrica**

Localização

Situada sobre a barragem da PCH Rio de Pedras, formando o lago Acuruí.

Histórico e características originais

- **Data de instalação:** 04/02/2010
- **Sistemas complementares:** Régua linimétrica para medição convencional de cotas do reservatório

Mudanças Operacionais
(Pós-Março/2024)

Nova operadora: **Âmbar Hidroenergia Ltda**

Alterações:

- Retirada dos equipamentos antigos pela CEMIG
- Instalação de novos dispositivos pela MANG

Capacidades atuais:

- Medição **convencional** (régua linimétrica)

Descontinuidade:

- Perda da telemetria para cotas/vazões (presente no sistema antigo)

Estação hidrometeorológica PCH Rio de Pedras Barramento



Localização da Estação na PCH Rio de Pedras – Barramento e lago Acuruí



Notar o assoreamento do reservatório e vertedouros à esquerda, foto acima



Pluviômetro posicionado sobre a barragem da PCH



Equipamentos de medição e transmissão (PCD), posicionados sobre a barragem da PCH

Estação hidrometeorológica PCH Rio de Pedras Montante

(F-T) Início: 04/02/2010

Tipo da estação **Fluviométrica**

Características técnicas

Início da telemetria: 04/02/2010

Atualização de equipamentos

- Recebeu novos equipamentos da Vetorlog (subcontratada da Mang)
- **Localização:** Próximo à estrada Acuruí/BR-356 (mesmo local da antiga estação da CEMIG)

Situação dos dados

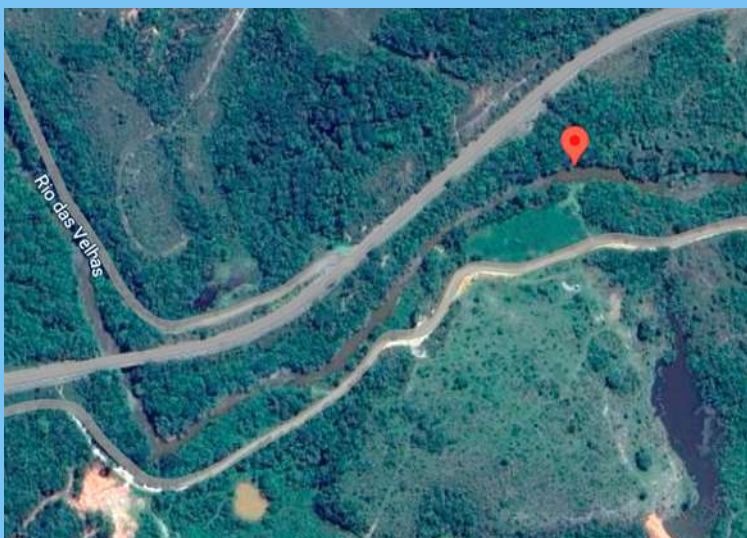
Dados disponíveis no sistema Hidro-Telemetria:

- Registros de 04/02/2010 até 03/04/2024 são completos, nível e vazão
- A partir de 03/04/2024 são registrados apenas dados de níveis, faltando os dados de vazões correspondentes

Observações

- A substituição de equipamentos pela Vetorlog manteve a localização original da estação
- A ausência de dados de vazão nos registros mais recentes requer verificação técnica

Estação hidrometeorológica PCH Rio de Pedras Montante



Localização da Estação na PCH Rio de Pedras – Montante



Abrigo dos equipamentos eletrônicos e pluviômetro; entrada da tubulação de sensores no rio e réguas linimétricas



Abaixo:
Réguas linimétricas



Estação hidrometeorológica **Itabirito** Linígrafo

(F-C) início em 27/06/1956 | (P-C) início em 01/01/1984

Tipo da estação

Fluviométrica/Pluviométrica

Histórico

Esta estação foi desativada no local original correspondente às coordenadas geográficas do portal da ANA e reinstalada em 2010 em outro local, nas proximidades. No Portal Hidro - Telemetria ainda constam as coordenadas antigas, tanto para a estação fluviométrica quanto para a pluviométrica.

Características da nova Estação

Sistemas de coleta

- Método convencional (leitura manual de réguas linimétricas)
- Método telemétrico (via Plataforma de Coleta de Dados - PCD)

Disponibilidade de dados

- **Portal HIDROWEB:** Cotas/Vazões Médias e pluviometria
- **Portal de Telemetria:** Atualização de nível e vazões a cada 15 minutos ativos desde 01/06/2022

Estação hidrometeorológica Itabirito Linígrafo



Localização da Estação Itabirito
Linígrafo nova: telemétrica e
convencional



Régua linimétrica



Equipamentos
da PCD



Pluviômetro
convencional

Estação hidrometeorológica PCH Rio de Pedras Rio Maracujá

(F-T) Início: 15/05/2015

Histórico

- Localizava-se às margens do Rio Maracujá.
- Durante visita ao local, foi constatada a desativação da estação
- A MANG informou que de acordo com a Resolução ANA/ANEEL nº 127/2022, houve redução no número de estações fluviométricas e pluviométricas em função das características dos empreendimentos hidrelétricos (potência, área de drenagem, etc.)
- No caso da PCH Rio de Pedras, foi prevista a exclusão de um ponto de monitoramento pluviométrico e um ponto fluviométrico.
- A estação PCH Rio de Pedras – Rio Maracujá foi desativada como parte desse processo de readequação em 09/09/2024.

Estação hidrometeorológica PCH Rio de Pedras Rio Maracujá



Localização da antiga estação no Rio Maracujá e réguas linimétricas

Estação hidrometeorológica Fazenda Água Limpa Jusante

(F-C) Início: 28/05/1994 | (P-C) Início: 18/01/1984

Tipo da estação

Fluviométrica/Pluviométrica

- Funcionamento
Transmissão telemétrica iniciada em maio de 1994
- Medição adicional
Medições convencionais de cotas por réguas linimétricas
- Dados telemétricos de precipitação e nível do rio atualizados, com registros em intervalos de 15 min



Estação Fazenda Água Limpa – Jusante localização. Imagem Google Earth

Estação hidrometeorológica Fazenda Água Limpa Jusante



Vista geral do equipamento de coleta e transmissão de dados e réguas linimétricas



Pluviômetro convencional



Dados considerados no banco de dados Fluviometria

Código ANA	Fluviometria (F)	Início	Último dado	Período em anos
41200430	Raposos	13/06/2017	31/05/2024	6,97
41195050	Rio Acima	23/02/2017	30/06/2024	7,35
41199998	Honório Bicalho	27/04/1971	30/11/2023	52,63
41180500	PCH Rio de Pedras Rio Itabirito	15/05/2015	03/04/2024	8,89
41180000	Itabirito Linígrafo	27/06/1956	30/09/2024	68,31
41140080	PCH Rio de Pedras Barramento	04/02/2010	04/11/2024	14,75
41152000	PCH Rio de Pedras Montante	04/02/2010	30/09/2024	14,66
41153050	PCH Rio de Pedras Rio Maracujá	15/05/2015	03/04/2024	8,89
41151001	Fazenda Água Limpa Jusante	28/05/1994	30/09/2024	30,36

Fonte: Portal
HIDROWEB/TE
LEMETRIA

Dados considerados no banco de dados Pluviometria

Código ANA	Pluviometria (P)	Início	Último dado	Período em anos
1943148	Raposos		Sem dados	
2043128	Rio Acima	01/05/1937	13/10/1957	20,47
2043016	Honório Bicalho		Sem dados	
2043077	PCH Rio de Pedras Rio Itabirito		Sem dados	
2043060	Itabirito Linígrafo	27/01/1984	13/04/2024	40,28
2043065	PCH Rio de Pedras Barramento		Sem dados	
2043076	PCH Rio de Pedras Montante		Sem dados	
2043078	PCH Rio de Pedras Rio Maracujá		Sem dados	
2043002	Lagoa Grande (MMV) (Lagoa dos Ingleses)	01/01/1941	31/05/2024	83,47
2043056	Fazenda Água Limpa Jusante	18/01/1984	01/06/2024	40,40

Fonte: Portal
HIDROWEB/TE
LEMETRIA

Níveis das águas subterrâneas

O projeto visava identificar *poços piezométricos* de monitoramento de níveis das águas subterrâneas na região estudada, visando à avaliação de suas séries históricas. Para isso, foi consultado o **SIAGAS** e a **RIMAS**, ambos do Serviço Geológico do Brasil (SGB), vinculados à **ANA**, de monitoramento e gestão dessas águas.

SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas)

O que é: Banco de dados nacional que armazena informações sobre poços, aquíferos, qualidade da água e disponibilidade hídrica subterrânea.

RIMA (Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas)

O que é: Rede física de poços monitorados em tempo real, focada em aquíferos estratégicos, alimenta o SIAGAS com dados atualizados de nível e qualidade.

O SGB informou que os municípios de Nova Lima, Raposos, Rio Acima, Itabirito e Ouro Preto, em MG, não possuem poços de monitoramento de nível de águas subterrâneas da RIMAS, pois se trata de região de aquíferos fraturados e a prioridade da rede é para aquíferos sedimentares

Consequências da falta de monitoramento na região

A falta de poços piezométricos na região de estudo gerou limitações críticas para o projeto:

Impossibilidade de análises hidrogeológicas

- Avaliação de níveis históricos das águas subterrâneas
- Estimativa estatística de tendências de recarga
- Incapacidade de correlacionar:
 - Vazões superficiais (estações fluviométricas)
 - Precipitação (estações pluviométricas)
 - Fluxo subterrâneo

Impacto na gestão hídrica

- Falta de dados para entender a interação águas superficiais-subterrâneas
- Dificuldade na quantificação da recarga dos cursos d'água
- Lacuna no entendimento do sistema hídrico integrado na região, afetando a gestão sustentável dos recursos

De olho no Velhas - II Análise

Realização



Apoio



Cheias e Secas



Maiores secas no Rio das Velhas desde o início da série de registros (1971)



Ano	Volume Escoado no Ano (Mm3)
2017	468,954
2014	475,135
2015	568,842
1990	585,516
2019	593,133
2018	609,405

Rio das Velhas a Jusante da ETA Bela Fama – out./2014 – Fonte: CBH Velhas

Cheia recorde e seca no Rio das Velhas em 1922



Maior cheia da história do Rio das Velhas. Vista de Raposos, a jusante de Bela Fama – **09/01/2022**

Vazão Máx.: **788 m³/s**

Foto: <https://manuelzao.ufmg.br/um-balanco-das-cheias-do-rio-das-velhas/>



Rio das Velhas registra baixa vazão e entra em estado de alerta - **09/08/2022** - Vazão residual a jusante de Bela

Fama: **3,18 m³/s**

Foto: <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2022/08/09/rio-das-velhas-registra-baixa-vazao-e-entra-em-estado-de-alerta.ghtml>

Aferição das Vazões 2024 e 2025



Aferição dos valores de vazões do Rio das Velhas

Medições x Valores do Portal Hidrotelemetria da (ANA)



RELATÓRIO DE MONITORAMENTO

MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA
RIO DAS VELHAS - RAPOSOS E RIO ACIMA
Fórum Permanente São Francisco

Medição de vazão nos pontos das estações fluviométricas telemétricas de:

- **Rio Acima - 20° 5'30.80"S e 43°47'30.80"O**
- **Raposos - 19°57'47.40"S e 43°48'24.70"O**
- **Medições:**
 - **27/08/2024: FlowTracker 2 (ADV - Acoustic Doppler Velocimeter)**
 - **24/07/2025: ADCP RiverRay (Acoustic Doppler Current Profiler)**

Aferição dos valores de vazões do Rio das Velhas Medições x Valores do Portal Hidrotelemetria da (ANA)



Figura 5 - Medição de descarga líquida estação Raposos – 27/08/24



Figura 6 - Cota durante a medição na estação Raposos em 27/08/24

Aferição dos valores de vazões do Rio das Velhas Medições x Valores do Portal Hidrotelemetria da (ANA)

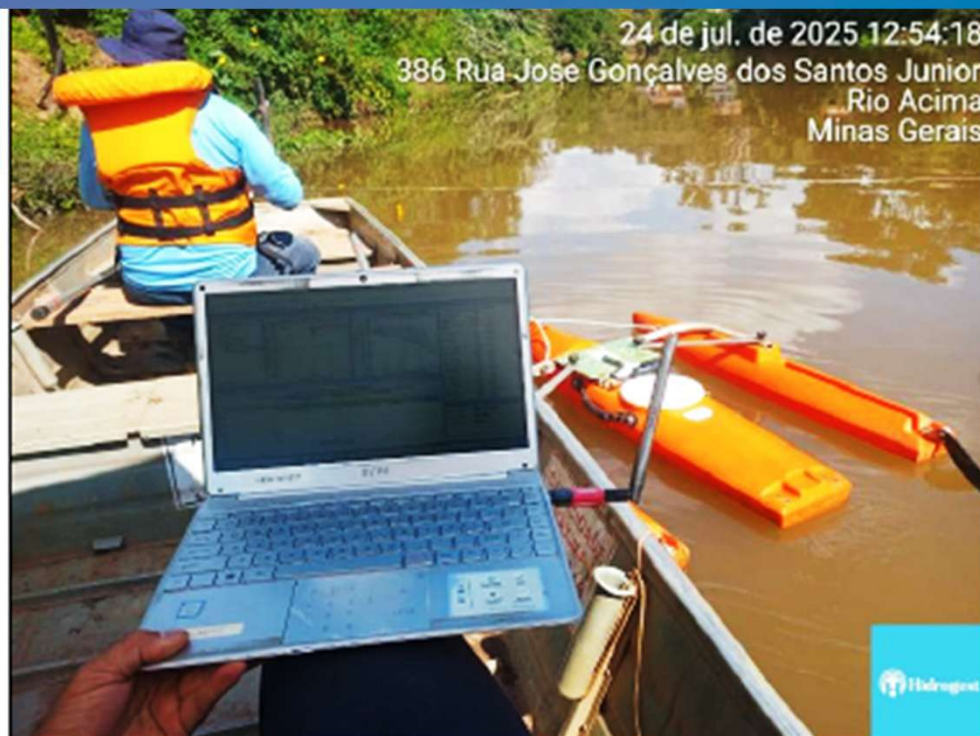


Figura 9 - Medição de descarga líquida estação
Rio Acima - 24/07/25



Figura 10 - Cota durante a medição na estação
Rio Acima em 24/07/25

Aferição dos valores de vazões do Rio das Velhas

Gráficos gerados pelo instrumento de medição (ADCP RiverRay)

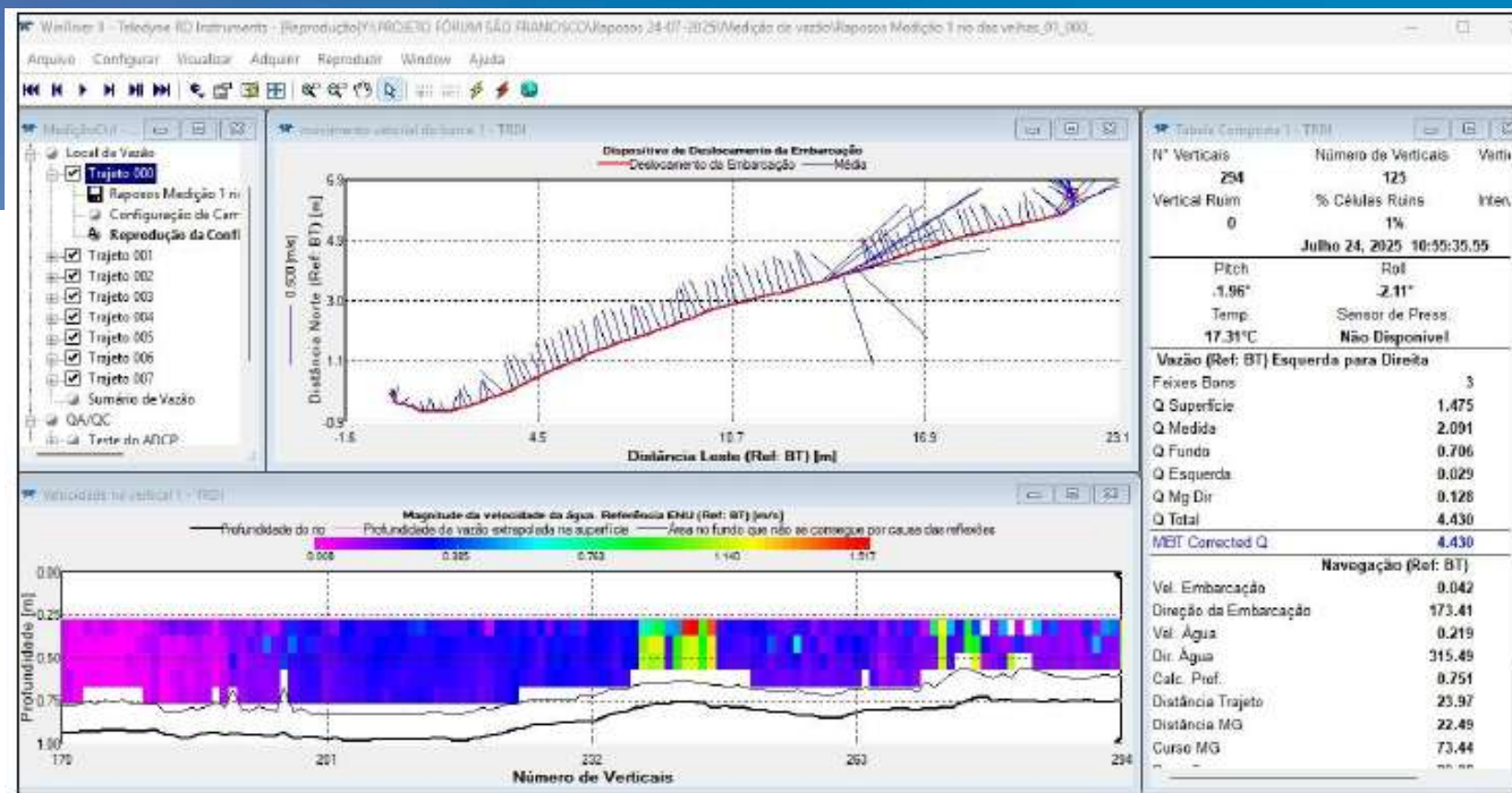
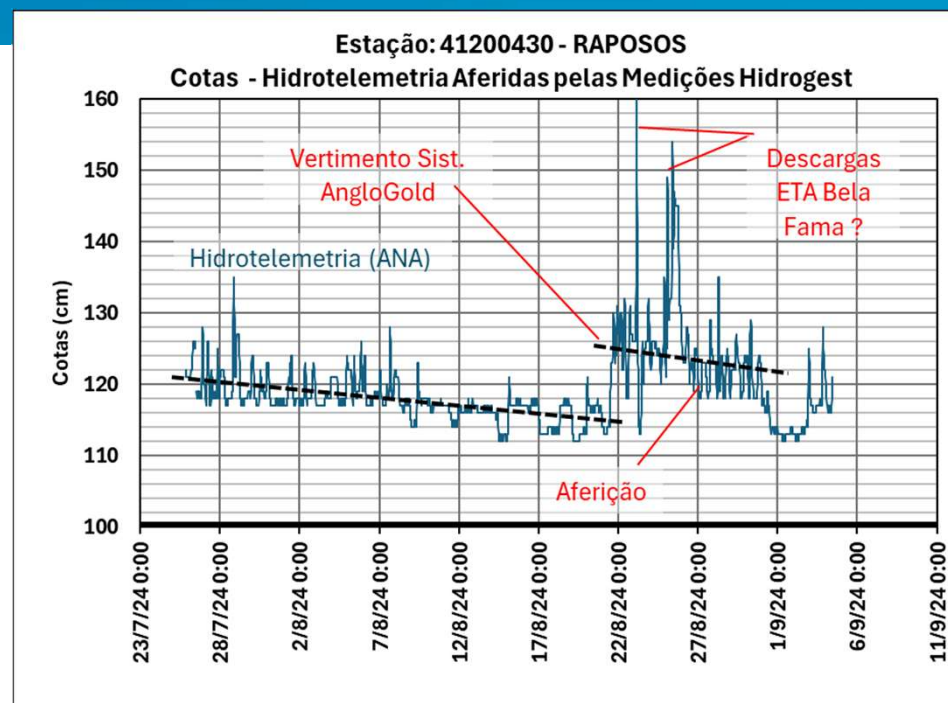
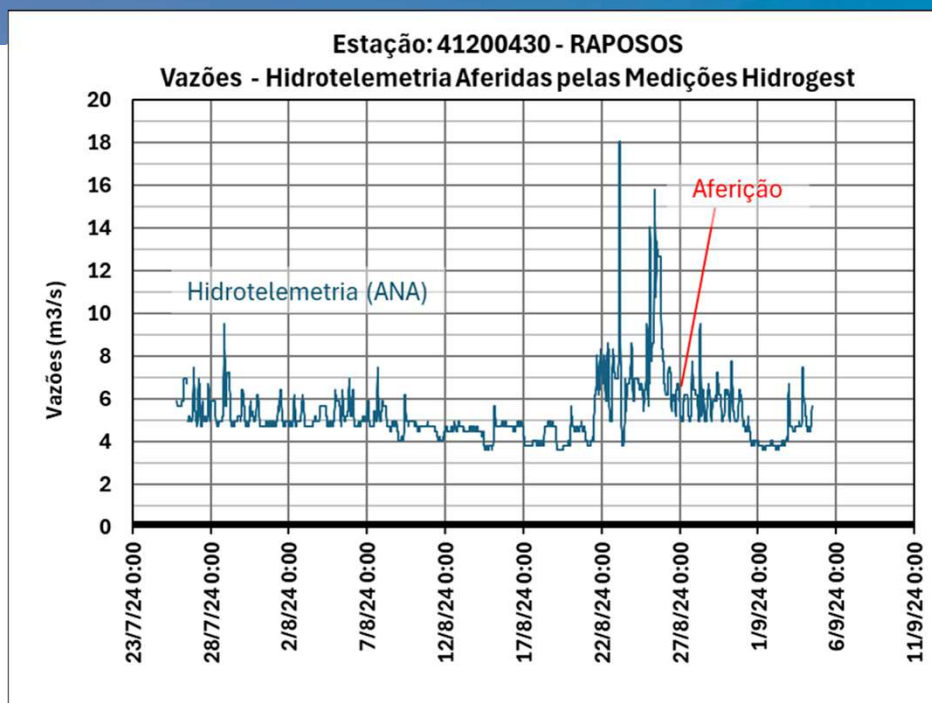
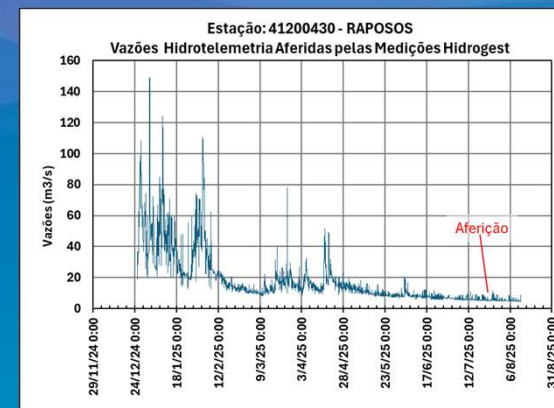


Figura 7 - Gráfico de descarga líquida estação Raposos – 24/07/25

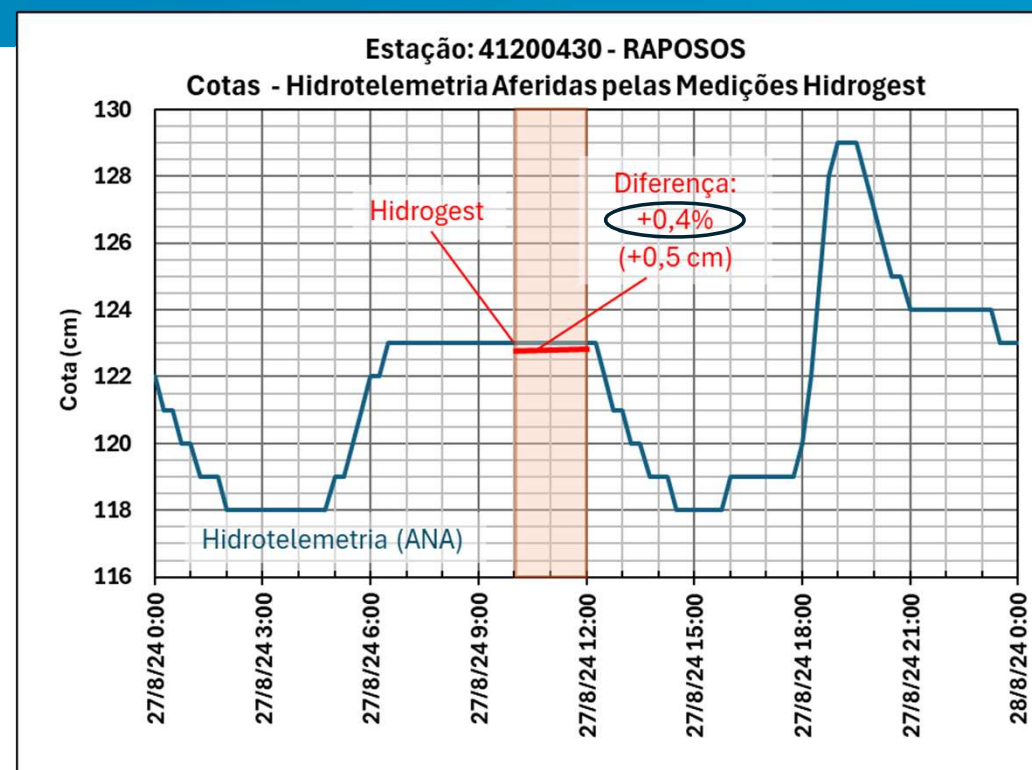
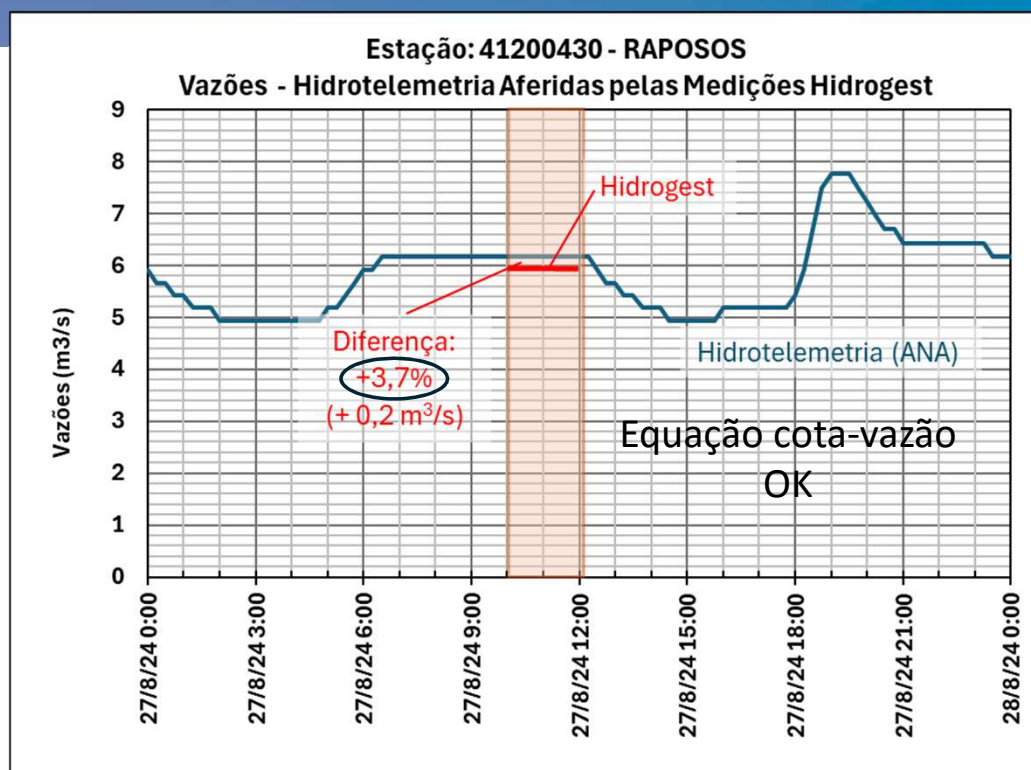
Aferição dos valores de vazões do Rio das Velhas – 27/08/2024 - RAPOSOS

Oscilação dos níveis e vazões do Rio das Velhas em Raposos devido à operação das comportas e descargas na Estação Bela Fama da COPASA



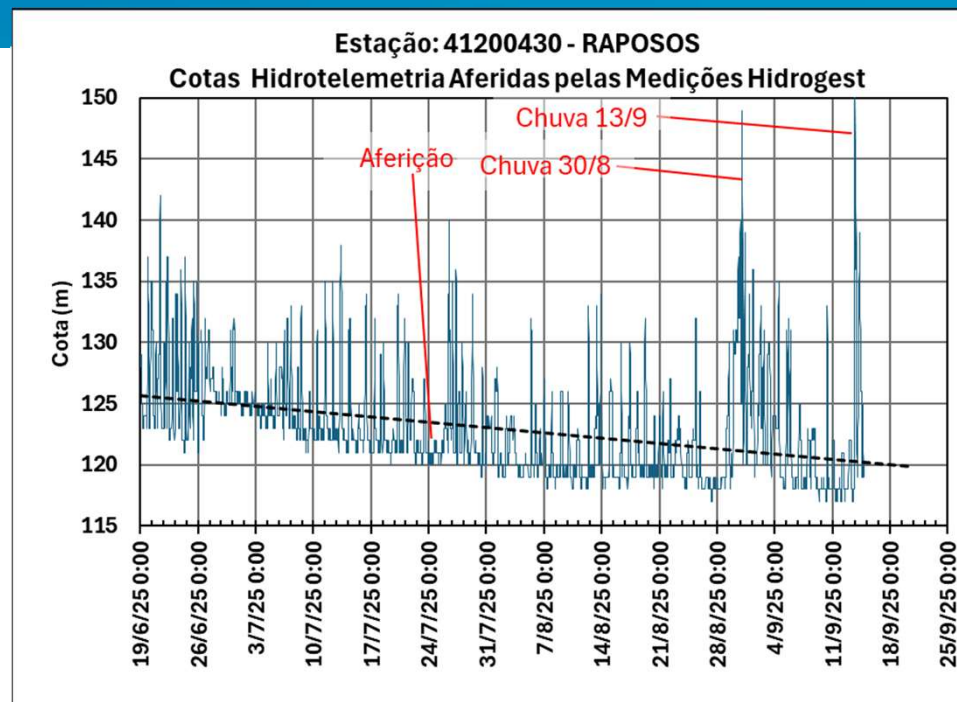
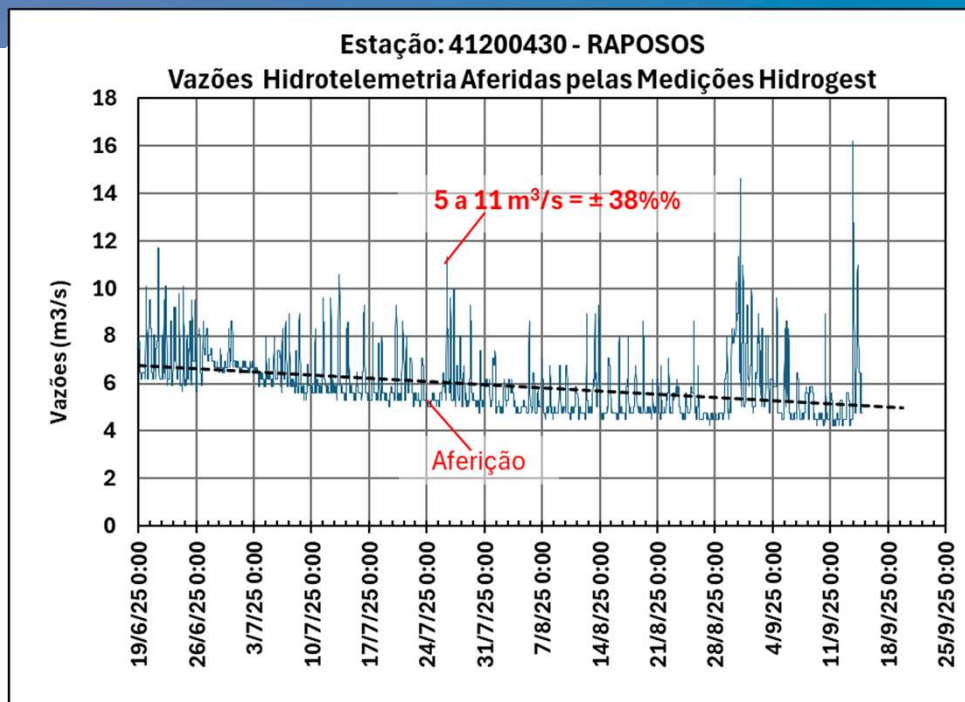
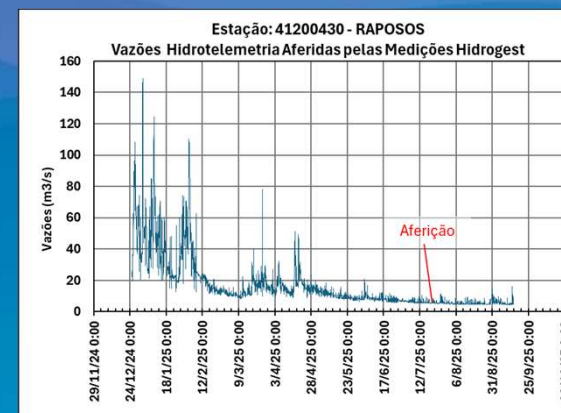
Aferição dos valores de vazões do Rio das Velhas – 27/08/2024 - RAPOSOS

Estação	Data	Cota Média (m)	Descarga (m ³ /s)	Área (m ²)	Largura (m)	Profundidade Média (m)	Velocidade Média (m/s)
Raposos	27/08/2024	1,225	5,947	22,224	27,3	0,814	0,268
Rio Acima	27/08/2024	1,425	11,296	26,35	28,3	0,931	0,429
Raposos	24/07/2025	1,2	4,32	21,9	27,5	0,793	0,198
Rio Acima	24/07/2025	1,37	10,5	26,8	26,6	1,01	0,392



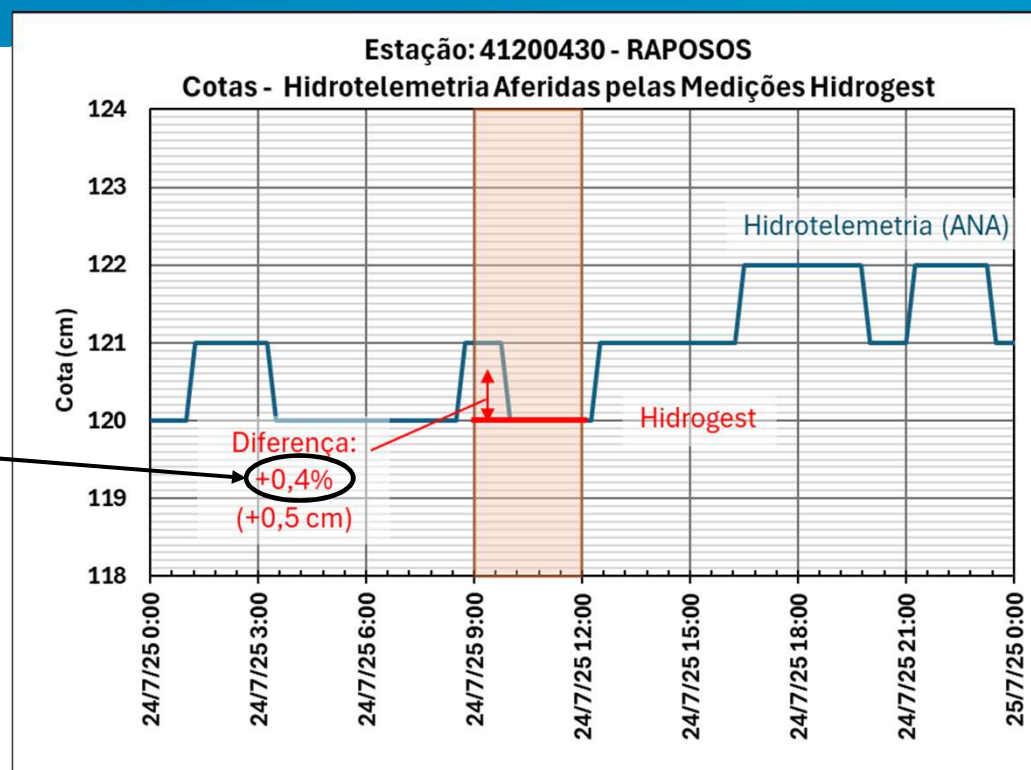
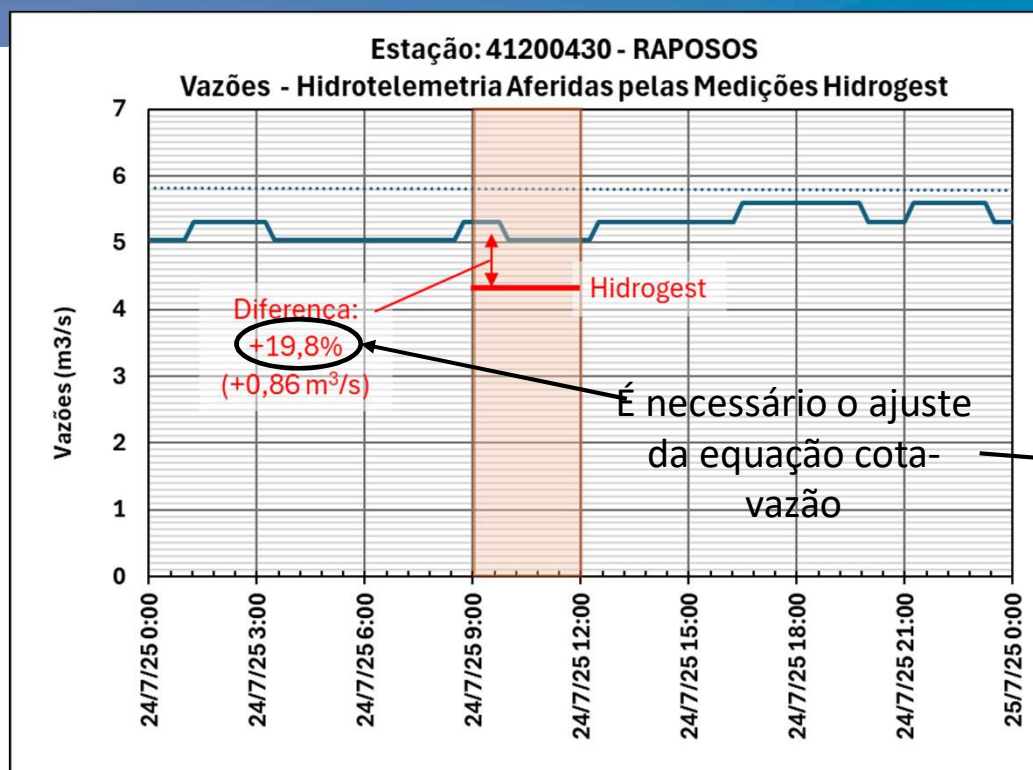
Aferição dos valores de vazões do Rio das Velhas – 25/07/2025 – RAPOSOS

Grande oscilação dos níveis e vazões do Rio das Velhas em Raposos devido à operação das comportas e descargas na Estação Bela Fama da COPASA: nível estável durante as medições a pedido do FPSF

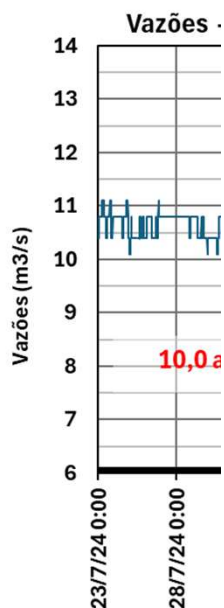
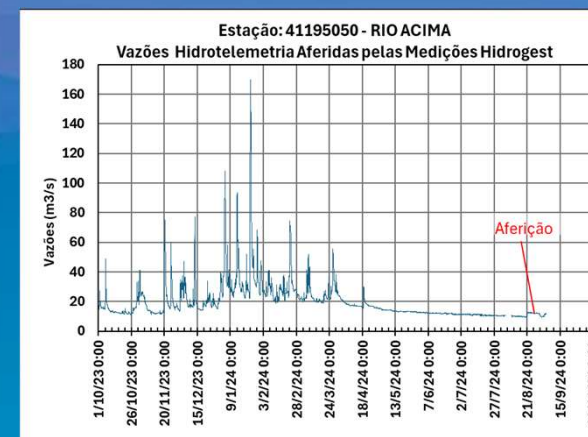


Aferição dos valores de vazões do Rio das Velhas – 25/07/2025 – RAPOSOS

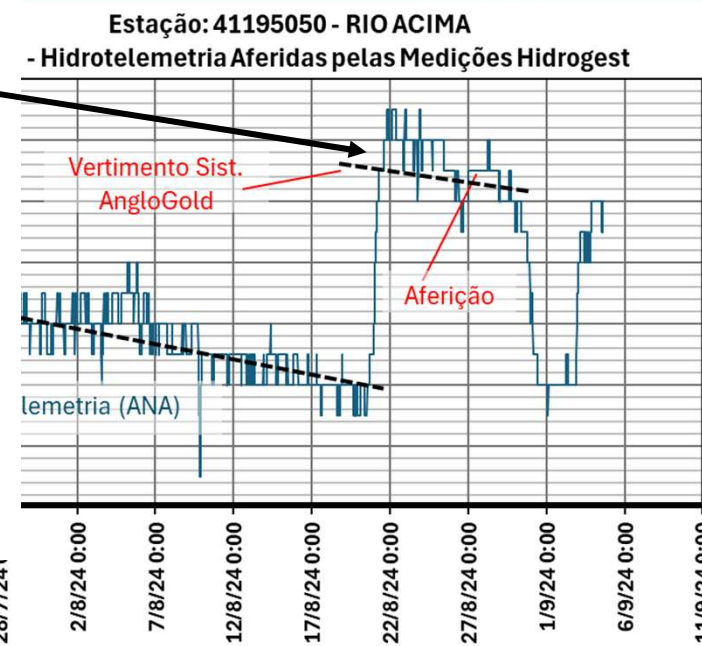
Estação	Data	Cota Média (m)	Descarga (m³/s)	Área (m²)	Largura (m)	Profundidade Média (m)	Velocidade Média (m/s)
Raposos	27/08/2024	1,225	5,947	22,224	27,3	0,814	0,268
Rio Acima	27/08/2024	1,425	11,296	26,35	28,3	0,931	0,429
Raposos	24/07/2025	1,2	4,32	21,9	27,5	0,793	0,198
Rio Acima	24/07/2025	1,37	10,5	26,8	26,6	1,01	0,392



Aferição dos valores de vazões do Rio das Velhas – 27/08/2024 – RIO ACIMA

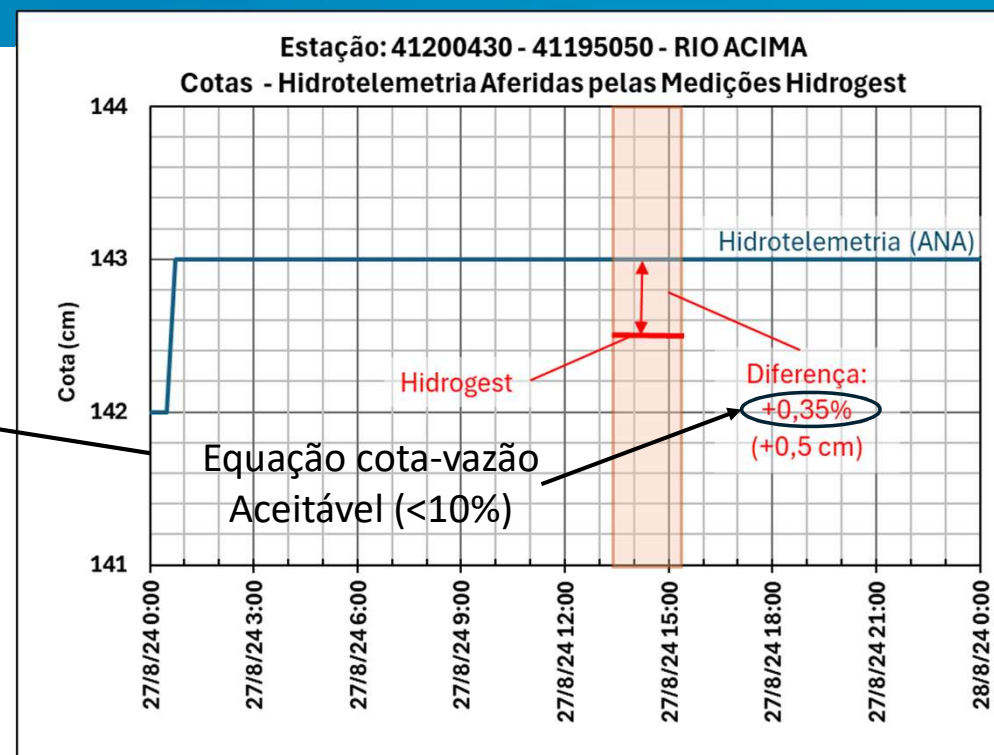
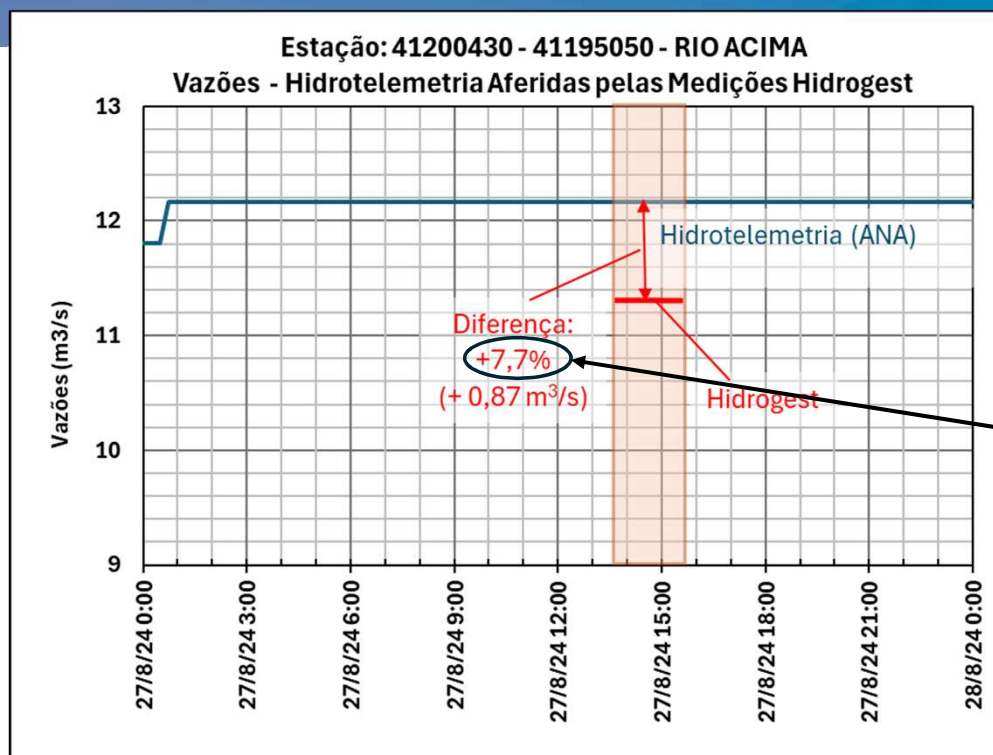


Os aportes de volumes adicionais de água provenientes do Sistema Rio de Peixe, da AngloGold têm sido feitos no final do período seco desde 2014 aprox. e “inflam” as vazões do Rio das Velhas nesse período. Sem essas vazões, não naturais, os estudos realizados mostrariam uma redução ainda maior que a identificada nos períodos secos.

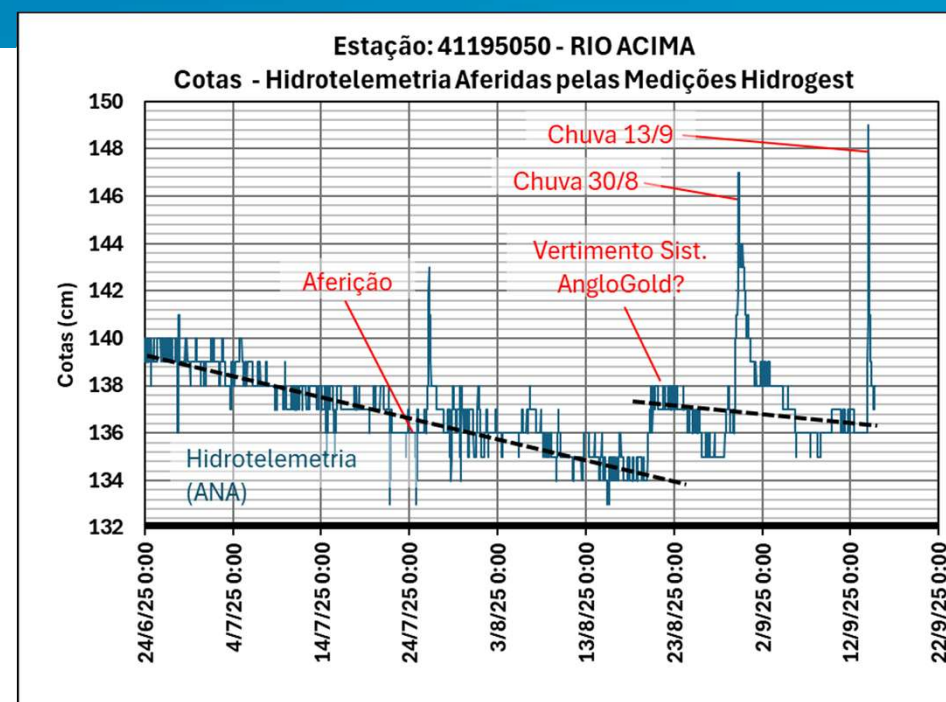
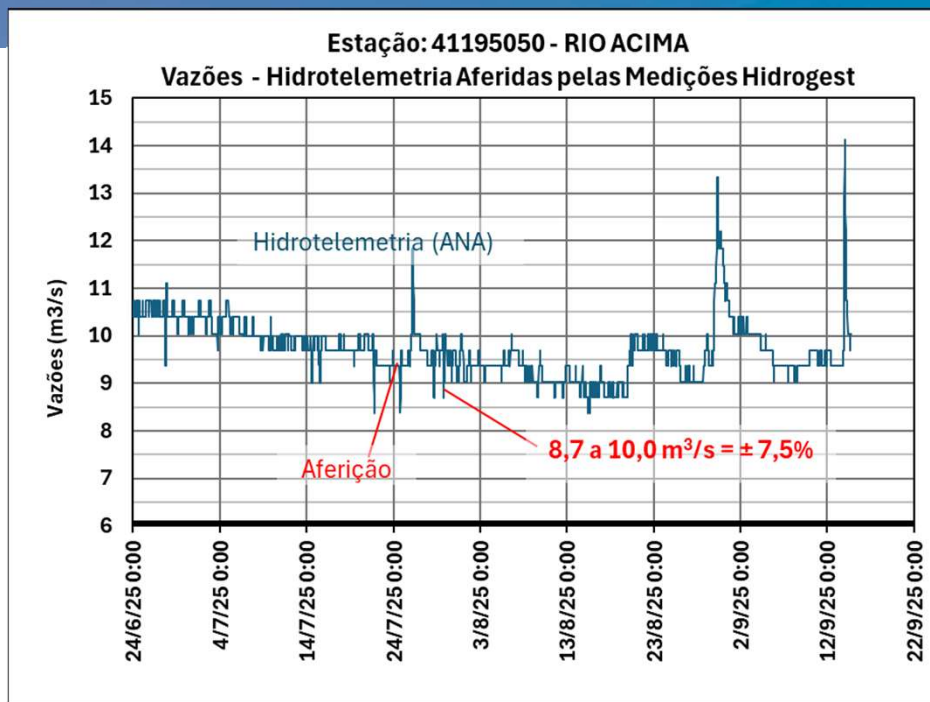
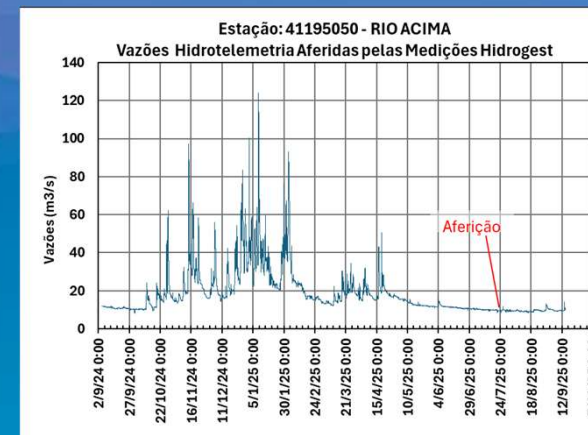


Aferição dos valores de vazões do Rio das Velhas – 27/08/2024 – RIO ACIMA

Estação	Data	Cota Média (m)	Descarga (m ³ /s)	Área (m ²)	Largura (m)	Profundidade Média (m)	Velocidade Média (m/s)
Raposos	27/08/2024	1,225	5,947	22,224	27,3	0,814	0,268
Rio Acima	27/08/2024	1,425	11,296	26,35	28,3	0,931	0,429
Raposos	24/07/2025	1,2	4,32	21,9	27,5	0,793	0,198
Rio Acima	24/07/2025	1,37	10,5	26,8	26,6	1,01	0,392

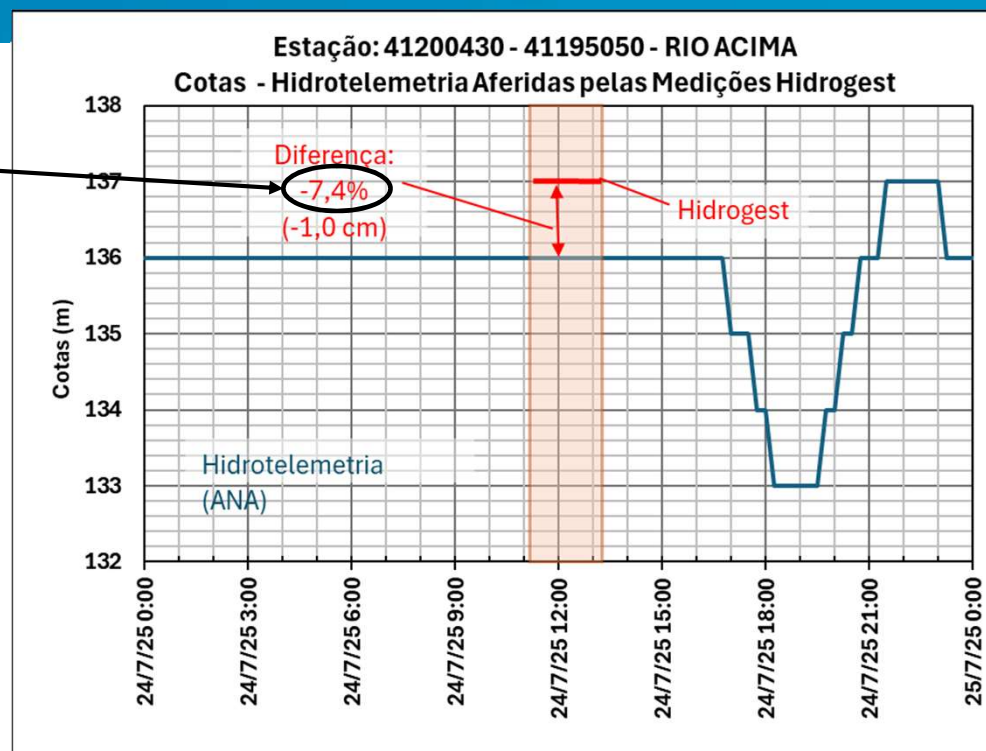
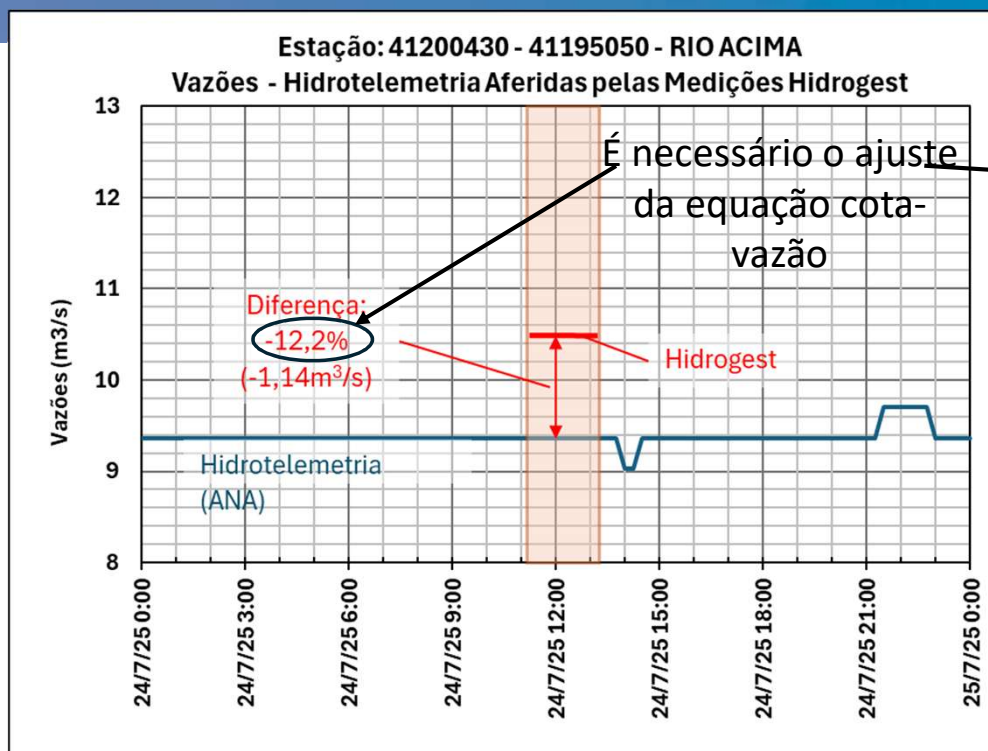


Aferição dos valores de vazões do Rio das Velhas – 24/07/2025 – RIO ACIMA



Aferição dos valores de vazões do Rio das Velhas – 24/07/2025 – RIO ACIMA

Estação	Data	Cota Média (m)	Descarga (m³/s)	Área (m²)	Largura (m)	Profundidade Média (m)	Velocidade Média (m/s)
Raposos	27/08/2024	1,225	5,947	22,224	27,3	0,814	0,268
Rio Acima	27/08/2024	1,425	11,296	26,35	28,3	0,931	0,429
Raposos	24/07/2025	1,2	4,32	21,9	27,5	0,793	0,198
Rio Acima	24/07/2025	1,37	10,5	26,8	26,6	1,01	0,392



Operação da ETA Bela Fama - COPASA



NOTA TÉCNICA

Nº NT: 132/2025

Página

1 / 4

ASSUNTO: Operação da comporta - Alça Esquerda

DATA:03/07/2025

I- INTRODUÇÃO

O Sistema Rio das Velhas (SRV), opera 24 horas por dia, com capacidade atual de produção de 8.771 litros por segundo (vazão outorgada), sendo responsável pelo abastecimento de água tratada de aproximadamente 2,5 milhões de habitantes, representando o abastecimento de 71% da população de Belo Horizonte e 43% da Região Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH.

Operação da ETA Bela Fama - COPASA

II - OBJETIVO

A COPASA, foi questionada recentemente sobre oscilações na medição de vazão do rio das Velhas na cidade de Raposos. A seguir, esclarece-se o modo de operação das alças de sedimentação e a provável causa das oscilações.

III – DIAGNÓSTICO

Normalmente, trabalha-se somente com uma das alças. Mas no período de estiagem, a captação é feita através das duas alças para melhorar o nível mínimo operacional dos Conjuntos Moto Bombas (nível de submergência - NPSH).

Para operar o sistema com as duas alças, é necessário realizar manobras frequentes de abertura e fechamento em uma das comportas, para manter o nível estável (Fig. 4) e garantir a vazão residual de 3.100 L/s. A operação de cada alça se dá através de três comportas de 12 m de largura por 4 m de altura, cada. Para a eficácia desta operação, são feitas manobras minuciosas, entre 2 e 5 cm, algumas vezes ao dia, dependendo das oscilações de vazão do rio. Conforme gráfico (fig. 2).

Risco para a segurança hídrica da RMBH

Qual foi a causa da “variação na qualidade do manancial”? Resíduos de mineração? Esgotos (“o sistema de cloração ficou saturado”)?

Com qual frequência isso tem ocorrido?

Há planos para aumentar a capacidade do sistema de cloração?

Os filtros e decantadores estão atendendo bem à demanda?

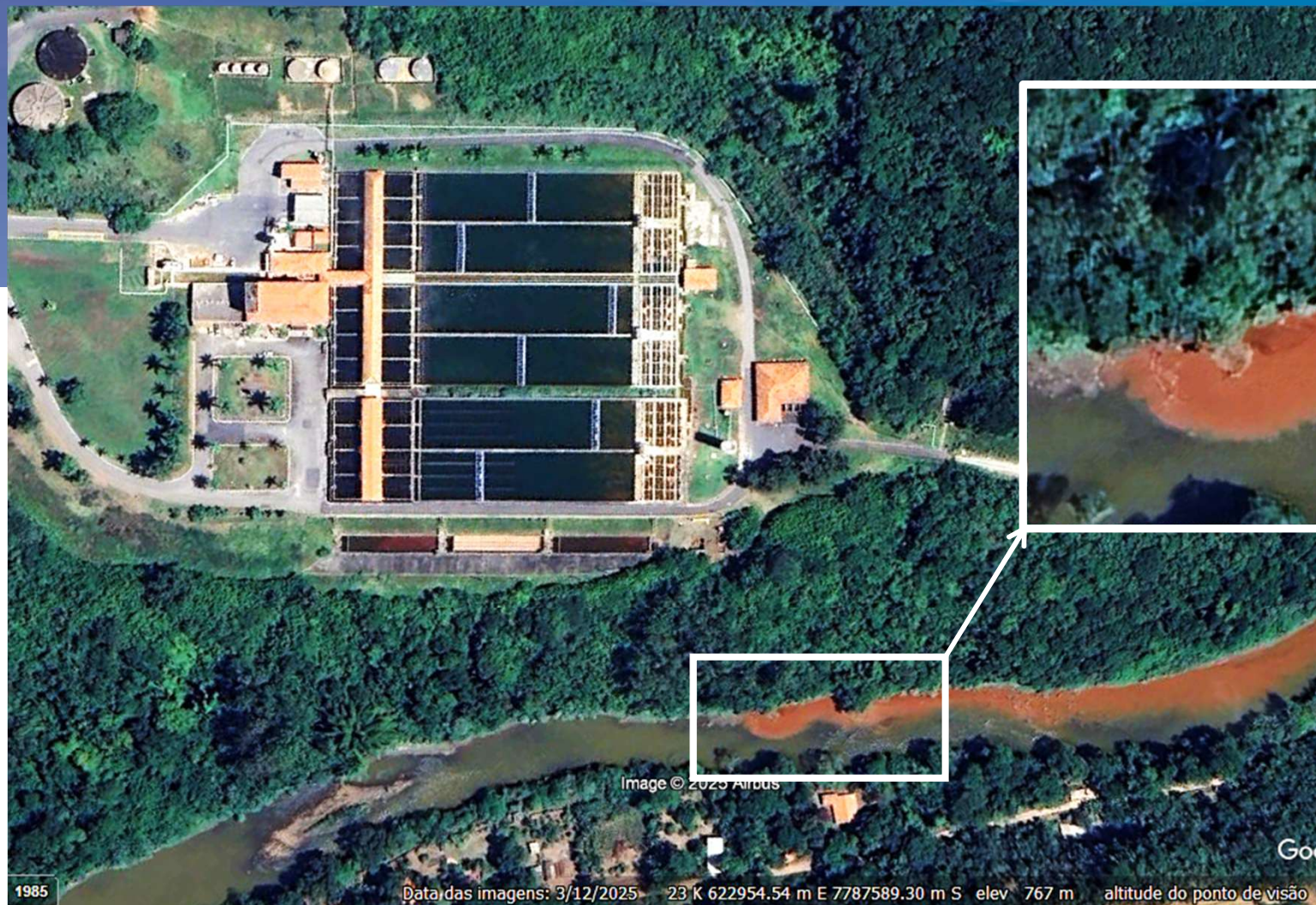
No mês de junho, o Sistema de Produção do Rio das Velhas  teve que reduzir a vazão captada durante alguns dias, não sequenciais, por causa de uma variação na qualidade do manancial. Tal fato fez com que o sistema de cloração ficasse saturado, impossibilitando o tratamento total demandado pelo Sistema de Distribuição. Para manter a qualidade da água produzida, a ETA teve que reduzir a vazão captada durante boa parte do dia.

Com a redução na captação, o nível do rio nas alças tende a subir, conseqüentemente, as comportas de saída tem que ser abertas um pouco mais, aumentando a vazão residual. Esta é uma das prováveis causas das oscilações de grande amplitude na medição em Raposos.

O modo de operação do sistema, em relação ao controle de nível das alças, também pode causar oscilações na medição, mas com uma intensidade bem menor do que foi apontada nos dias de redução de captação.

<https://manuelzao.ufmg.br/edumite-ufmg-e-instituto-cordilheira-denunciam-despejo-de-rejeito-na-bacia-do-rio-das-velhas/>

Descargas de águas residuais no Rio das Velhas – ETA Bela Fama



**Imagem Google
Earth:
12/03/2025**

ETA Bela Fama – UTR – Unidade de Tratamento de Resíduos

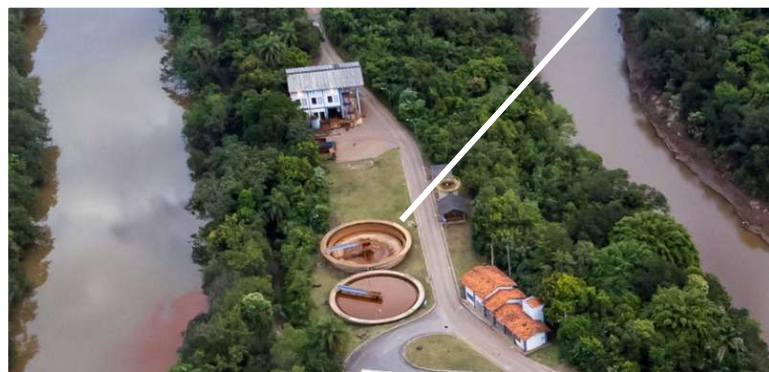
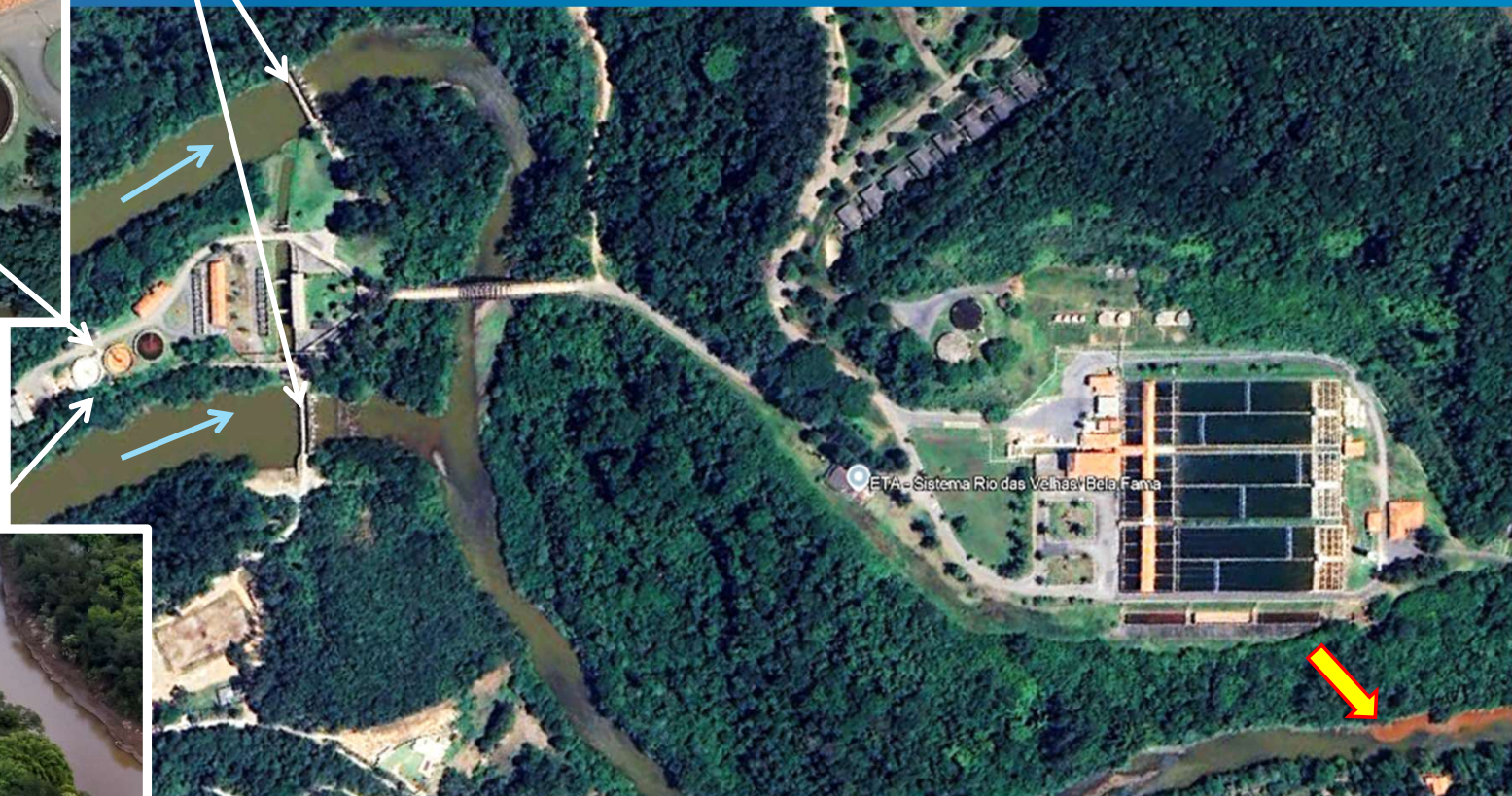


“UTR: recolhimento e tratamento dos lodos gerados na ETA (descargas dos decantadores e da lavagem de filtros).

É composta por 03 decantadores secundários, 03 adensadores, tanque de homogeneização, sistema de desidratação por bag's e sistema desidratação mecânica (02 prensas roscas desaguadoras).

Água sobrenadante é devolvida para o rio das Velhas e o sólido é enviado para aterro sanitário”.

UTR e mancha de água vermelha no Rio das Velhas

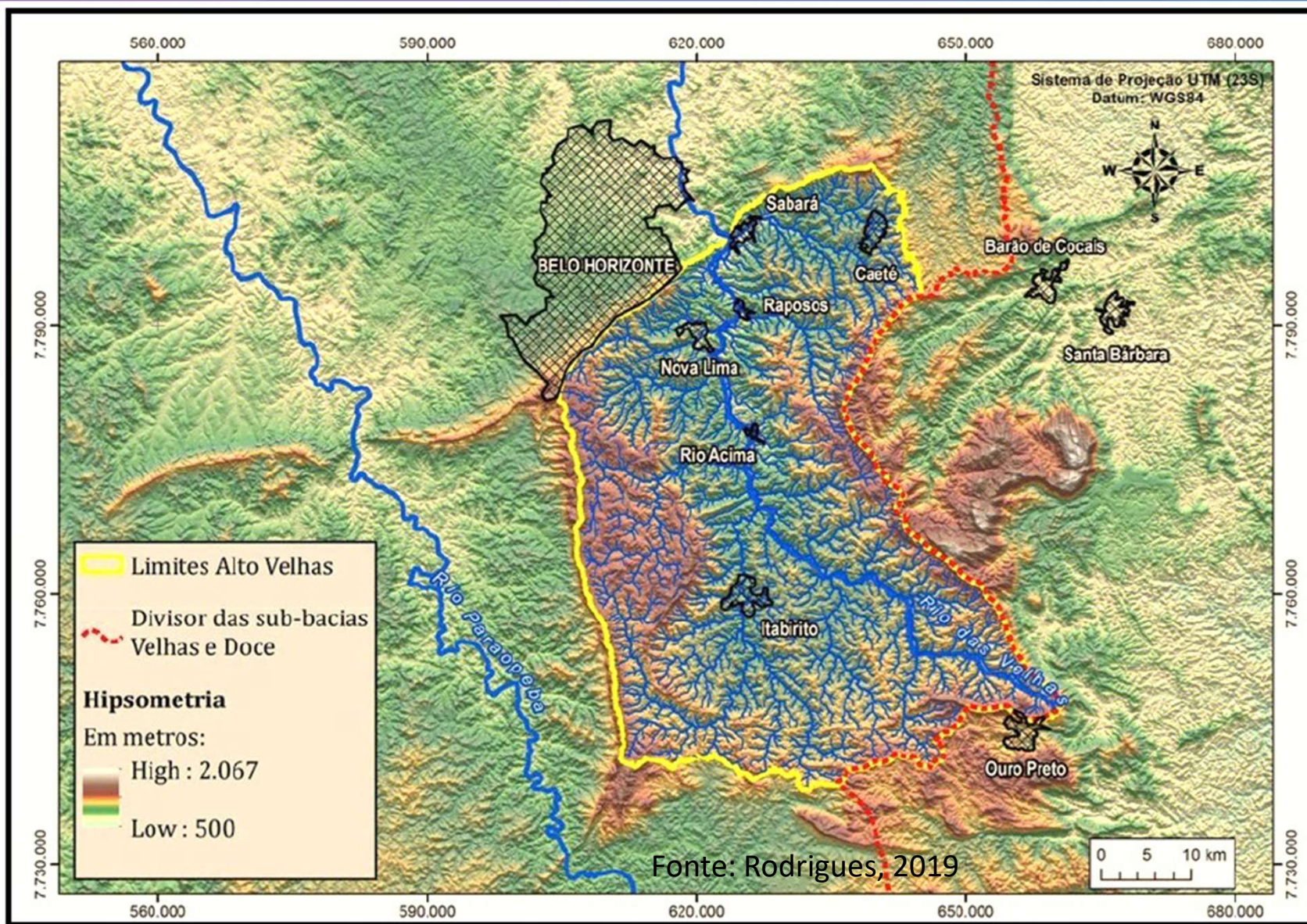


<https://www.flickr.com/photos/wricidades/52243805670/in/photostream/>
http://arsae.mg.gov.br/images/documentos/rf_tec_op_saa_bacia_rio_das_velhas.pdf

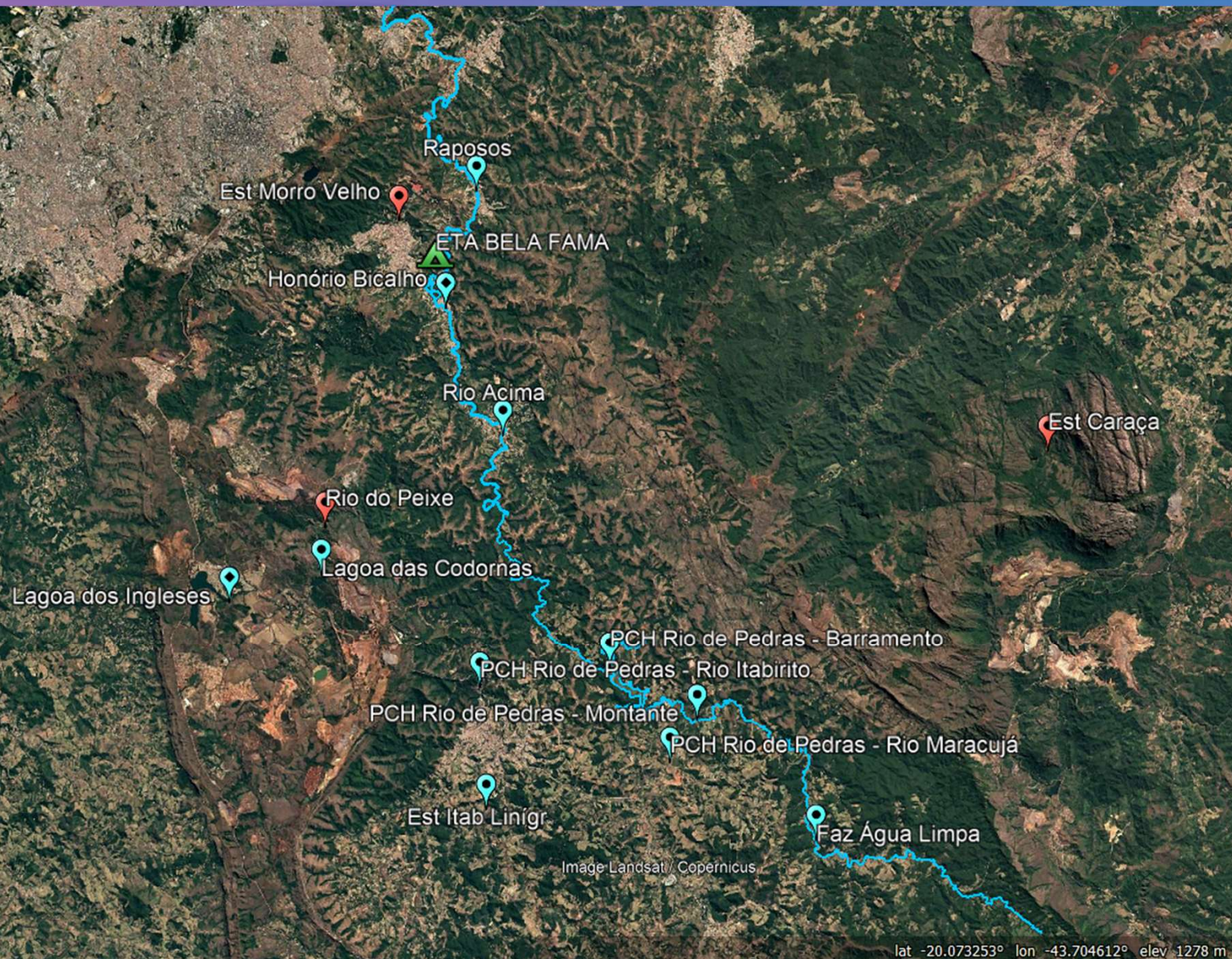
Metodologia



Bacia do Alto Rio das Velhas e Estações



Bacia do Alto Rio das Velhas e Estações



Metodologia

Os estudos incluíram a aplicação de vários métodos estatísticos de análise para se buscar maior confiabilidade dos resultados obtidos e, ao mesmo tempo, maior visibilidade e entendimento das tendências e comportamentos das vazões e das precipitações.

PLUVIOMETRIA - Séries de longa duração utilizadas nos estudos:

- **Fazenda Água Limpa** – cód. 2043056: 18/01/1984 a 01/06/2024
- **Itabirito – Linígrafo** – cód. 2043060: 27/01/1984 a 30/04/2024
- **Lagoa Grande (MMV)** – cód. 2043002: 01/01/1941 a 31/05/2024 (Lagoa dos Ingleses)
- *Dados faltantes completados com uso de dados da Estação Barragem das Codornas (2043042, 31/09/1976 a 31/05/2024) por meio do método Dupla Massa.*

Metodologia

FLUVIOMETRIA - Série de longa duração utilizada nos estudos:

- **Honório Bicalho** – cód. 41199998: 27/04/1971 a 30/11/2023

É a série mais importante da região do Alto Rio das Velhas para efeitos de avaliação da segurança hídrica, pois a Estação situava-se imediatamente a montante de Bela Fama e tem duração de mais de 52,6 anos de dados.

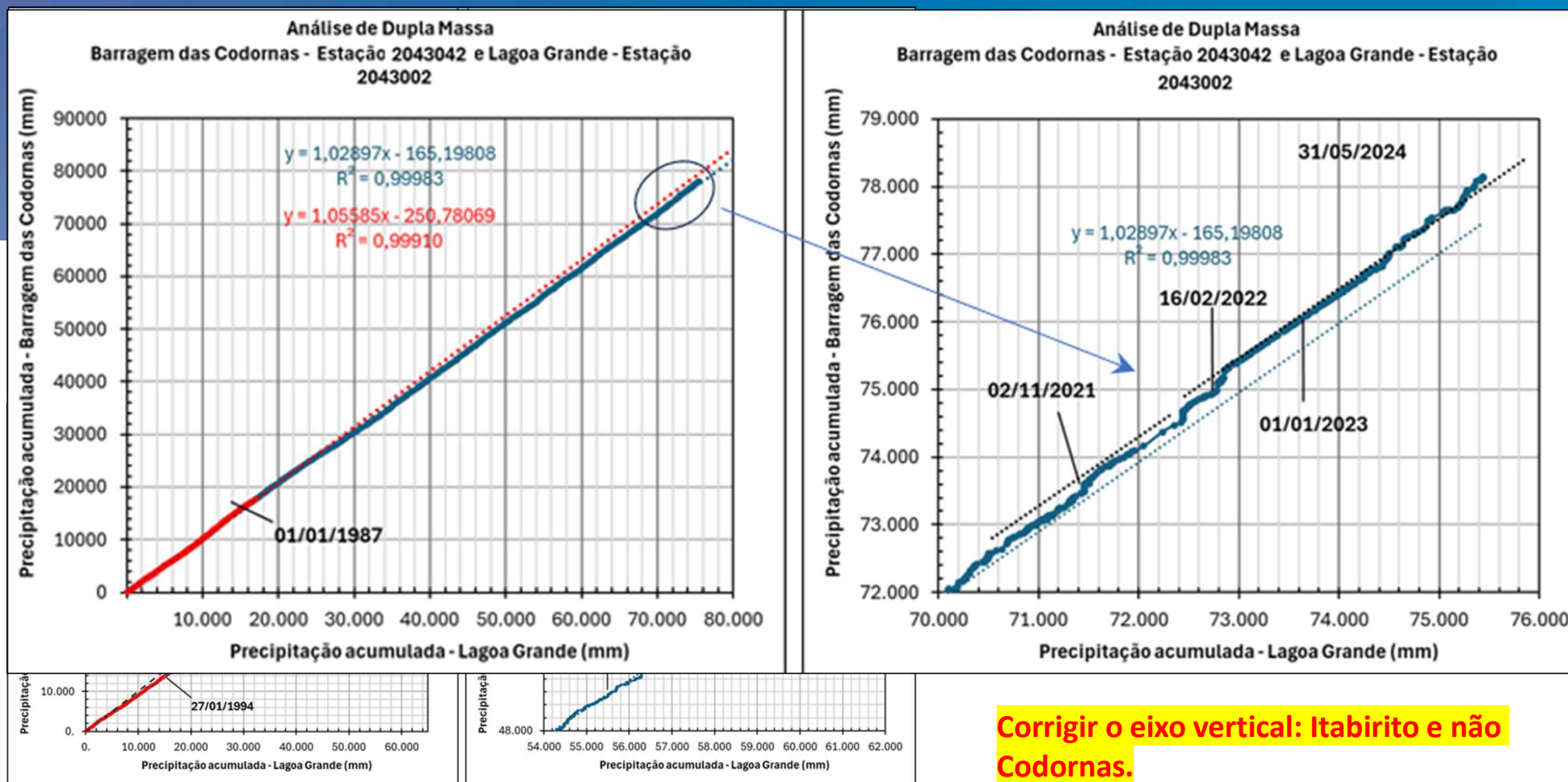
Série completa, sem falha nos dados diários.

Área de drenagem do rio das Velhas, na altura da Est. Honório Bicalho: 1.550 km²



Método dupla massa – Complementação de dados faltantes em séries

Estação Barragem das Codornas – 2043042 e a Estação Lagoa Grande (MMV) - 2043002



Análises Realizadas



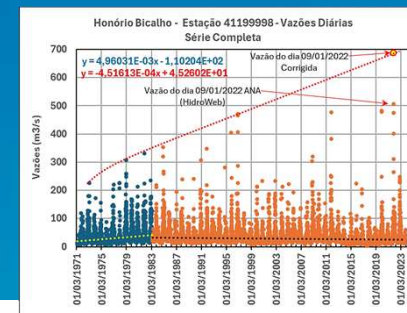
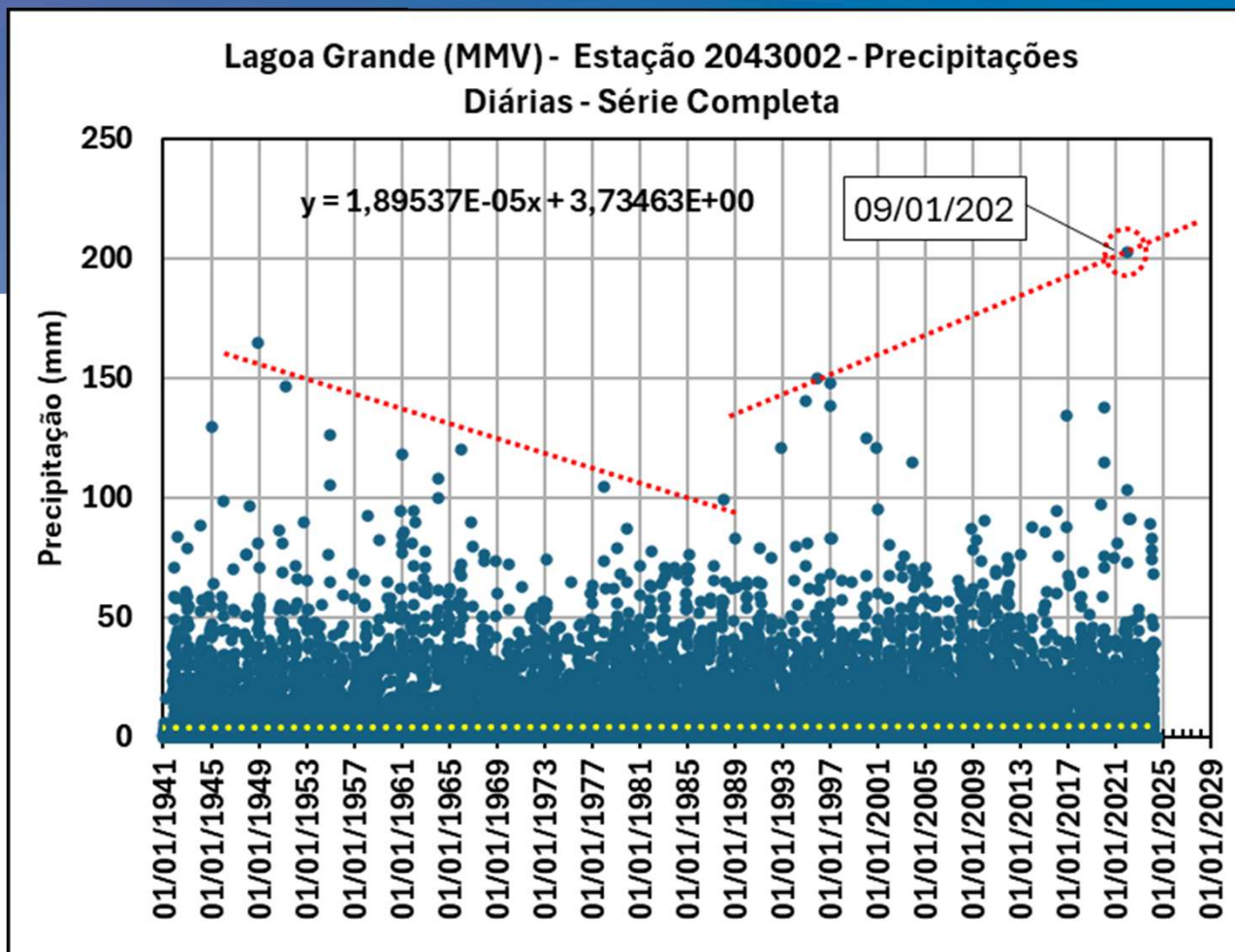
Análises Realizadas

Para análise, foram considerados os valores diários das séries, os valores acumulados decenais e anuais (anos civis), valores de segmentos das séries e os valores dos períodos úmidos e secos

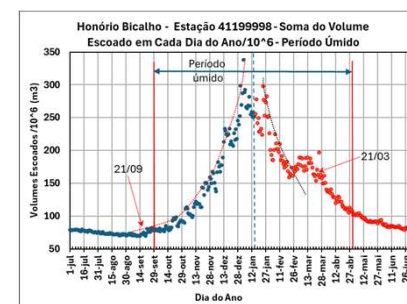
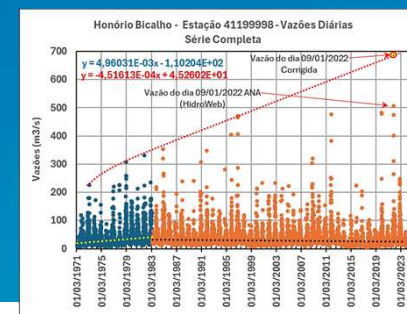
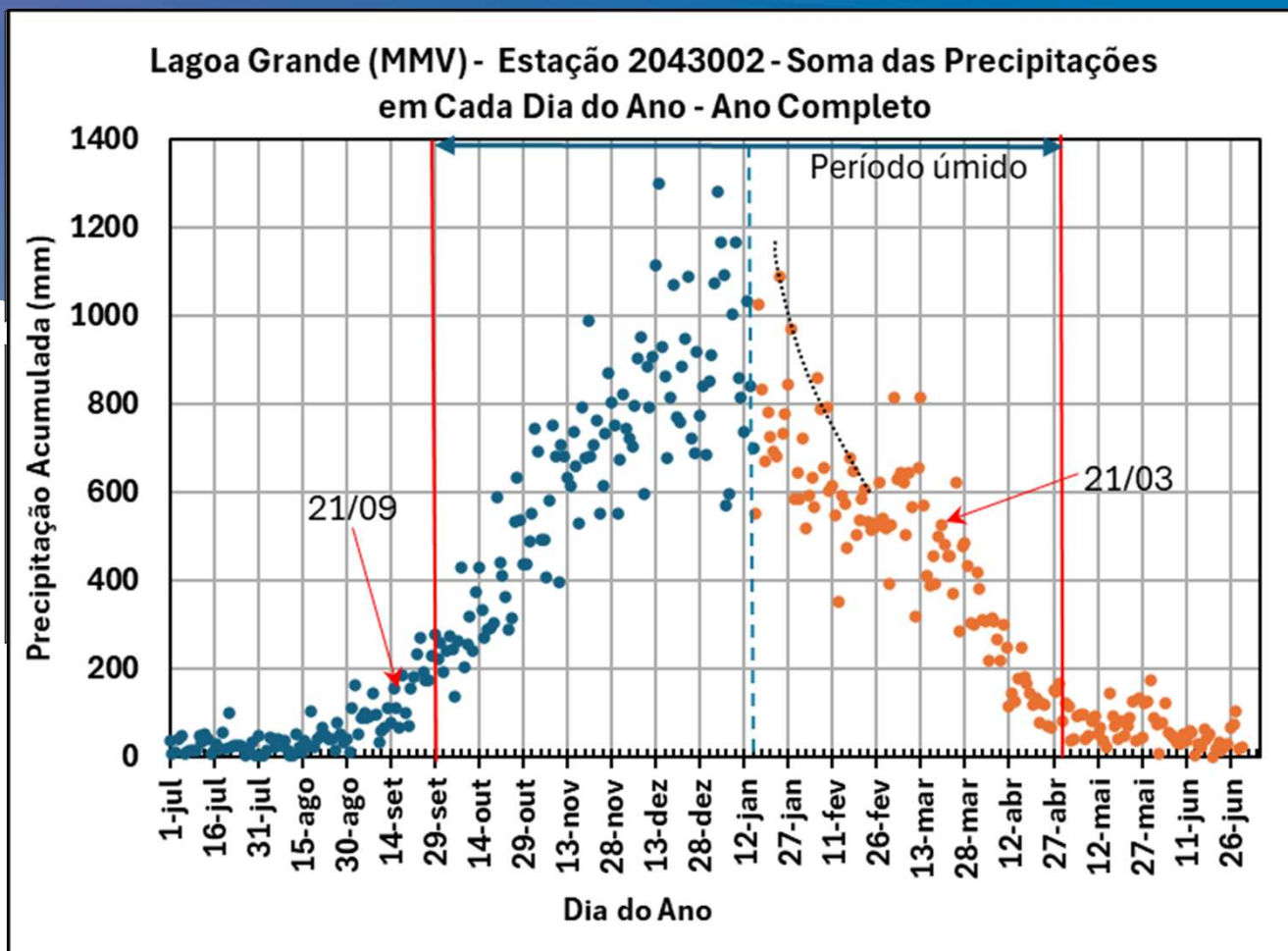
- Valores **acumulados diários** (vazões e precipitações): caracterização dos períodos úmidos e secos
- Valores **decenais**:
 - Médias aritmética e harmônica, mediana e desvio padrão dos valores acumulados das precipitações e vazões
 - Quantidade de dias de chuva: valores anuais, períodos úmidos e secos
 - Valores máximos e mínimos das precipitações e vazões

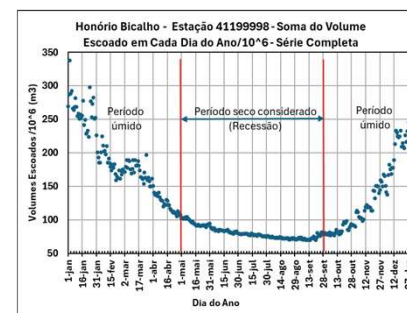
Distribuição das precipitações e vazões ao longo do período total das séries

Estações: Itabirito Linígrafo, Fazenda Água Limpa, Lagoa Grande (MMV) e Honório Bicalho

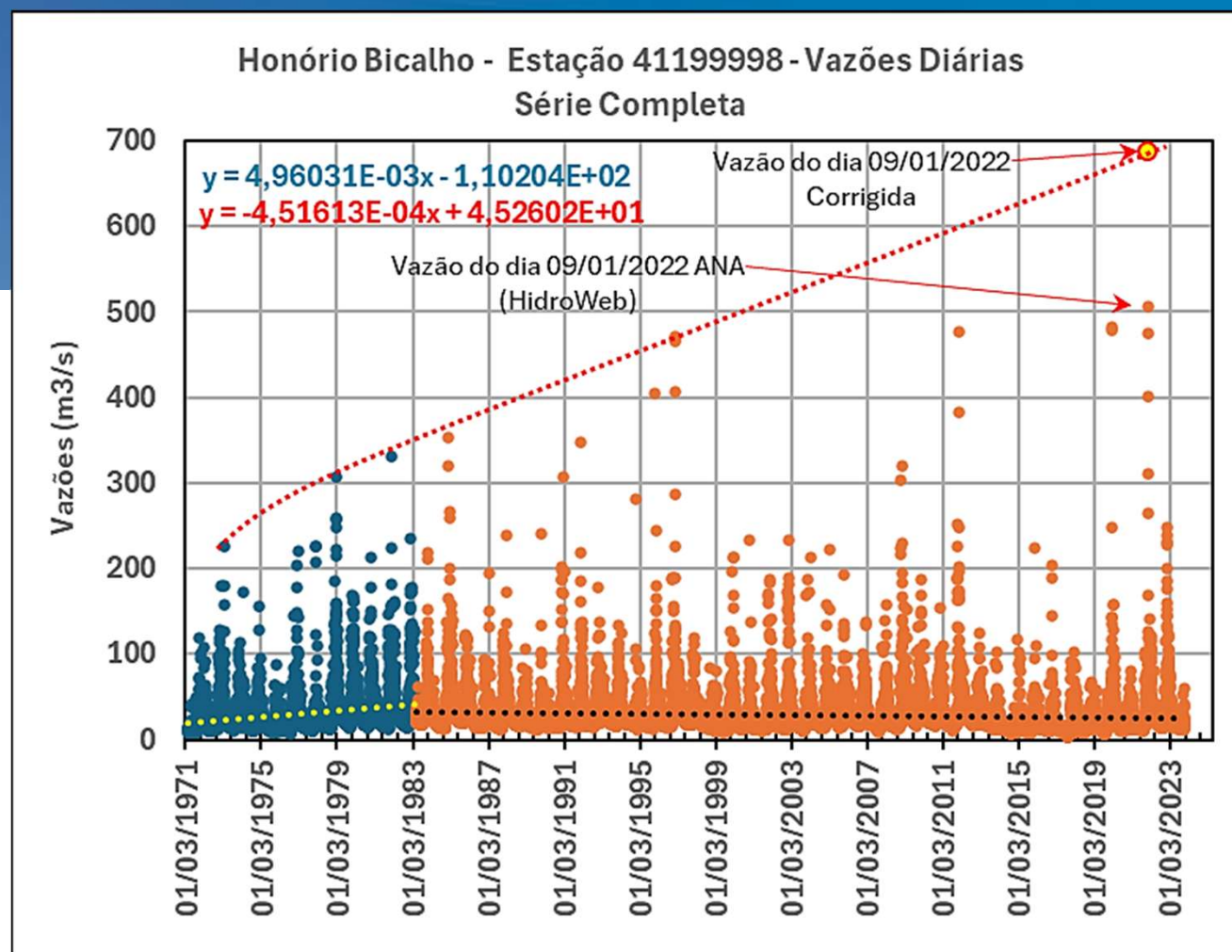


Distribuição das precipitações e vazões ao longo do período total das séries
Estações: Itabirito Linígrafo, Fazenda Água Limpa, Lagoa Grande (MMV) e Honório Bicalho





Estação Fluviométrica de Honório Bicalho

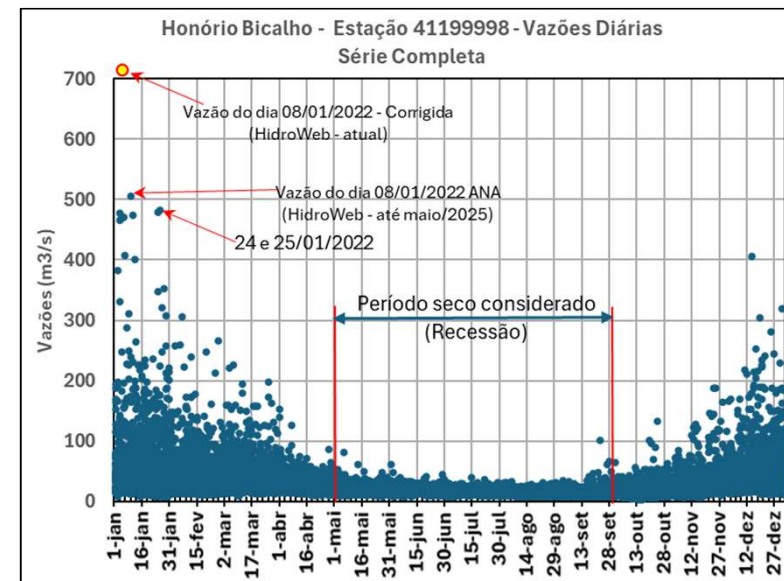
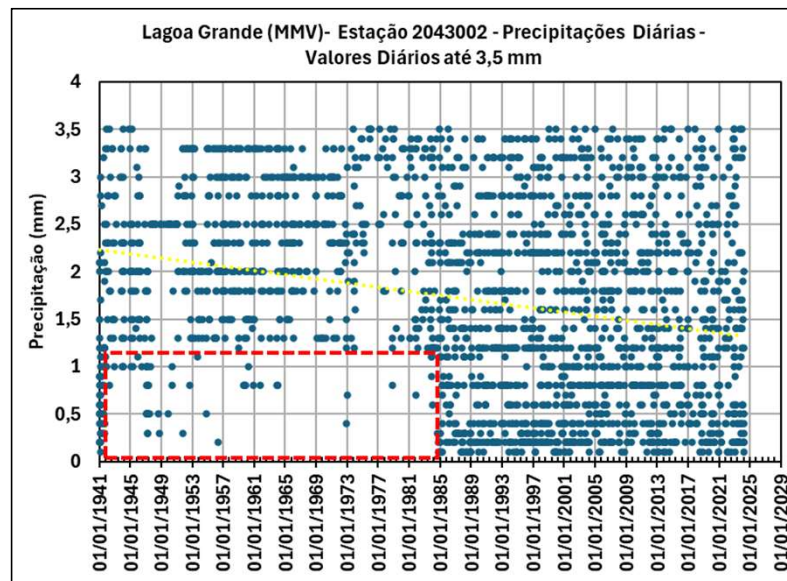


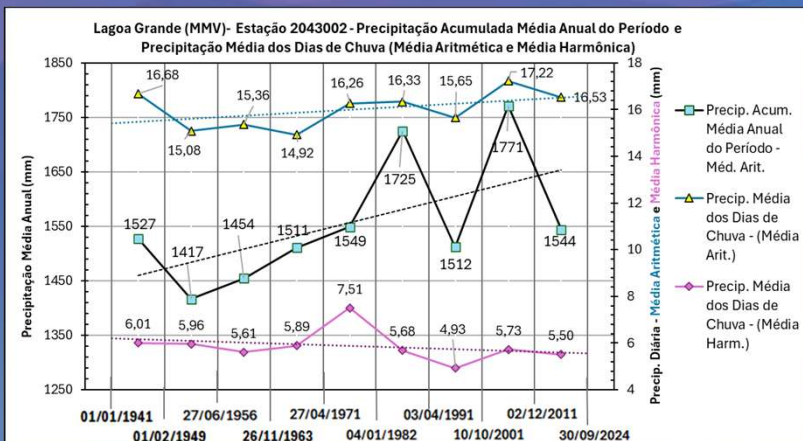
Informações Gerais Ref.: Lagoa Grande (MMV) - 83,41 anos (Exemplo)

F

- 14 de dezembro é o dia com maior volume diário da série.
- Outros dias muito chuvosos: 3, 4 e 9 de jan.
- Dos 30 dias mais chuvosos: 14 ocorrem em dez., 13 em jan., 2 em nov. e 1 em fev..
- A segunda quinzena de dez. e a primeira quinzena de jan. concentram os maiores riscos de chuva muito alta → **Alerta**

Recorte do ano	Dias	% do ano	% da chuva
16/jan – 19/out	277	75,90%	50%
20/out – 15/jan	88	24,10%	50%
Período úmido (1/out – 30/abr)	212	58,10%	91,75%
Período seco (1/mai – 30/set)	153	41,90%	8,25%





Valores Decenais - Exemplos

	Série Completa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Data do início do período	01/01/1941	01/01/1941	01/02/1949	27/06/1956	26/11/1963	27/04/1971	04/01/1982	03/04/1991	10/10/2001	02/12/2011	-
Data do final do período	31/05/2024	31/01/1949	26/06/1956	25/11/1963	26/04/1971	03/01/1982	02/04/1991	09/10/2001	01/12/2011	31/05/2024	-
Quantidade de dias da série	30467	2953	2703	2708	2709	3905	3376	3843	3705	4565	-
Anos do Período	83,41	8,08	7,40	7,41	7,41	10,69	9,24	10,52	10,14	12,50	-
Total de dados	30411	2922	2703	2708	2709	3905	3376	3843	3701	4544	-
Abrangência dos dados no período	99,82%	98,95%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	99,89%	99,54%	-
Quant. de dias de chuva do período	8108	740	695	702	751	1018	976	1016	1043	1167	-
Núm. de dias de chuva por ano	97	92	94	95	101	95	106	97	103	93	-
Precipitação acumulada no período	130454,4	12342,9	10479,6	10779,7	11203,0	16552,4	15941,3	15901,6	17961,7	19292,2	mm
Precipitação anual média (Média Aritmética)	1564	1527	1417	1454	1511	1549	1725	1512	1771	1544	mm/ano
Anomalia da precipitação anual média	0,00%	-2,35%	-9,42%	-7,00%	-3,39%	-0,98%	10,31%	-3,34%	13,25%	-1,28%	%
Precip.média dos dias de chuva (Média Arit.)	16,09	16,68	15,08	15,36	14,92	16,26	16,33	15,65	17,22	16,53	mm/ano
Precip.média dos dias de chuva (Média Harm.)	5,79	6,01	5,96	5,61	5,89	7,51	5,68	4,93	5,73	5,50	mm/ano
Desvio padrão	16,42	17,23	16,12	17,12	15,68	14,19	15,52	17,34	16,48	17,70	mm/ano
Precipitação diária máxima do período	202,90	165,10	146,80	118,40	120,40	105,20	99,30	150,20	114,70	202,90	mm/ano
Quant. de dias de chuva - Período seco	916	54	58	80	72	128	144	137	114	129	-
Quant. de dias de chuva - Período úmido	7579	733	637	623	680	890	888	967	1018	1143	-
Núm. de dias de chuva por ano - Período seco	10,98	6,68	7,84	10,79	9,71	11,98	15,58	13,02	11,24	10,32	-
Núm. de dias de chuva por ano - Período úmido	90,86	90,69	86,11	84,06	91,72	83,27	96,10	91,93	100,38	91,47	-

Análises Realizadas

- Valores Anuais (anos civis)
 - Períodos Secos (1º/mai. a 30/set.)
 - Períodos Úmidos (1º/out. a 30/abr.)
- Séries completas
- Comparação entre 2 segmentos das séries

Lagoa Grande (LG) – Pluv.

Série completa: 1941-2023

Segmento: 1984-2024 = FAL, IL

Segmentos: (1984-2004) x (2004-2024) = 2 seg. FAL, IL

Segmentos: (1971-1997) x (1997-2023) = 2 seg. HB

Honório Bicalho (HB) – Fluv.

Série completa: 1971-2023

Segmentos: (1971-1977) x (1977-2023) = 2 seg. LG

Segmentos: (1984-2004) x (2004-2024) = 2 seg. LG,IL, FAL

Fazenda Água Limpa (FAL) – Pluv.

Série completa: 1984-2024

Segmentos: (1984-2004) x (2004-2024) = 2 seg. LG,IL

Itabirito – Linígrafo – Pluv.

Série completa: 1984-2024

Segmentos: (1984-2004) x (2004-2024) = 2 seg. LG,IL

Análise Descritiva e Análise Inferencial Realizadas

Análise Descritiva: organiza, resume e descreve o que os dados indicam (mostra "o que foi" nos dados coletados, ou seja, é uma "fotografia" dos dados observados).

Análise Inferencial: usa os dados para tirar conclusões, fazer previsões e testar hipóteses sobre uma realidade mais ampla (conclui "o que pode ser" no futuro, o que se pode prever a partir da "fotografia" obtida).

Precipitação Acumuladas e Volumes Escoados - Quantidade de Dias de Chuva – Precipitações e Vazões Médias

Análise Descritiva realizada:

- Valor mínimo
- 1º Quartil
- Mediana (2º Quartil)
- Média Aritmética
- 3º Quartil
- Valor Máximo
- Variância
- Desvio Padrão
- Distribuição dos Dados por Classes de Intensidade – Frequências

Índices de Anomalias

Análise Inferencial realizada:

Regressão Linear - Coeficiente angular (variação por ano), p-valor do coeficiente angular, Intervalo de Confiança (IC95%) do coef. angular, R^2

Testes de Pressupostos da Regressão:

- Normalidade dos resíduos: Testes de Shapiro-Wilk, Anderson-Darling e Kolmogorov-Smirnov.
- Heterocedasticidade: Teste de Breusch-Pagan e de White
- Autocorrelação: Teste de Durbin-Watson

Gráficos Q-Q Plot (suporte à Análise Inferencial)

Testes de tendências e mudanças

- Mann-Kendall
- Sen's Slope
- Teste de Pettitt:
- Teste de Spearman
- BFAST
- CUSUM
- Changepoint
- Análise Quantílica das Mudanças nos Padrões dos Dados

Análise Descritiva e Análise Inferencial Realizadas

Estudo	Categoria	Explicação
Distribuição das Alt. das Precip., Vazões e Vol. Escoados por Classes de Intensidade – Frequências	Não Paramétrico (Descritivo)	Este estudo organiza, resume e descreve como o volume total de chuva do ano ou de um período, as vazões diárias e os volumes anuais escoados pelo rio se distribuem entre diferentes intensidades (ex.: quantos mm de chuva total caíram como chuva fraca, moderada ou intensa). É uma "fotografia" detalhada do comportamento observado dos dados analisados.
Análise Quantílica das Mudanças nos Padrões das Precipitações e Vazões	Não Paramétrico (Inferencial)	Este método vai além de descrever a média. Ele testa se houve mudanças estatisticamente significativas não só no centro (média), mas em toda a distribuição (ex.: nos percentis 10º, 50º, 90º). Ele infere se os padrões de eventos extremos ou secas mudaram no processo climático subjacente.
Gráficos Q-Q Plot	Ferramenta Paramétrica de Análise (suporta a Inferencial)	O Q-Q Plot é primariamente uma ferramenta gráfica de diagnóstico usada para validar um pressuposto inferencial (normalidade dos resíduos) ou para comparar duas distribuições. Sua finalidade é servir de base para uma conclusão inferencial.
Índices de Anomalias (Precipitações e Vazões)	Paramétrica (Descritiva) / Não Paramétrica (Inferencial)	O cálculo do índice em si (ex.: precipitação observada - média histórica) é descritivo, pois resume o desvio de um valor específico em um período. Porém, a interpretação padronizada desse índice (ex.: classificar como "seco", "normal" ou "úmido") e qualquer teste de tendência aplicado a uma série de anomalias são atividades inferenciais.

Análise Descritiva e Análise Inferencial Realizadas

Métodos paramétricos assumem que os dados seguem uma distribuição específica, como a normal, enquanto **métodos não paramétricos** não fazem suposições sobre a distribuição subjacente, sendo mais robustos para dados complexos ou que violam pressupostos tradicionais.

Métodos de Análise

Paramétricos (assumem uma distribuição, geralmente a normal):

- Regressão Linear e todos os seus componentes (coeficiente, p-valor, IC, R^2)
- Testes de Pressupostos: Shapiro-Wilk, Anderson-Darling, Breusch-Pagan, White, Durbin-Watson
- Teste CUSUM (na sua forma de teste de hipótese clássico)
- Métodos Paramétricos de Changepoint

Não Paramétricos (livres de distribuição):

- Teste de Kolmogorov-Smirnov
- Testes de Tendência: Mann-Kendall, Sen's Slope, Spearman
- Teste de Mudança: Pettitt
- Métodos Não Paramétricos de Changepoint

BFAST

Método essencialmente paramétrico, cuja sofisticação ("inteligência") reside em seu algoritmo iterativo e adaptativo para detectar automaticamente múltiplos pontos de mudança dentro de um modelo de decomposição temporal.

O teste Changepoint utilizado nesses estudos é paramétrico, pois utiliza algoritmos (BinSeg, PELT, AMOC) que dependem do pressuposto de normalidade dos dados para detectar mudanças na média e na variância.

Principais Conclusões



Volumes Escoados pelo Rio das Velhas no Ponto da Estação Honório Bicalho

Volume Diário Escorado = Vazão Média do Dia (valor registrado na série histórica analisada) x 3600 segundos/hora x 24 horas por dia

Comparação de Dois Segmentos da Série (50% da duração total de 52,6 anos)

- Nos últimos 26,3 anos, houve um **déficit total de 3.364,4 Mm³** de volume escoado pelo Rio das Velhas em comparação com o período anterior. Esse valor representa 13,26% do volume escoado nos primeiros 26,3 anos.
- Considerando que a ETA Bela Fama retira em média 7,0 m³/s do Rio das Velhas para abastecer a RMBH, **o déficit total de volume de 3.363,4 Mm³ dos últimos 26,3 anos, em comparação com os 26,3 anos anteriores, seria suficiente para abastecer a RMBH por 5.563 dias (aproximadamente 15,2 anos).**

Volumes Escoados pelo Rio das Velhas no Ponto da Estação Honório Bicalho

Volume Diário Escorado = Vazão Média do Dia (valor registrado na série histórica analisada) x 3600 segundos/hora x 24 horas por dia

Comparação de Dois Segmentos da Série (50% da duração total de 52,6 anos)

- Houve um **déficit de volume de 837,71 Mm³** nos últimos 26,3 anos (12,7% do volume total dos **períodos secos** dos primeiros 26,3 anos). **Esse volume perdido seria suficiente para abastecer a RMBH por 1.385 dias (aprox. 3,8 anos).**
- Houve um **déficit de volume de 2.514,69 Mm³** nos últimos 26,3 anos (13,4% do volume total dos **períodos úmidos** dos últimos 26,3 anos). **Esse volume perdido seria suficiente para abastecer a RMBH por 4.158 dias (aproximadamente 11,4 anos).**

Volumes Escoados pelo Rio das Velhas no Ponto da Estação Honório Bicalho

Alterações Totais dos Volumes Precipitados entre os Dois Períodos Analisados (2 x 20,2 anos) para Lagoa Grande (MMV), Fazenda Água Limpa e Itabirito Linígrafo). (27/01/1984 a 31/03/2004) x (01/04/2004 a 30/06/2024)			
	Valores Anuais	Períodos Secos	Períodos Úmidos
Lagoa Grande (MMV)	-2,06%	-20,20%	-0,24%
Itabirito Linígrafo	-1,52%	-19,03%	0,24%
Fazenda Água Limpa	-2,96%	-9,13%	-2,37%

Alterações Totais dos Volumes Escoados pelo Rio das Velhas em Honório Bicalho entre os Dois Períodos Analisados (2 x 19,9 anos) e (2 x 26,3 anos)			
Honório Bicalho (2 x 19,9 anos) 18/01/1984 a 24/12/2003 (7.281 dias) x 25/12/2003 a 30/11/2023 (7.281 dias)	-6,62% (-1.207,5 Mm ³ = 5,47 TA*)	-8,27% (-400,93 Mm ³ = 1,81 TA*)	-6,03% (-806,6 Mm ³ = 3,65 TA*)
Honório Bicalho (2 x 26,3 anos) 27/04/1971 a 12/08/1997 (9.605 dias) x 13/08/1977 a 30/11/2023 (9.606 dias)	-13,26% (3.364,4 Mm ³ = 15,23 TA*)	-12,72% (837,7 Mm ³ = 3,79 TA*)	-13,45% (4.178,0 Mm ³ = 11,44 TA*)

TA-RMBH (Tempo de Abastecimento da RMBH – $q = 7,0 \text{ m}^3/\text{s}$)

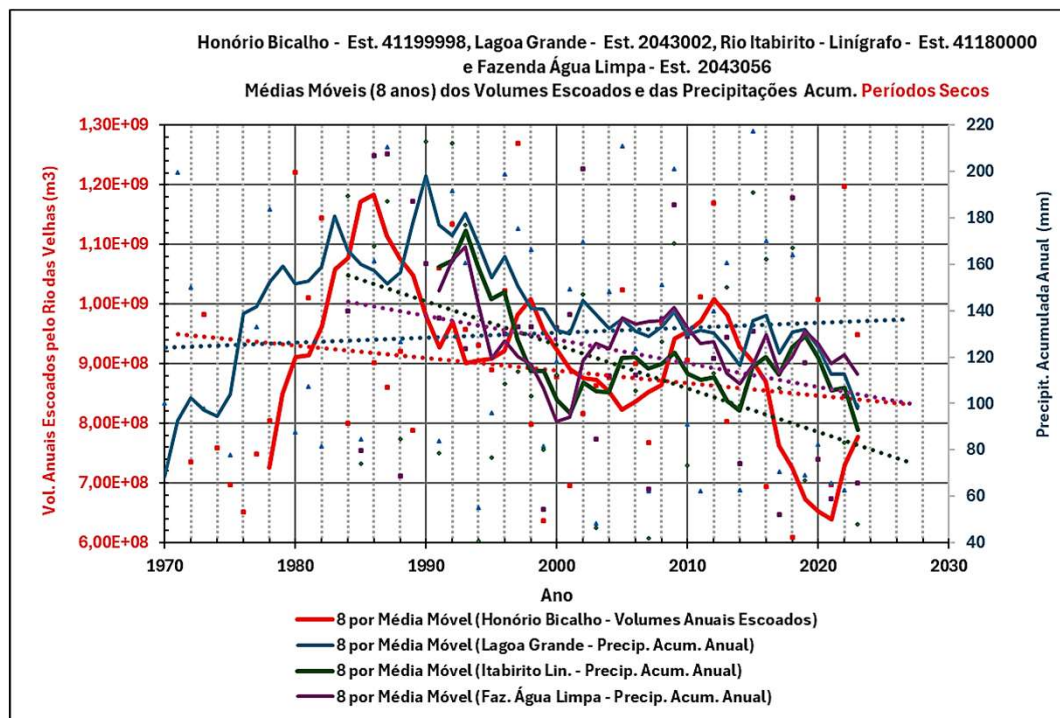
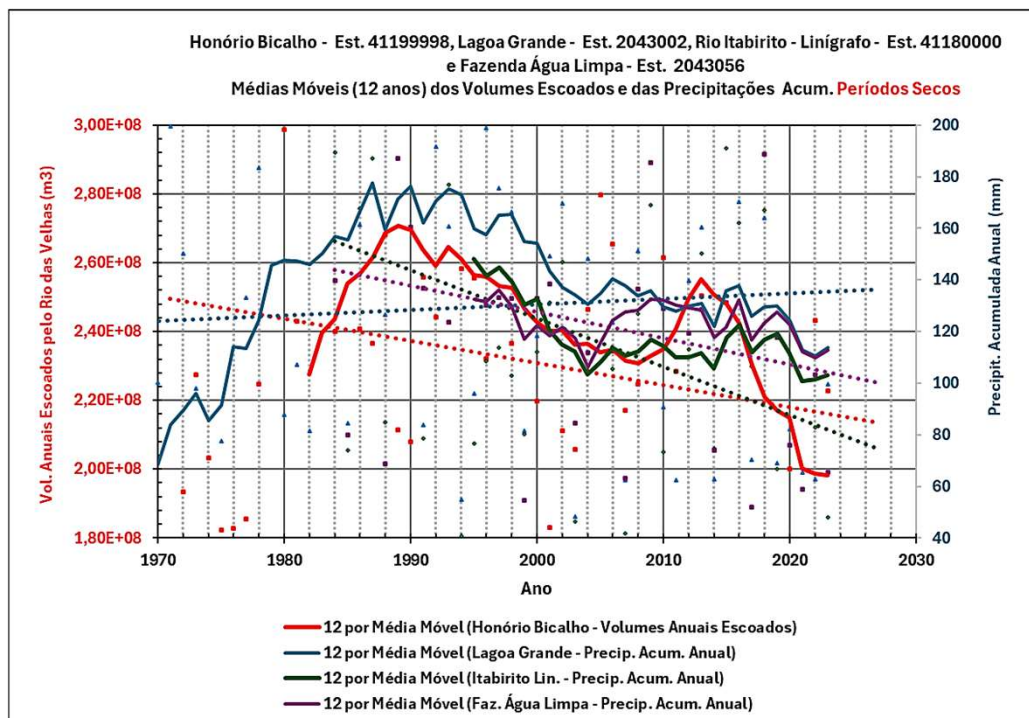
Análise de precipitações por faixas de volumes e precipitados diários



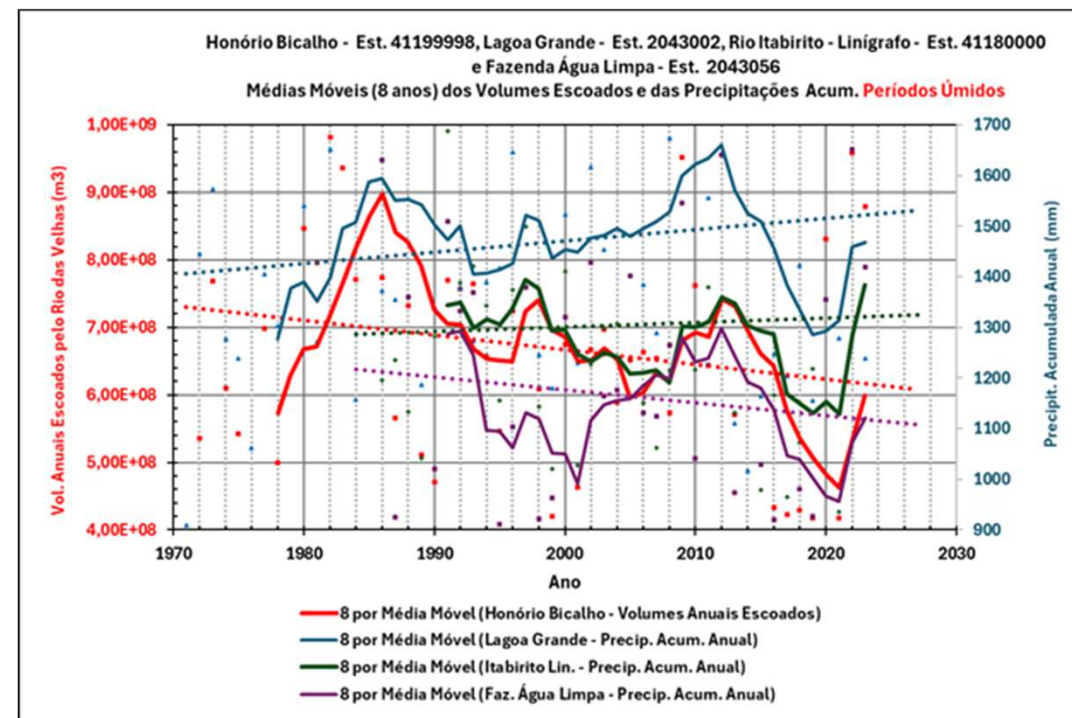
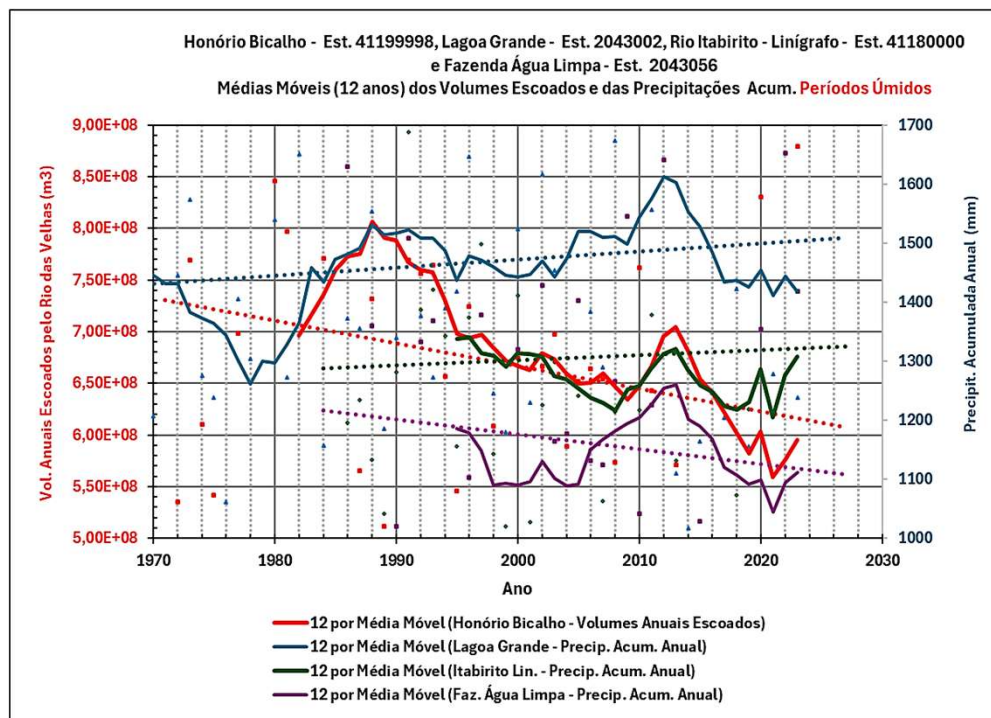
Período de análise		Dois períodos de 20,2 anos: • 18/01/1984 a 30/03/2004 • 01/04/2004 a 30/06/2024								
Critério de inclusão		Precipitação diária $\geq 1,3$ mm								
Classificação por faixas		14 faixas de 3,5 mm cada + uma faixa final > 49 mm ($< 52,5$ mm para os períodos úmidos)								
	Unid.	Valores Anuais			Períodos Secos			Períodos Úmidos		
Indicador		LG	IT	FAL	LG	IT	FAL	LG	IT	FAL
Aumento da quantidade de dias chuvosos em faixas específicas	Dias	43	99	53	9	8	16	53	106	61
Redução da quantidade de dias nas demais faixas (número)	Dias	-169	-99	-115	-72	-56	-62	-115	-58	-77
Alteração total da quantidade de dias chuvosos	Dias	-126	0	-62	-63	-48	-46	-62	48	-16
Alteração % de dias chuvosos com relação ao 1º segmento	%	-6,07%	0,00%	-3,44%	-22,60%	-19,30%	-16,50%	-3,51%	2,86%	-1,04%
Aumento do volume precipitado em faixas específicas (mm)	mm	1.131	1.502	1.027	265	338	389	1.512	1.491	1.137
Aumento % do vol. precip. nas faixas com relação ao 1º segmento	%	3,43%	5,22%	3,92%	8,75%	12,90%	15,20%	5,05%	5,70%	4,82%
Redução do volume precipitado nas demais faixas	mm	-1.930	-1.939	-1.802	-876	-837	-622	-1.583	-1.429	-1.697
Redução % do vol. precip. nas faixas com relação ao 1º segmento	%	-5,86%	-6,73%	-6,89%	-29,0%	-31,90%	-24,40%	-5,30%	-5,46%	-7,19%
Alteração total do volume precipitado	mm	-679	-437	-775	-612	-499	-234	-71	62	-559
Alteração % do volume precipitado com relação ao 1º segmento	%	-2,06%	-1,52%	-2,96%	-20,2%	-19,03%	-9,15%	-0,24%	0,24%	-2,37%
Volume precipitado do primeiro segmento (1984 a 2004)	mm	32.947	28.800	26.164	3.027	2.620	2.551	29.923	26.179	23.613
Volume precipitado do segundo segmento (2004 a 2024)	mm	32.268	28.363	25.389	2.415	2.122	2.318	29.852	26.241	23.053
Volume total precipitado nos períodos	mm	65.214	57.162	51.552	5.442	4.742	4.869	59.776	52.421	46.666
Total precipitado nas 3 estações	mm	173.928			15.053			158.863		

LG = Lagoa Grande (MMV) IT = Itabirito Linígrafo FAL = Fazenda Água Lima

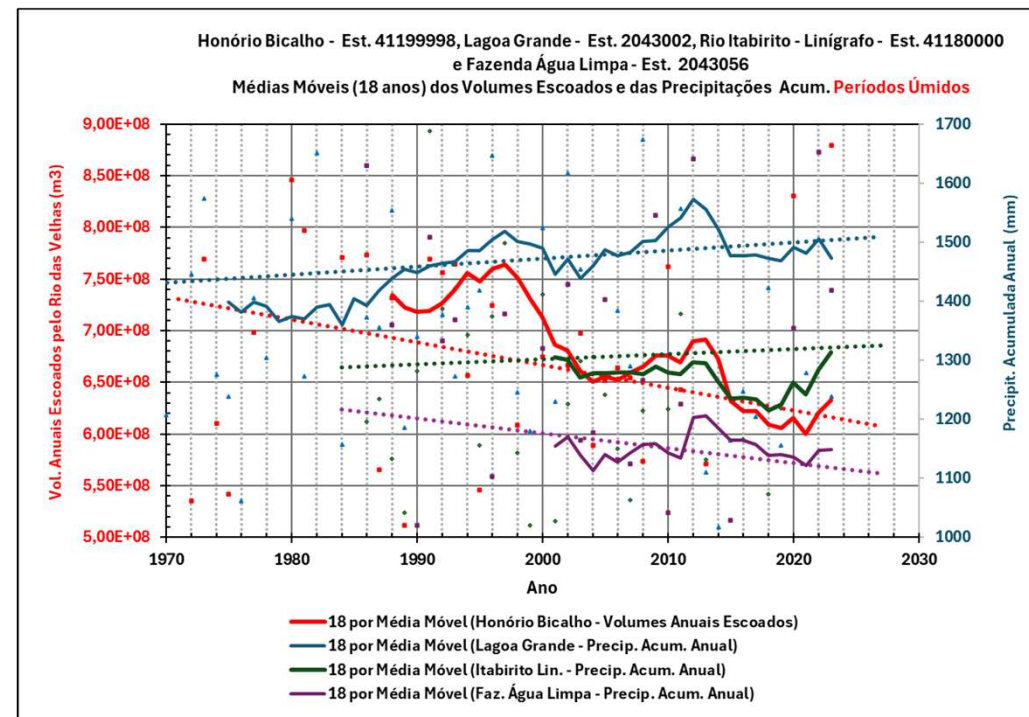
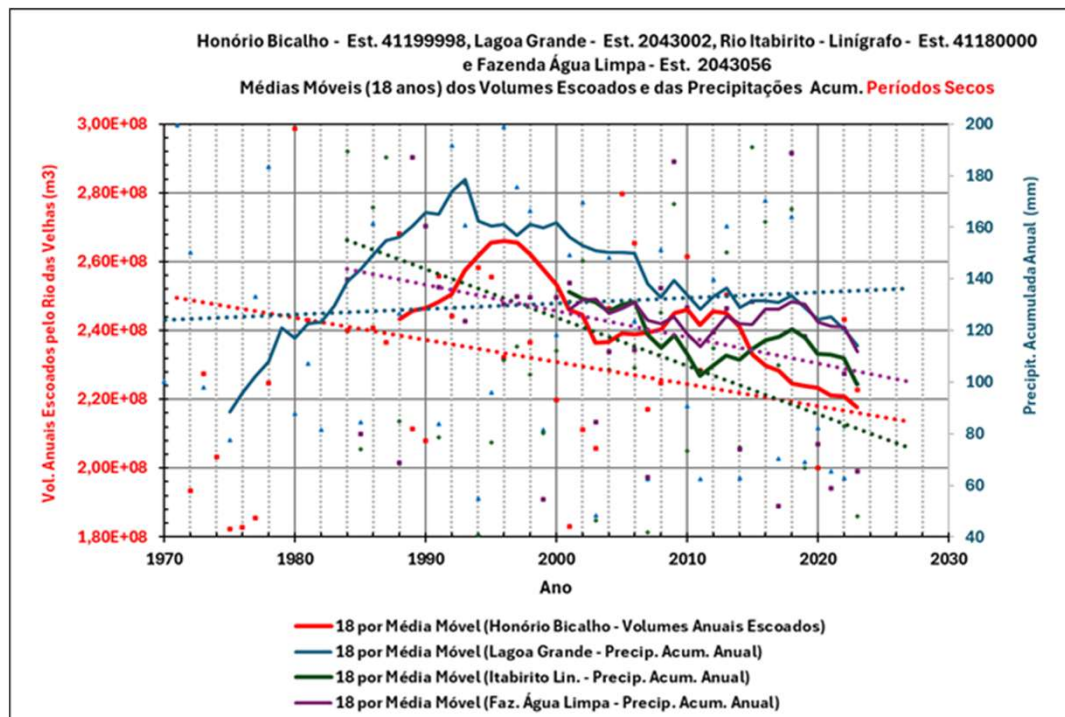
Volumes Escoados em Honório Bicalho e Precipitações Médias Móveis – Períodos Secos – P = 8 e 12 anos



Volumes Escoados em Honório Bicalho e Precipitações Médias Móveis – Períodos Úmidos – P = 8 e 12 anos



Volumes Escoados em Honório Bicalho e Precipitações Médias Móveis – Períodos Secos e Úmidos – 18 anos



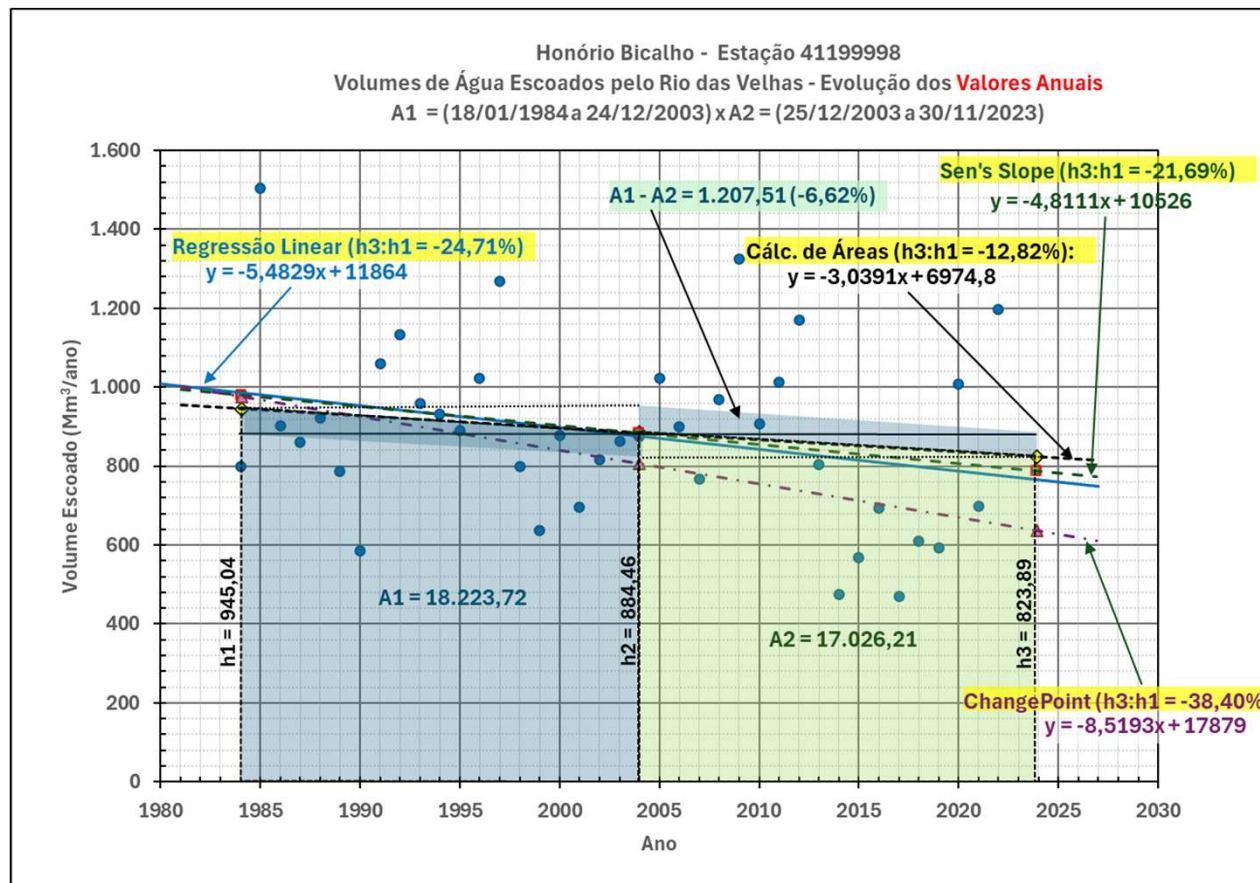
Volumes Escoados pelo Rio das Velhas no Ponto da Estação Honório Bicalho

- Em termos percentuais, a redução geral das precipitações entre os dois períodos esteve entre 1 e 3% nos recortes referentes aos anos civis e aos períodos úmidos e entre 9 e 20% nos períodos secos (em que o total precipitado é bem inferior ao dos períodos úmidos) enquanto a redução geral dos volumes escoados pelo Rio das Velhas entre os mesmos períodos foi de 13%.
- Como a maior parte dos volumes escoam nos períodos úmidos, a maior redução percentual das chuvas dos períodos secos não seria responsável pela redução geral dos volumes escoados pelo rio. Ademais, no presente estudo, considerou-se a duração dos períodos secos de 5 meses e a dos úmidos, de 7 meses.

Volumes Escoados pelo Rio das Velhas no Ponto da Estação Honório Bicalho

- A redistribuição das chuvas em faixas de intensidade, a extensão das áreas representadas pelas 3 estações, as características originais e as alterações das superfícies dessas áreas (permeabilidade) nas últimas décadas são fatores que devem ser levados em conta para a avaliação da influência das chuvas nas vazões.
- Sobretudo, é necessário considerar que, **de acordo com dissertações da UFMG, datadas de 2023, desde 2005 a 2009 as vazões outorgada pelo IGAM para bombeamento em cavas de mineração e outros locais do Sinclinal Moeda ultrapassaram a capacidade de recarga dos aquíferos pelas chuvas.**
- Como não há medição nem fiscalização assíduas das atividades de bombeamento não se pode afirmar que as vazões realmente bombeadas não superam as outorgadas. Existe em toda a área do Sinclinal, bem como nas áreas do vale, além dos poços das áreas de mineração, inúmeros outros poços de captação de água, outorgados ou não, para suprimento de indústrias, de núcleos habitacionais e de particulares.

Volumes Escoados pelo Rio das Velhas no Ponto da Estação Honório Bicalho



Volumes Escoados pelo Rio das Velhas no Ponto da Estação Honório Bicalho

Tabela-Resumo da Análise da Série de 1984 a 2022 de Honório Bicalho – Volumes Escoados Anualmente (Milhões de m³)

Indicador	Volumes Anuais (1984–2022)	Períodos Secos (1984–2022)	Períodos Úmidos (1984–2022)
Valor mínimo	468,954 (em 2017)	134,72 (em 2017)	367,23 (em 2015)
Média	881,42	232,57	653,30
Valor Máximo	1505,42 (em 1985)	350,58 (em 1985)	1098,92 (em 1997)
Regressão Linear – Coef. angular (variação por ano)	(–5,4829 Mm ³ /ano)	(–1,9046 Mm ³ /ano)	(–4,4272 Mm ³ /ano)
Variação percentual com relação à média total do segmento analisado	(–24,26%)	(–31,94%)	(–26,43%)
Sen's Slope	(–4,8111 Mm ³ /ano) Sem inclinação estatisticamente significativa (IC95% inclui zero)	(–2,0330 Mm ³ /ano) IC95% = (–3,0768 ; –0,4042) p < 0,05 HÁ REDUÇÃO ESTATISTICAMENTE SIGNIFICATIVA	(–5,5510 Mm ³ /ano) IC95% = (–10,262 ; –0,8874) p < 0,05 HÁ REDUÇÃO ESTATISTICAMENTE SIGNIFICATIVA
Variação percentual com relação à média total do segmento analisado	(–21,29%)	(–34,10%)	(–33,15%)

Volumes Escoados pelo Rio das Velhas no Ponto da Estação Honório Bicalho

Tabela-Resumo da Análise da Série de 1984 a 2022 de Honório Bicalho – Volumes Escoados Anualmente (Milhões de m³)

Indicador	Volumes Anuais (1984–2022)	Períodos Secos (1984–2022)	Períodos Úmidos (1984–2022)
Mann–Kendall	Sem tendência significativa	HÁ TENDÊNCIA ESTATISTICAMENTE SIGNIFICATIVA DE REDUÇÃO	HÁ TENDÊNCIA ESTATISTICAMENTE SIGNIFICATIVA DE REDUÇÃO
Teste de <u>Pettitt</u>	Nenhum ponto de mudança significativo detectado	Ponto de mudança significativo em 2013	Nenhum ponto de mudança significativo detectado
<u>Spearman</u>	Sem correlação significativa	HÁ TENDÊNCIA ESTATISTICAMENTE SIGNIFICATIVA DE REDUÇÃO	HÁ TENDÊNCIA ESTATISTICAMENTE SIGNIFICATIVA DE REDUÇÃO
Changepoint – Mudança na Média	1985, 1997, 2008, 2012, 2019; médias variando entre 672,82 e 1152,62 Mm ³	1996, 1997, 2003, 2008, 2013; médias variando entre 182,94 e 275,45 Mm ³	1985, 2008, 2011, 2012, 2019; médias variando entre 506,99 e 912,98 Mm ³
Changepoint – Média + Variância	Mudança mais significativa em 2021 – (nova média: 1198,01 Mm ³)	Mudança mais significativa em 2021 – (nova média: 243,27 Mm ³)	Mudança mais significativa em 2021 – (nova média: 958,70 Mm ³)

ANÁLISE DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO:

- A **precipitação total nos períodos úmidos** foi aprox. a mesma nas três estações comparadas: - **2,37% em média**.
- **Alterações na distribuição da intensidade diária:** afetam recarga e vazões, mesmo sem grande mudança no volume total.
- **Chuvas com grande intensidade e curta duração:** maior escoamento superficial, cheias e diminuição da recarga de aquíferos.
- **Falta de medições horárias ou telemétricas para os 40 anos** impede análise detalhada da distribuição ao longo do dia e seu real impacto na recarga.
- A análise indica que a **redução sistemática das vazões do Rio das Velhas** pode ser causada mais por fatores antrópicos do que por alterações no regime das chuvas dos períodos úmidos.
- Notável redução da quantidade de dias e dos volumes precipitados nos períodos secos.

POSSÍVEIS CAUSAS DA REDUÇÃO DAS VAZÕES:

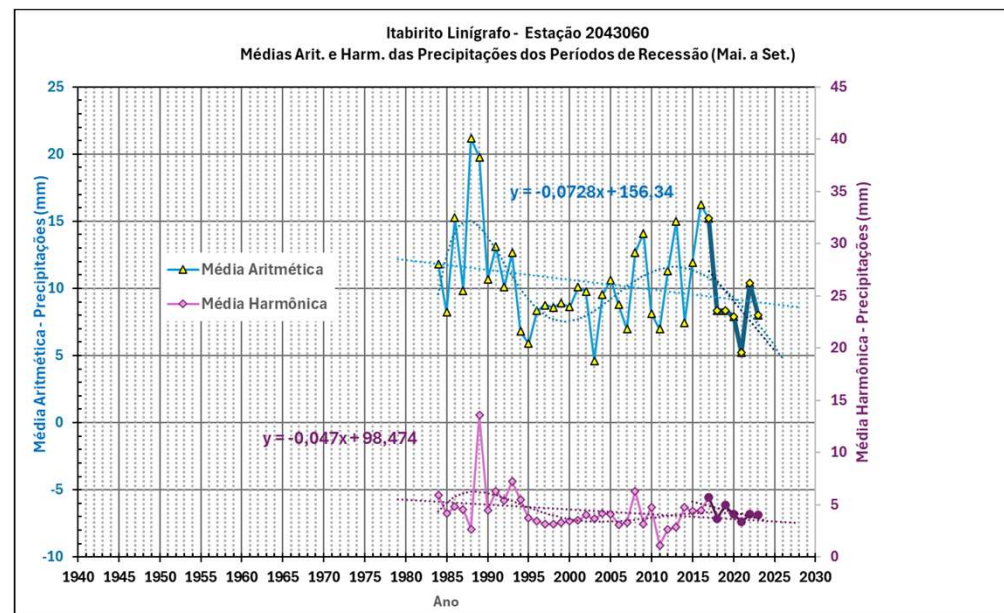
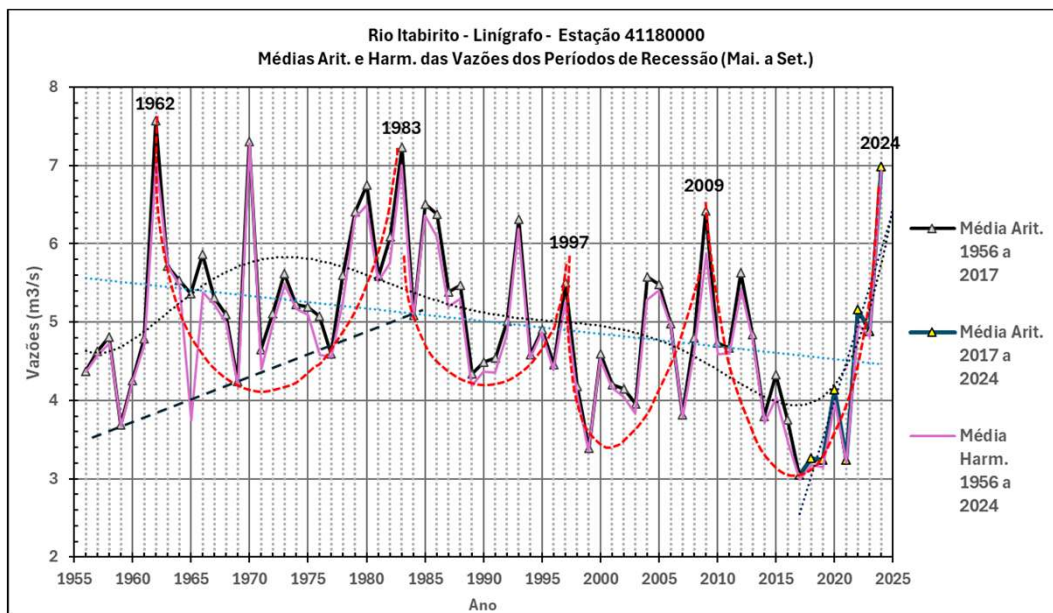
- **Ampliação das áreas de mineração:** Remoção de canga e corpos minerais que armazenam água, bombeamento contínuo para rebaixamento de aquíferos e alteração da permeabilidade do solo devido a pilhas de rejeito, vias de acesso etc.
- **Alterações no uso do solo:** Aumento de áreas urbanizadas, pavimentação e perda de vegetação nativa.
- **Aumento de captações de água:** Aumento da quantidade de poços, outorgados ou não, e dos volumes captados.
- **Mudanças na evapotranspiração:** Variações na cobertura vegetal, temperatura e umidade do ar: podem aumentar a perda de água para a atmosfera.

RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS:

Para identificar com mais precisão as causas da redução das vazões, são necessários estudos mais aprofundados sobre:

- A **distribuição horária das chuvas** ao longo do tempo (o que é limitado pela ausência de dados telemétricos antigos).
- A **variação espacial e temporal da permeabilidade dos solos** em toda a bacia.
- As **características dos aquíferos da região:** tipo (fraturado, poroso), capacidade de armazenamento, profundidade e tempo de resposta à recarga.
- A **contribuição das nascentes** para o fluxo do rio nos períodos de estiagem.

Volumes Escoados pelo Rio das Velhas no Ponto da Estação Honório Bicalho



Volumes Escoados pelo Rio das Velhas no Ponto da Estação Honório Bicalho

Não sabemos quais serão os impactos cumulativos e sinérgicos sobre as águas subterrâneas e superficiais desta bacia como consequência dos inúmeros rebaixamentos que estão sendo realizados pela mineração.

Daqui a 30 ou 50 anos, quando as mineradoras terminarem sua exploração, deixarão de:

- Aumentar artificialmente a vazão dos córregos e riachos com águas subterrâneas mais profundas compensando assim, pelo menos parcialmente, os volumes de água naturais que estavam armazenados nos minérios que foram retirados e que supriam as inúmeras nascentes das encostas do Sinclinal Moeda e do Gandarela;
- Melhorar, com o acréscimo de água subterrânea de excelente qualidade, a péssima qualidade da água que observamos hoje.

O que acontecerá com o Velhas?

Distribuição Volumétrica da Precipitação Diária por Classes de Intensidade – Frequências

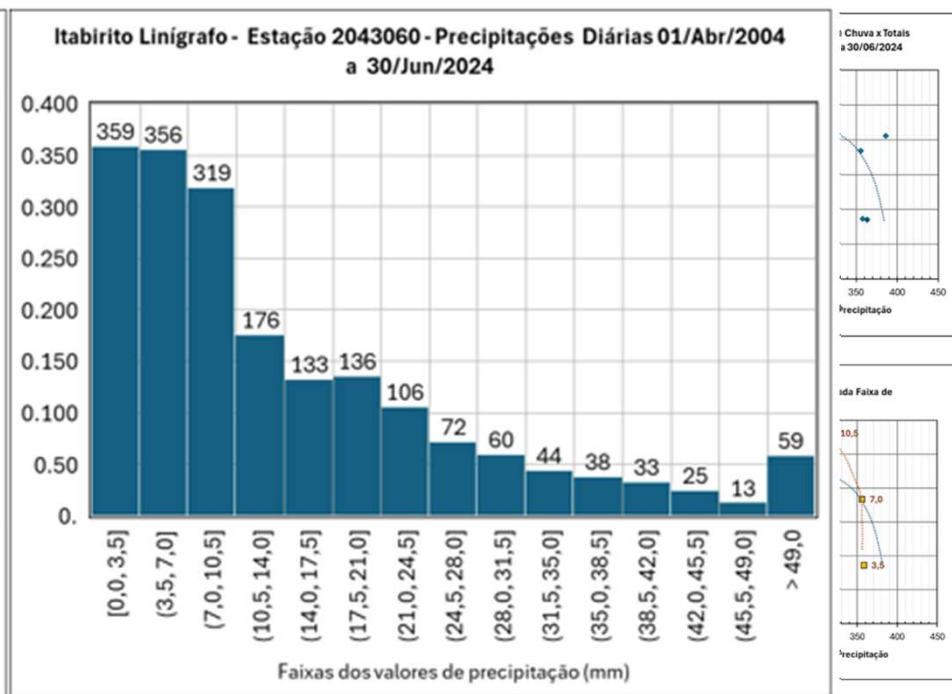
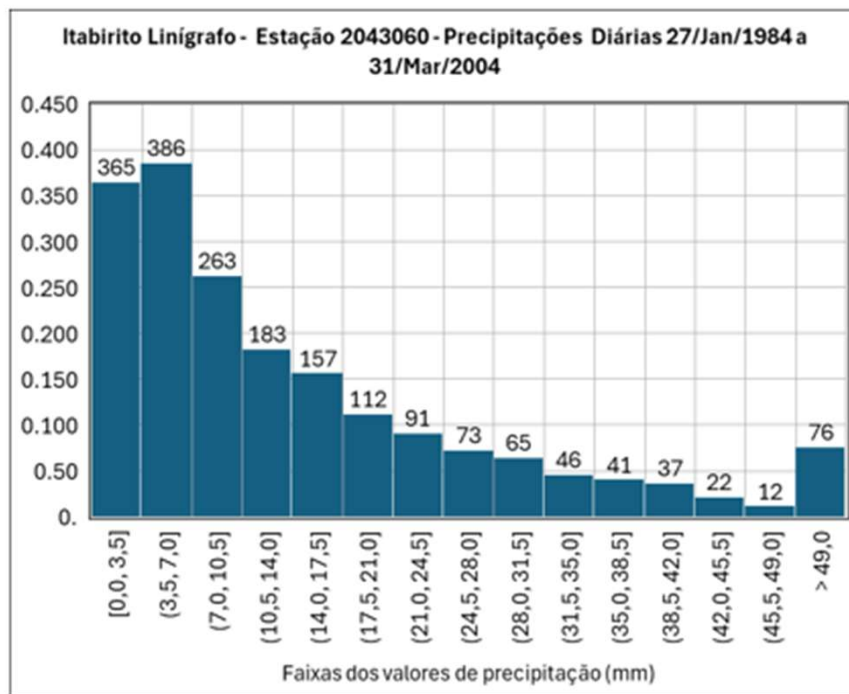


Distribuição Volumétrica da Precipitação Diária por Classes de Intensidade – Frequências

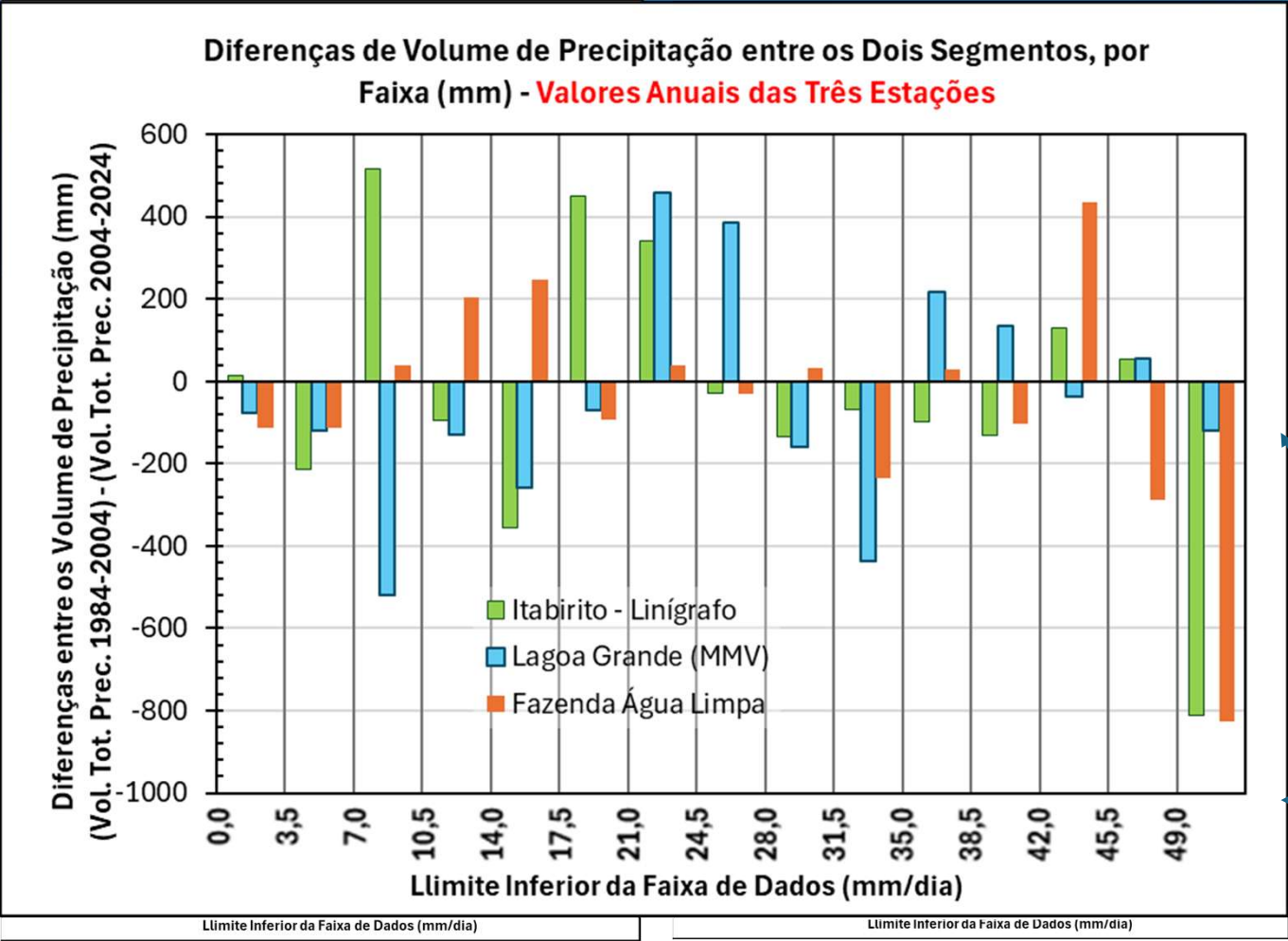
Valores Anuais (Anos Civos), Períodos Secos e Períodos Úmidos - Dois Segmentos de 20,2 anos cada (1984-2004 e 2004-2024).

Estações: Itabirito Linígrafo, Fazenda Água Limpa, Lagoa Grande (MMV)

Limites das Faixas de Precipitações		Qt. de Dados		Precip. Acumulada (mm)		Diferenças	
Inferior	Superior	27/01/1984 a 31/03/2004	01/04/2004 a 30/06/2024	27/01/1984 a 31/03/2004	01/04/2004 a 30/06/2024	Quant de Dados	Alturas de Precip. (mm)
0,0	3,5	364	358	849,3	864,4	-6	15
3,5	7,0	386	356	2056,2	1841,9	-30	-214
7,0	10,5	263	319	2298,4	2813,0	56	515
10,5	14,0	183	176	2242,0	2148,3	-7	-94
14,0	17,5	157	133	2462,7	2106,0	-24	-357
17,5	21,0	112	136	2145,9	2595,0	24	449
21,0	24,5	91	106	2072,2	2413,9	15	342
24,5	28,0	73	72	1911,0	1881,8	-1	-29
28,0	31,5	65	60	1931,0	1796,9	-5	-134
31,5	35,0	46	44	1527,5	1458,0	-2	-69
35,0	38,5	41	38	1508,5	1410,3	-3	-98
38,5	42,0	37	33	1475,7	1343,7	-4	-132
42,0	45,5	22	25	960,3	1088,4	3	128
45,5	49,0	12	13	566,3	620,0	1	54
49,0	300,0	76	59	4792,5	3981,2	-17	-811
Totais		1928	1928	28800	28363	0	-437



Valores Anuais (Anos Civos) nas Três Estações – (1984 a 2004) x (2004 a 2024)
Diferenças de Volumes Precipitados e de Quantidade de Dias de Chuva.



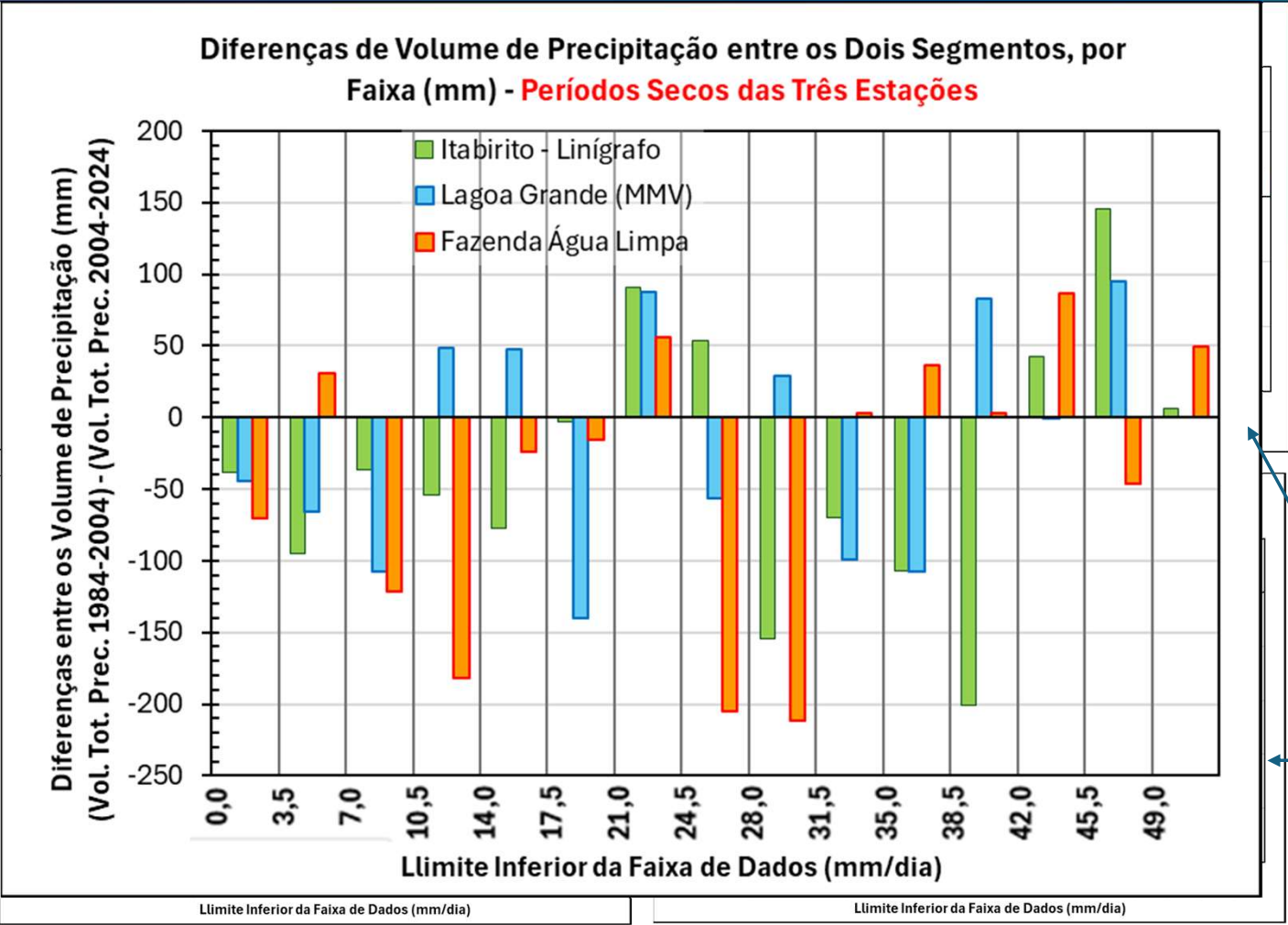
Limites das Faixas de Precipitações		Diferenças Médias Ponderadas	
Inferior	Superior	Quant de Dados	Alturas de Precip. (mm)
0,0	3,5	-31	-58
3,5	7,0	-23	-149
7,0	10,5	-2	-13
10,5	14,0	-2	-19
14,0	17,5	-10	-141
17,5	21,0	5	94
21,0	24,5	13	296
24,5	28,0	5	126
28,0	31,5	-4	-95
31,5	35,0	-8	-257
35,0	38,5	2	58
38,5	42,0	-1	-24
42,0	45,5	4	157
45,5	49,0	-1	-47
49,0	300,0	-11	-557
Totais		-65	-628

Alguns aumentos das chuvas de média intensidade e redução principalmente das de maior intensidade

Redução geral dos dias de chuvas e pequeno aumento dos dias de chuvas de média intensidade.

Períodos secos nas três estações – (1984 a 2004) x (2004 a 2024)

Diferenças de volumes precipitados e de quantidade de dias de chuva.



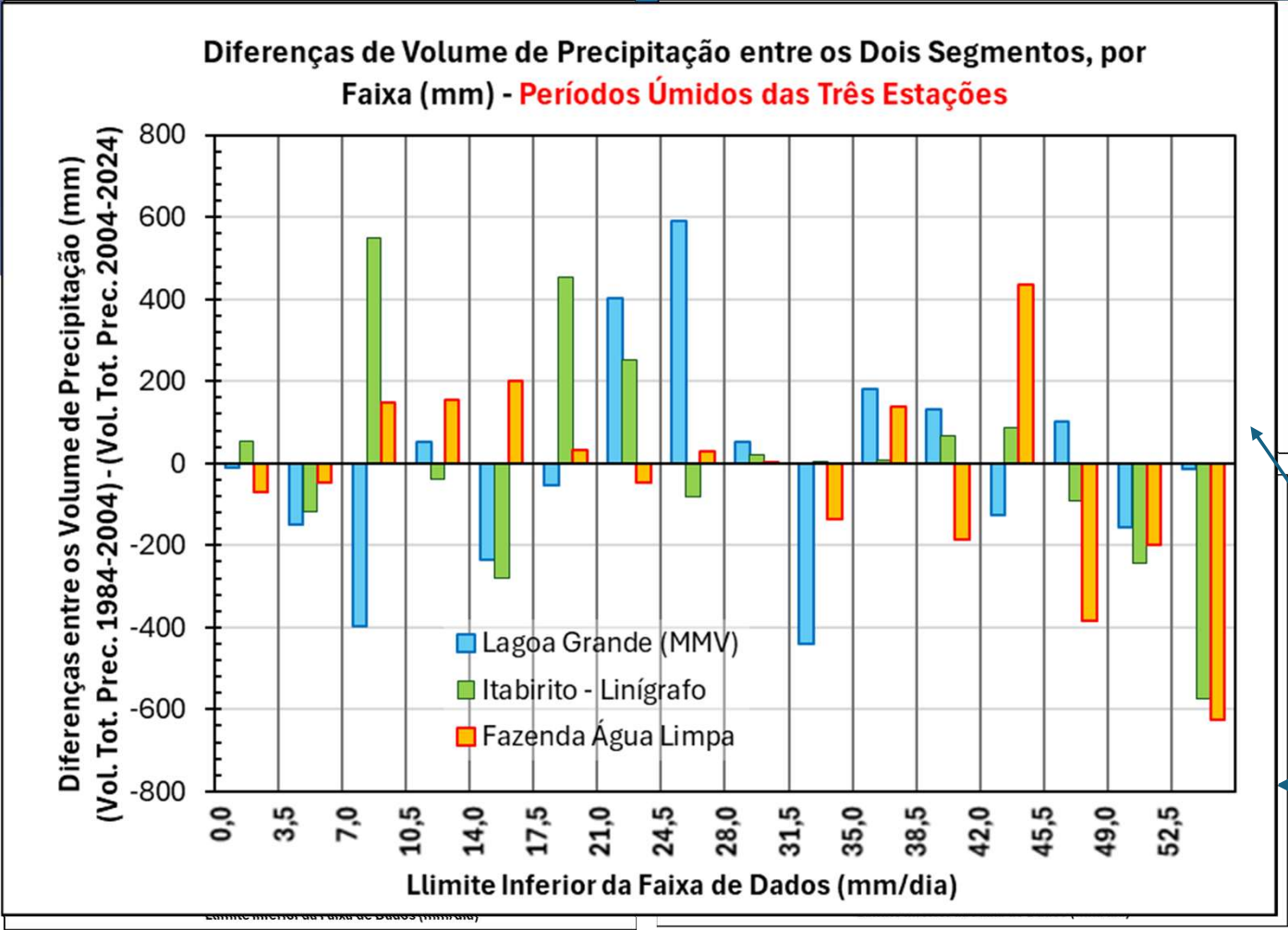
Limites das Faixas de Precipitações		Diferenças Médias Ponderadas	
Inferior	Superior	Quant de Dados	Alturas de Precip. (mm)
0,0	3,5	-20	-52
3,5	7,0	-7	-40
7,0	10,5	-11	-90
10,5	14,0	-5	-67
14,0	17,5	-1	-17
17,5	21,0	-3	-52
21,0	24,5	3	77
24,5	28,0	-3	-76
28,0	31,5	-4	-116
31,5	35,0	-2	-53
35,0	38,5	-2	-55
38,5	42,0	0	-35
42,0	45,5	1	44
45,5	49,0	1	59
49,0	300,0	0	20
Totais		-52	-454

Redução geral das chuvas de e algum aumento das chuvas de maior intensidade

Redução geral dos dias de chuva

Períodos úmidos nas três estações – (1984 a 2004) x (2004 a 2024)

Diferenças de volumes precipitados e de quantidade de dias de chuva.



Limites das Faixas de Precipitações		Diferenças Médias Ponderadas	
Inferior	Superior	Quant de Dados	Alturas de Precip. (mm)
0,0	3,5	-10	-7
3,5	7,0	-15	-110
7,0	10,5	7	76
10,5	14,0	4	53
14,0	17,5	-9	-122
17,5	21,0	8	138
21,0	24,5	10	220
24,5	28,0	8	203
28,0	31,5	0	27
31,5	35,0	-6	-206
35,0	38,5	3	112
38,5	42,0	0	17
42,0	45,5	2	109
45,5	49,0	-2	-104
49,0	52,5	-4	-198
52,5	300,0	-8	-378
Totais		-12	-171

Aumento das chuvas de menor intensidade e redução das de maior intensidade

Redução dos dias com chuvas de menor intensidade e de maior intensidade.

Análise dos Índice de Anomalia de Chuva – IAC (Rainfall Anomaly Index - RAI)



Análise dos Índice de Anomalia de Chuva – IAC (Rainfall Anomaly Index - RAI)

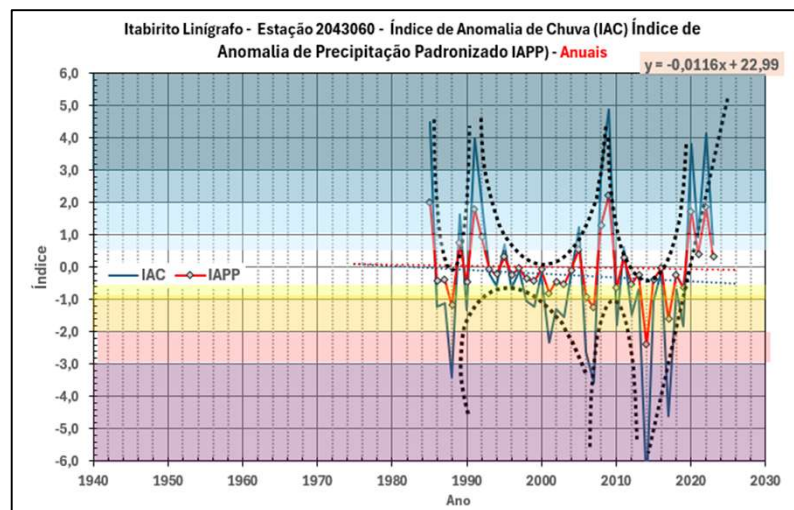
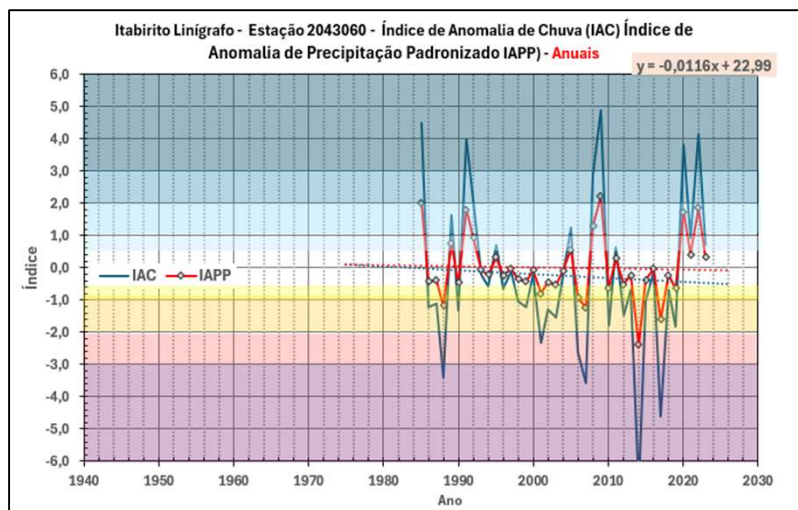
Valores anuais (anos civis), períodos secos e períodos úmidos -

Dois segmentos de 20 anos cada (1984-2004 e 2004-2024).

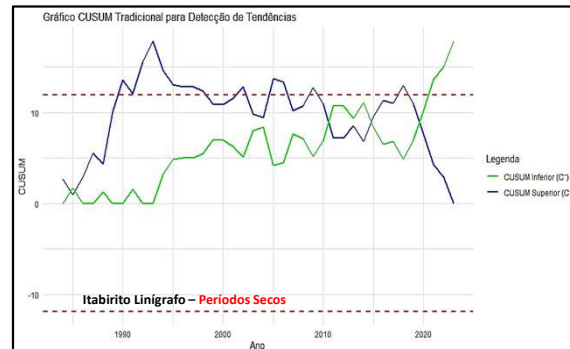
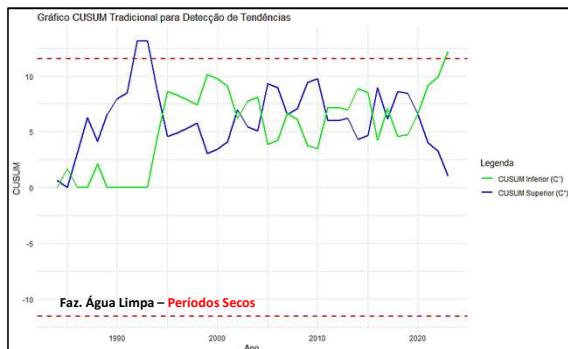
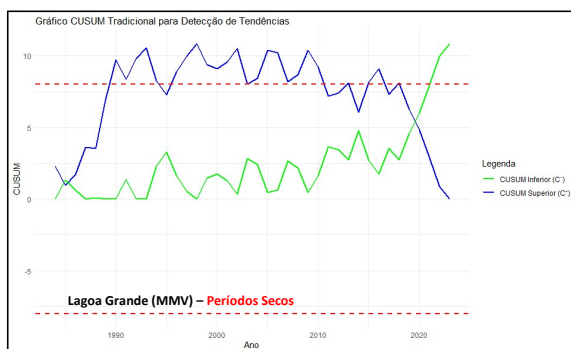
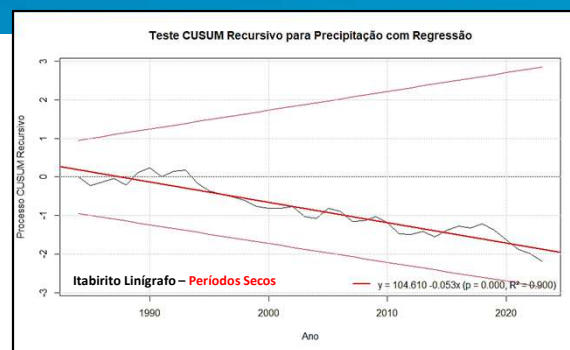
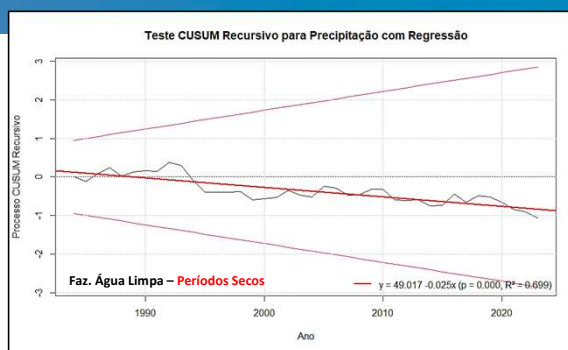
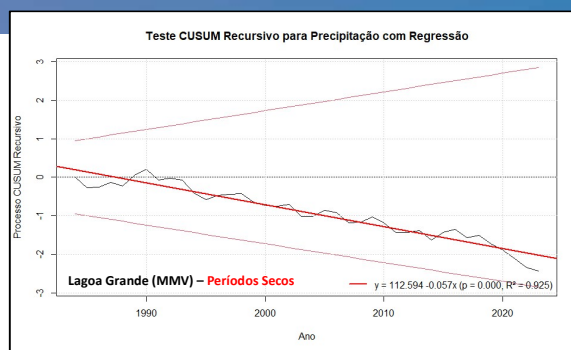
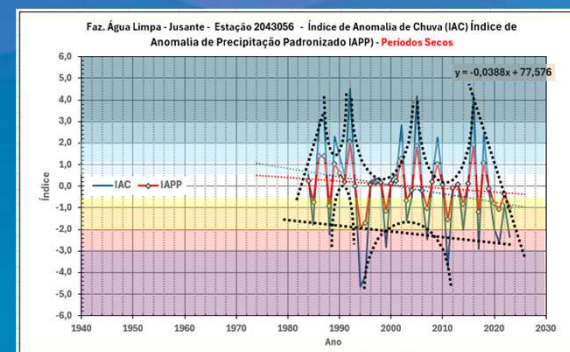
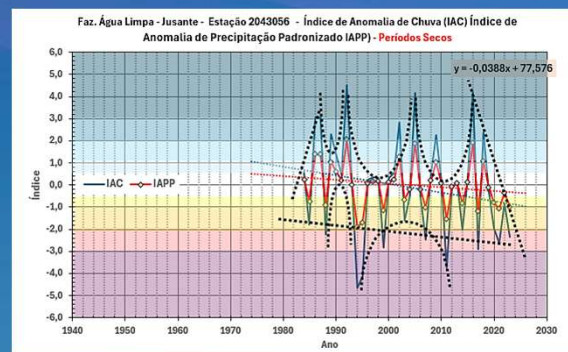
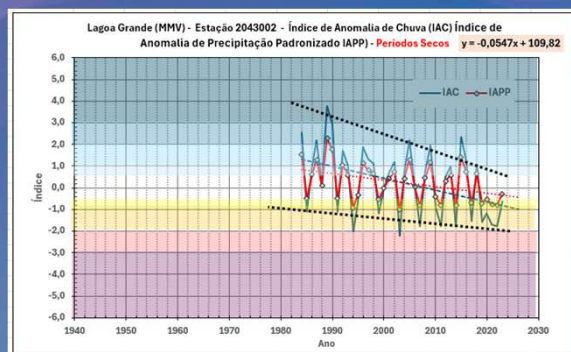
Estações: Itabirito Linígrafo, Fazenda Água Limpa, Lagoa Grande (MMV)

Original definition
(van Rooy 1965)

RAI	Description
≥ 3.00	Extremely wet
2.00 to 2.99	Very wet
1.00 to 1.99	Moderately wet
0.50 to 0.99	Slightly wet
-0.49 to 0.49	Near normal
-0.99 to -0.50	Slightly dry
-1.99 to -1.00	Moderately dry
-2.99 to -2.00	Very dry
≤ -3.00	Extremely dry

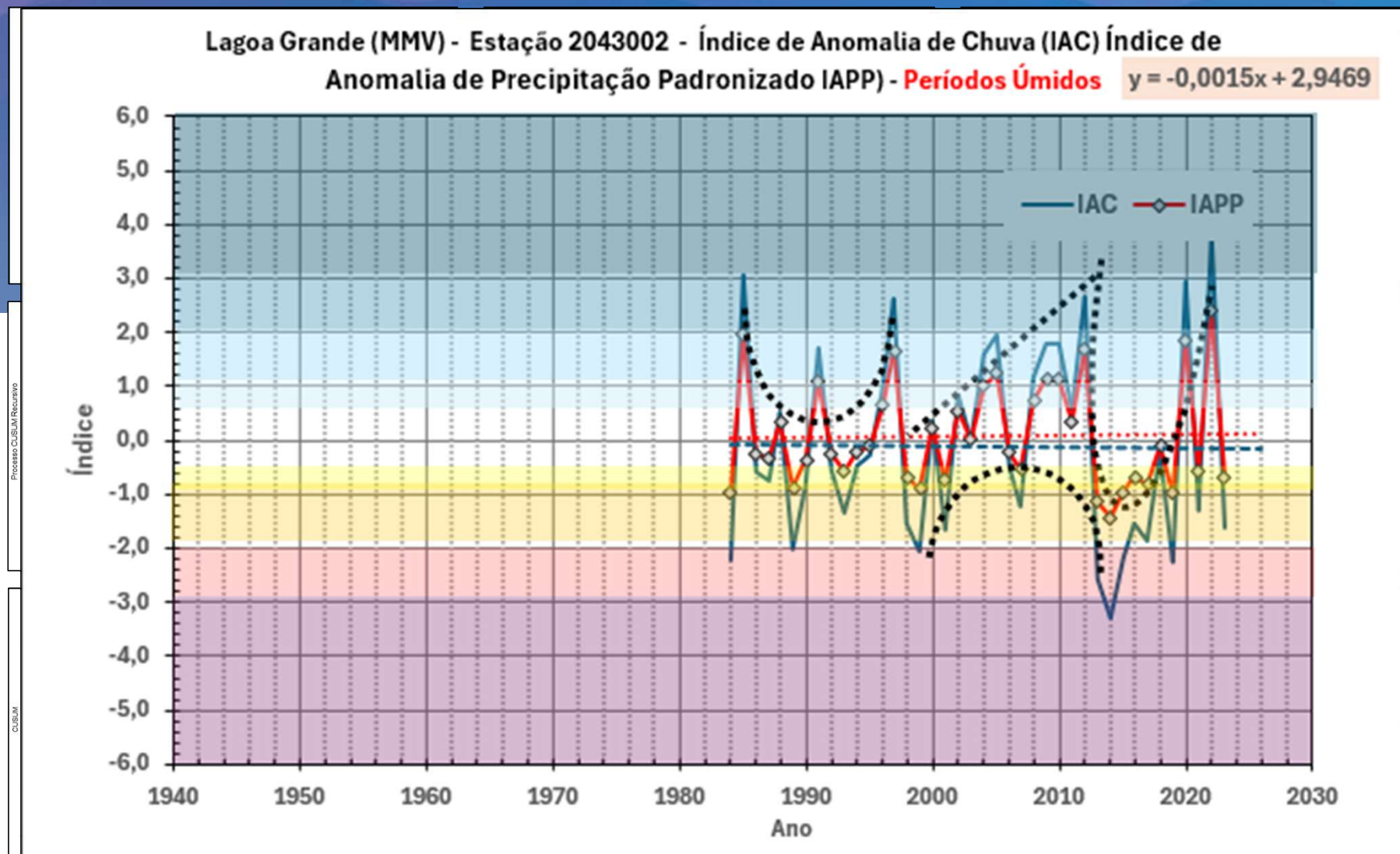


Períodos secos (1984 a 2004) x (2004 a 20024) Índice de Anomalia de Chuvas (IAC)

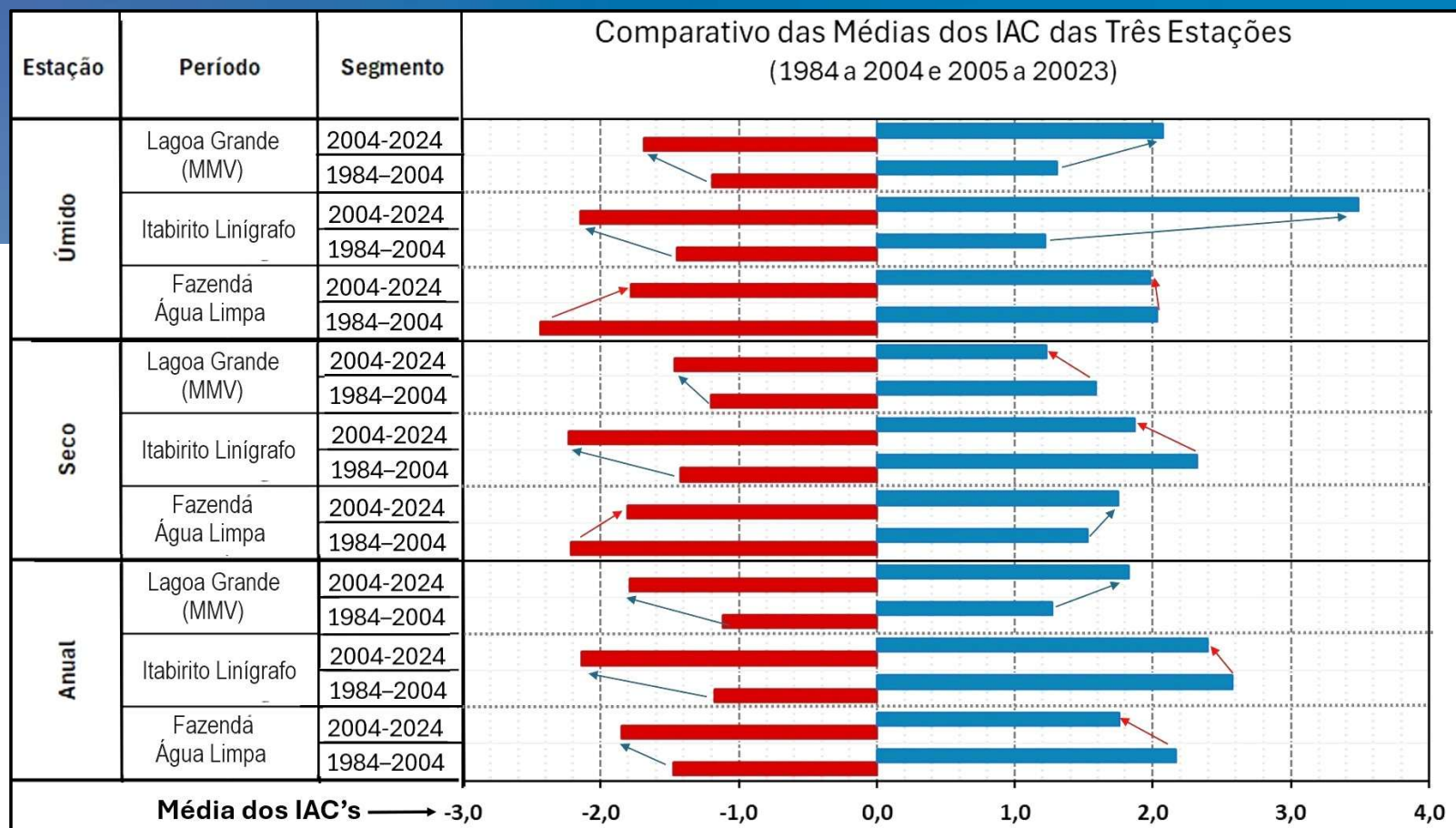


Períodos úmidos (1984 a 2004) x (2004 a 2024) Índice de Anomalia de Chuvas (IAC)

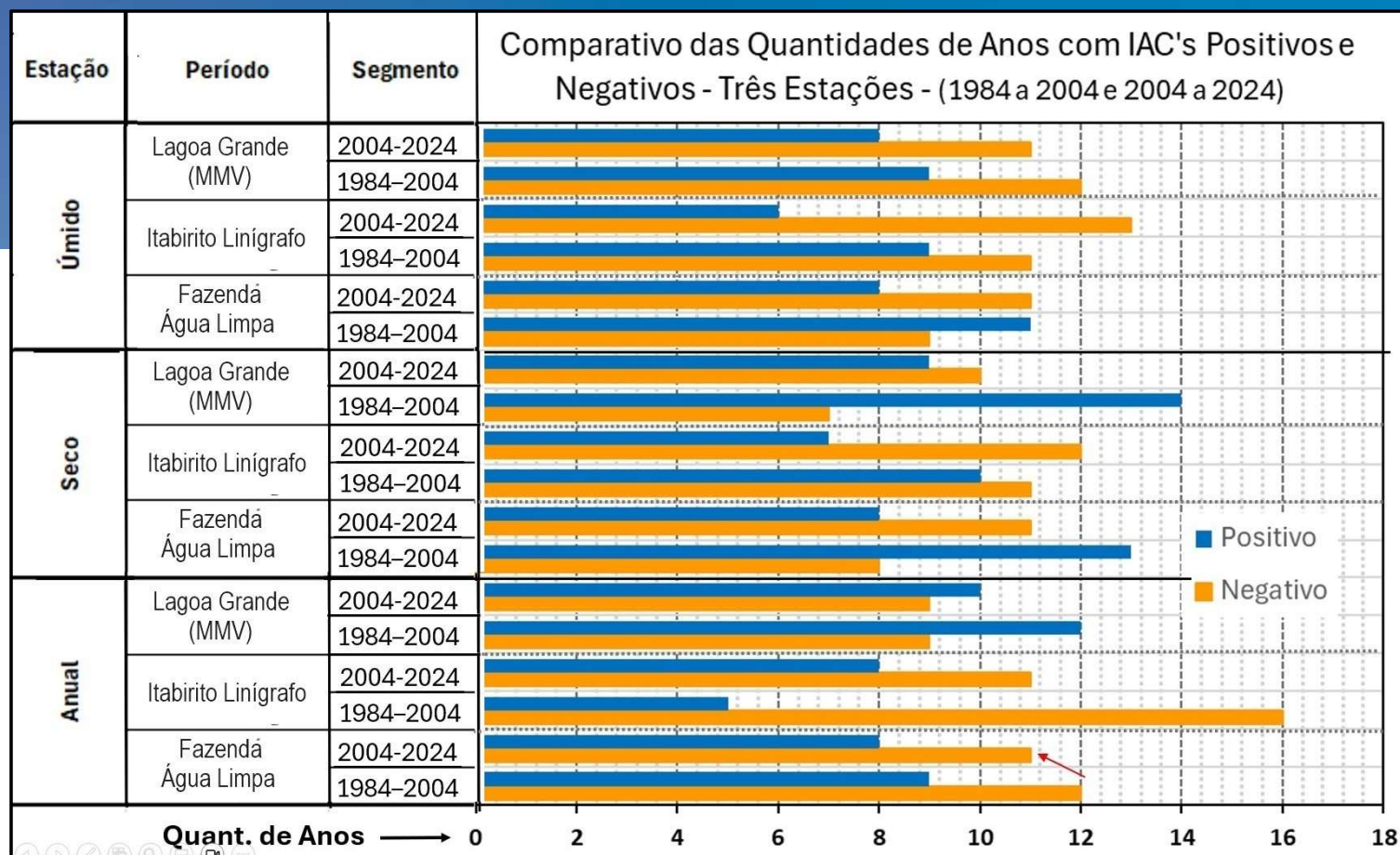
F



Análise dos Índice de Anomalia de Chuva – IAC (Rainfall Anomaly Index - RAI) (1984 a 2004) x (2004 a 2024)



Análise dos Índice de Anomalia de Chuva – IAC (Rainfall Anomaly Index - RAI) (1984 a 2004) x (2004 a 2024)

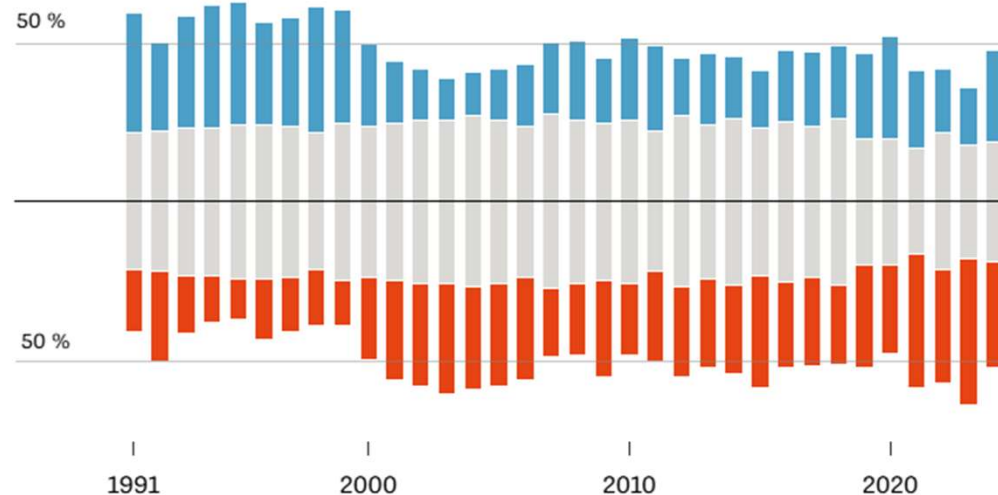


É impressionante que eventos climáticos extremos frequentemente ocorram simultaneamente em diferentes lugares. Por exemplo, a bacia amazônica e outras partes da América do Sul sofreram uma das secas mais severas das últimas décadas. Rios importantes como o Amazonas, o São Francisco e o Paraná transportaram significativamente menos água do que o normal em muitos lugares. Ao mesmo tempo, graves inundações ocorreram no sul do Brasil.

Weniger im Fluss

Wasserabflussmenge von Flüssen weltweit, Abweichung vom langjährigen Mittel 1991-2024

■ zu hoch ■ normal ■ zu niedrig



Quelle: WMO

Aquecimento global como causa

Cheias e secas ao mesmo tempo – o ciclo da água tornou-se imprevisível

2024 também será um ano de seca extrema e inundações severas. Isso é um sinal de que o ciclo global da água está desequilibrado, alerta o relatório "Estado dos Recursos Hídricos Globais".

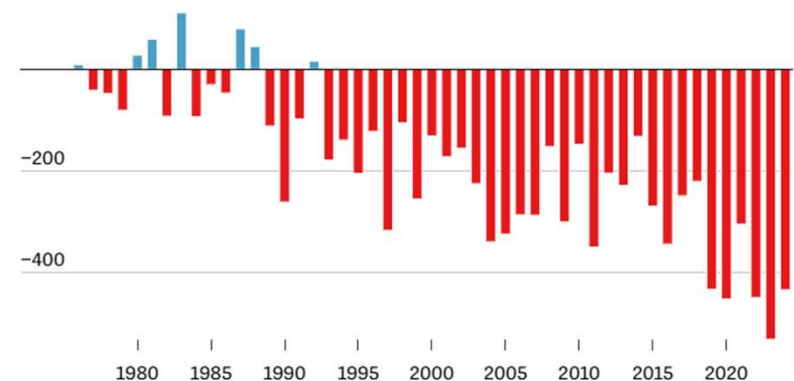
Por Alina Schadwinkel

18 de setembro de 2025, 11h30

Die große Schmelze

Jährliche Veränderung der weltweiten Gletschermasse, in Gigatonnen

+200 Variação anual na massa global das geleiras, em gigatoneladas



Quelle: WMO

<https://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/bericht-state-of-global-water-resources-der-wasserkreislauf-ist-unberechenbar-geworden-a-f53c1f68-a00d-47bf-b2fa-1ae6d290f997>

Análise dos Índice de Anomalia de Chuva – IAC (Rainfall Anomaly Index - RAI) (1984 a 2004) x (2004 a 2024)



Tabela Comparativa dos Índices de Anomalias de Chuvas das Três Estações

Est.	Período	Segmento	IAC Neg.	Soma IAC Neg.	Média IAC Neg.	IAC Pos.	Soma IAC Pos.	Média IAC Pos.	Balanco IAC
Úmido	Lagoa Grande	2004-2024	11	-18,59	-1,69	8	16,62	2,08	-1,97
		1984-2004	12	-14,35	-1,20	9	11,74	1,30	-2,61
	Itabirito - Linígrafo	2004-2023	13	-27,97	-2,15	6	20,92	3,49	-7,05
		1984-2004	11	-15,92	-1,45	9	11,00	1,22	-4,92
	Faz. Água Limpa	2004-2024	11	-19,64	-1,79	8	15,86	1,98	-3,78
		1984-2004	9	-21,95	-2,44	11	22,31	2,03	0,36
Seco	Lagoa Grande	2004-2024	10	-14,65	-1,47	9	11,03	1,23	-3,62
		1984-2004	7	-8,43	-1,20	14	22,24	1,59	13,81
	Itabirito - Linígrafo	2004-2023	12	-26,80	-2,23	7	13,10	1,87	-13,70
		1984-2004	11	-15,64	-1,42	10	23,19	2,32	7,55
	Faz. Água Limpa	2004-2024	11	-19,84	-1,80	8	14,02	1,75	-5,82
		1984-2004	8	-17,72	-2,22	13	19,85	1,53	2,13
Anual	Lagoa Grande	2004-2024	9	-16,09	-1,79	10	18,30	1,83	2,21
		1984-2004	9	-10,04	-1,12	12	15,29	1,27	5,25
	Itabirito - Linígrafo	2004-2023	11	-23,56	-2,14	8	19,20	2,40	-4,36
		1984-2004	16	-18,80	-1,18	5	12,87	2,57	-5,93
	Faz. Água Limpa	2004-2024	11	-20,36	-1,85	8	14,08	1,76	-6,28
		1984-2004	12	-17,69	-1,47	9	19,47	2,16	1,78

Análise quantílica das mudanças nos padrões de precipitação

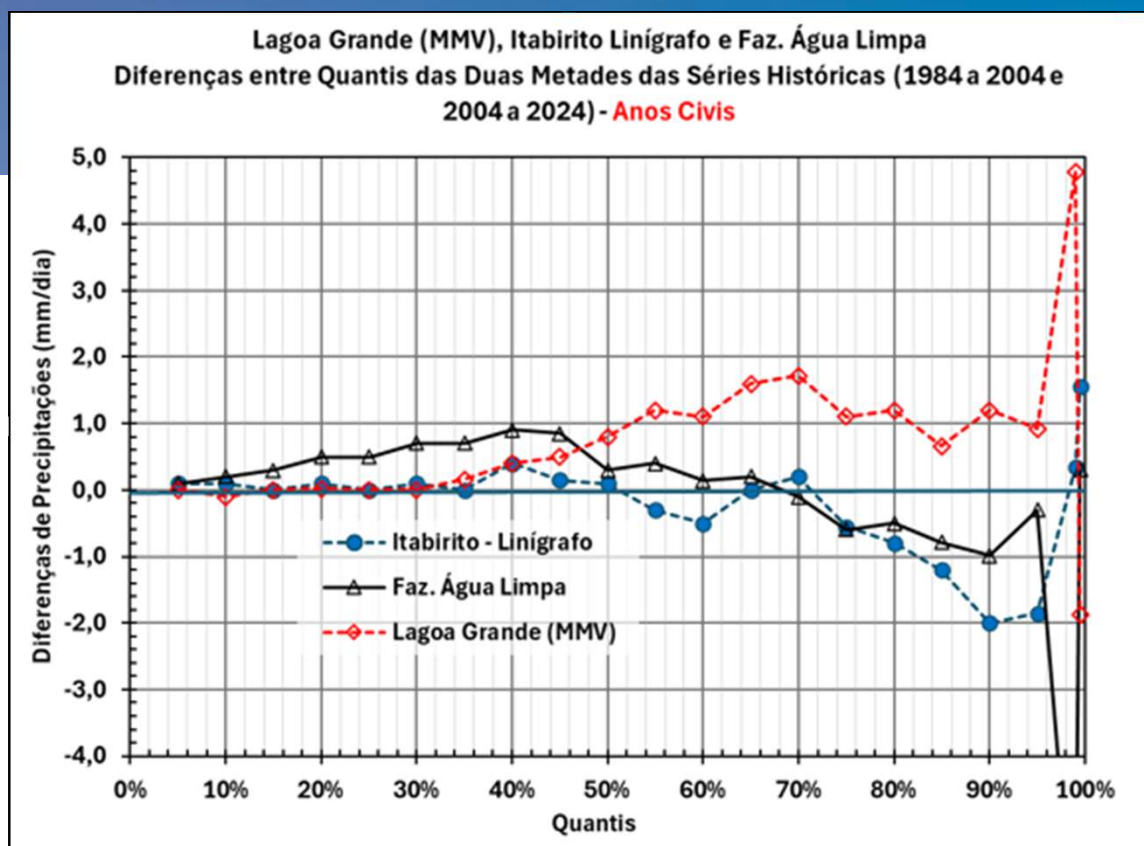


Análise quantílica das mudanças nos padrões de precipitação

Valores anuais (anos civis), períodos secos e períodos úmidos -

Dois segmentos de 20 anos cada (1984-2004 e 2004-2024).

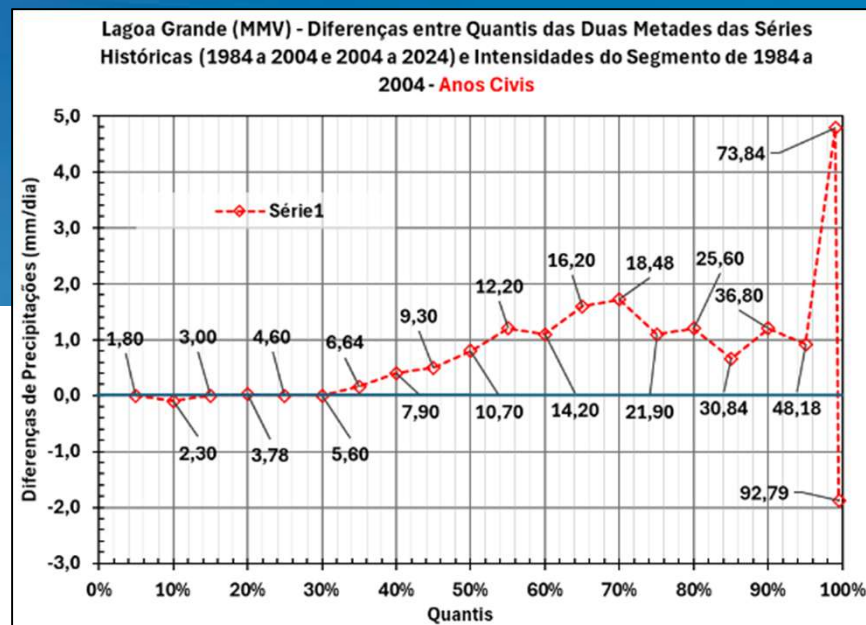
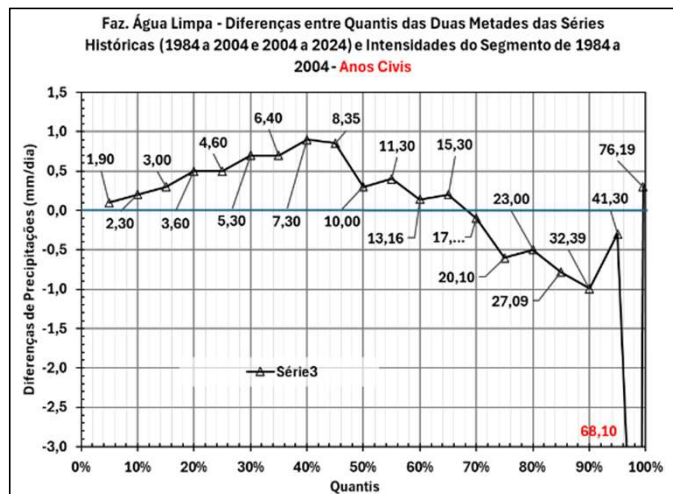
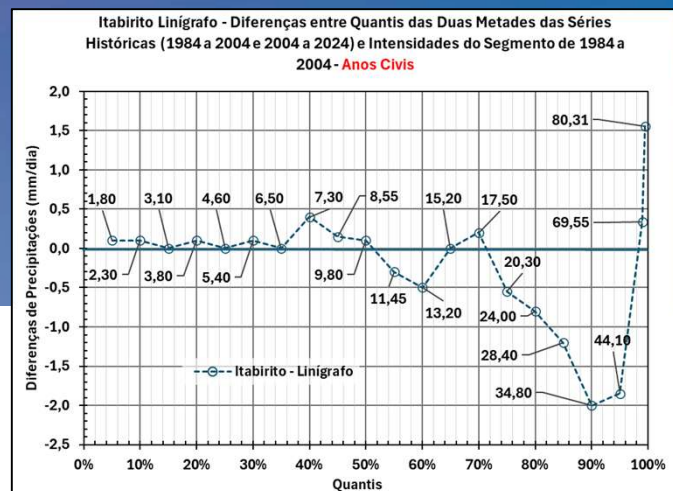
Estações: Itabirito Linígrafo, Fazenda Água Limpa, Lagoa Grande (MMV)



ITABIRITO - LINÍGRAFO (MMV) - CÓD. PLUVIOMÉTRICO: 2043056			
Probabilidade	Quantis (mm/dia)		Diferenças (mm/dia)
	27/01/1984 a 31/03/2004	01/04/2004 a 30/06/2024	
5,0%	1,80	1,90	0,10
10,0%	2,30	2,40	0,10
15,0%	3,10	3,10	0,00
20,0%	3,80	3,90	0,10
25,0%	4,60	4,60	0,00
30,0%	5,40	5,50	0,10
35,0%	6,50	6,50	0,00
40,0%	7,30	7,70	0,40
45,0%	8,55	8,70	0,15
50,0%	9,80	9,90	0,10
55,0%	11,45	11,15	-0,30
60,0%	13,20	12,70	-0,50
65,0%	15,20	15,20	0,00
70,0%	17,50	17,70	0,20
75,0%	20,30	19,75	-0,55
80,0%	24,00	23,20	-0,80
85,0%	28,40	27,20	-1,20
90,0%	34,80	32,80	-2,00
95,0%	44,10	42,25	-1,85
99,0%	69,55	69,89	0,34
99,5%	80,31	81,87	1,55

Valores anuais (anos civis) nas três Estações – (1984 a 2004) x (2004 a 2004)

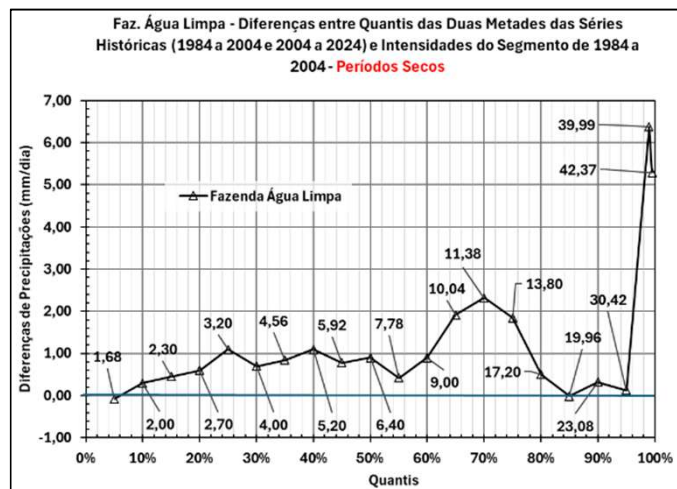
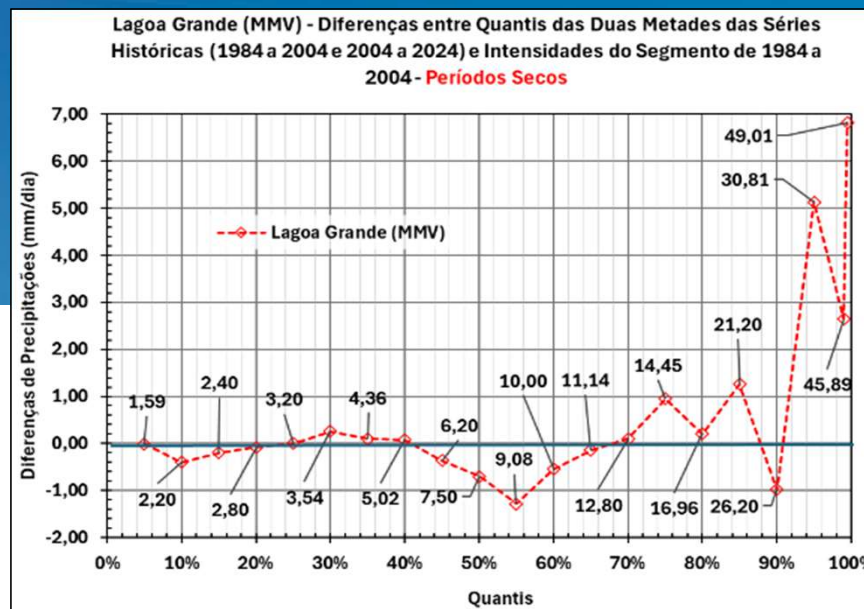
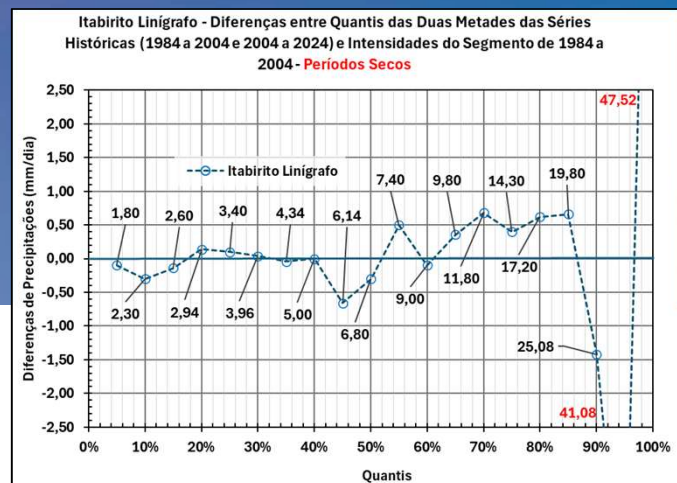
Análise por quantis



- Mudanças climáticas regionais: aumento das chuvas leves e moderadas e diminuição das chuvas mais fortes nas áreas mais baixas da bacia do Rio das Velhas e comportamento oposto nas áreas mais altas.
- Chuvas muito fortes com elevada alteração de intensidade em todas as áreas.
- O aumento da intensidade no Sinclinal Moeda eleva os riscos nas extensas e numerosas áreas de mineração dessa região.

Períodos secos nas três Estações – (1984 a 2004) x (2004 a 2004)

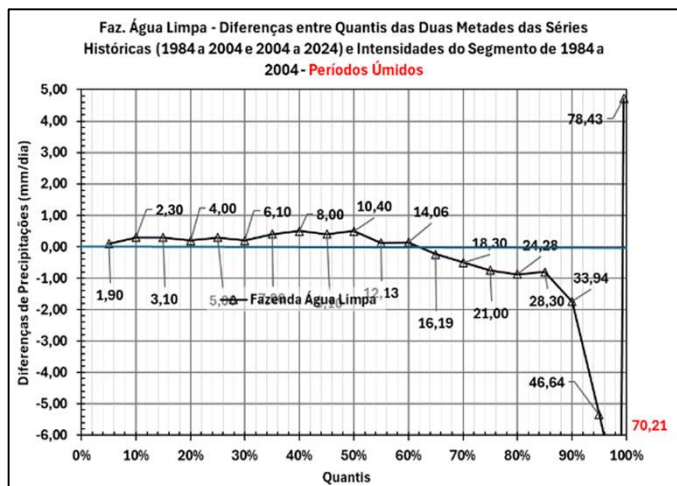
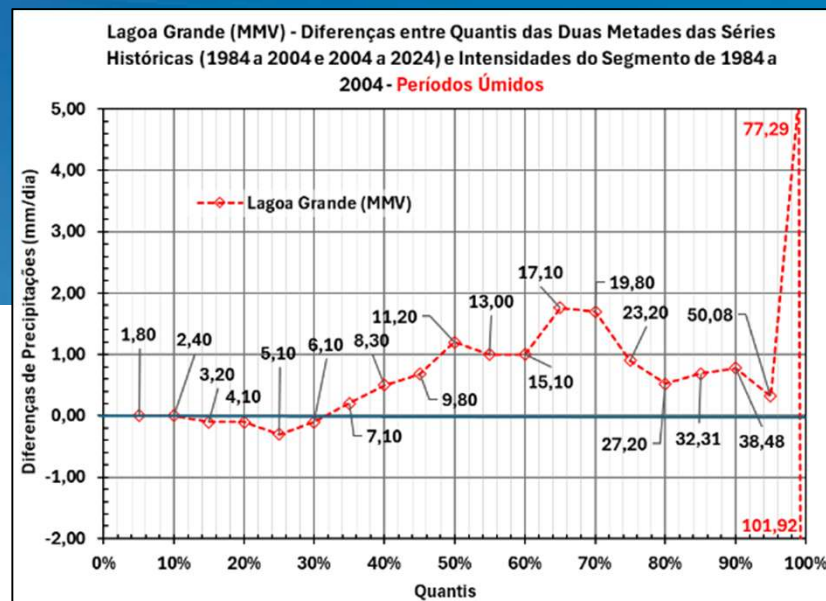
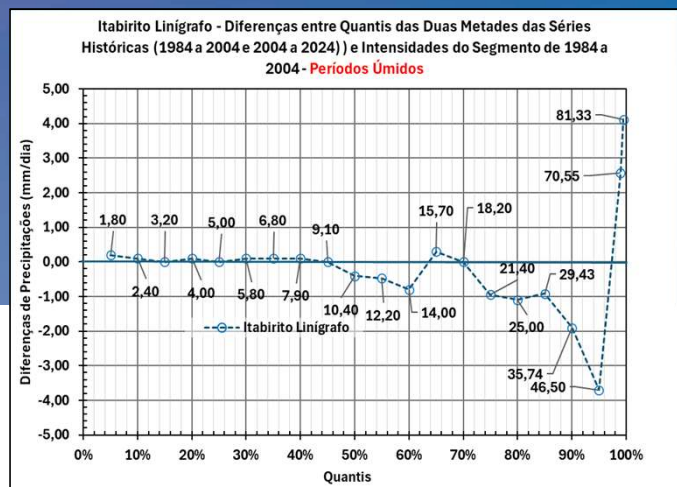
Diferenças de volumes precipitadores e de quantidade de dias de chuvas



- Mudanças climáticas regionais: embora os períodos secos tenham se tornado mais secos, com menor **volume** precipitado, houve aumento da **intensidade** das chuvas leves e moderadas em Itabirito Linígrafo e Lagoa Grande (MMV) e aumento em todos os quantis na Fazenda Água Limpa.
- Chuvas muito fortes com elevada alteração de intensidade nas áreas das três estações.

Períodos úmidos nas três Estações – (1984 a 2004) x (2004 a 2004)

Diferenças de volumes precipitadores e de quantidade de dias de chuvas

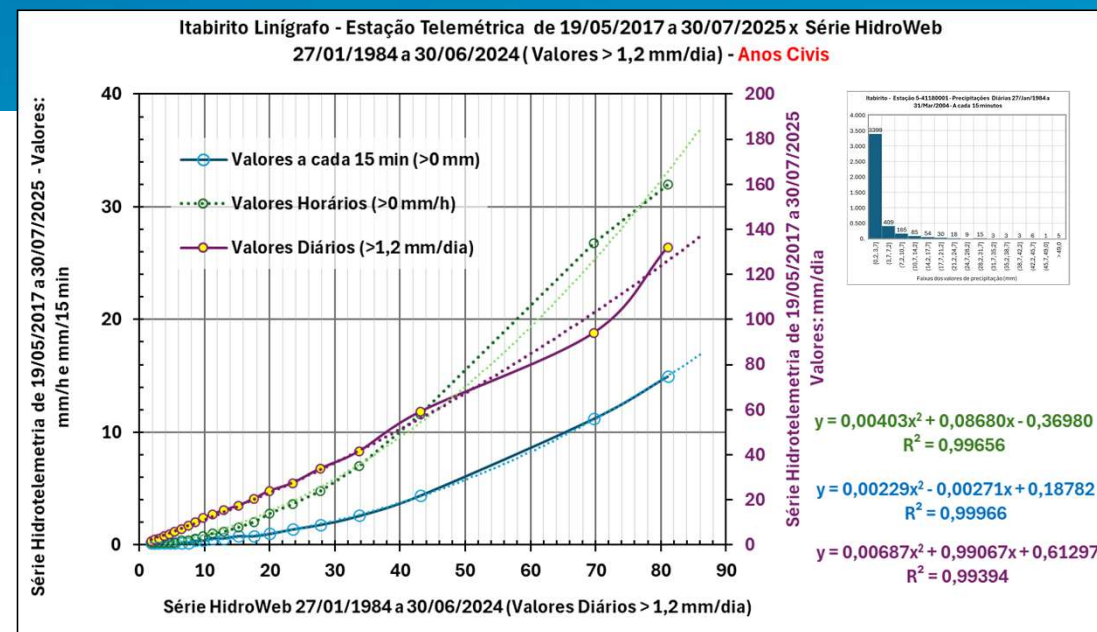
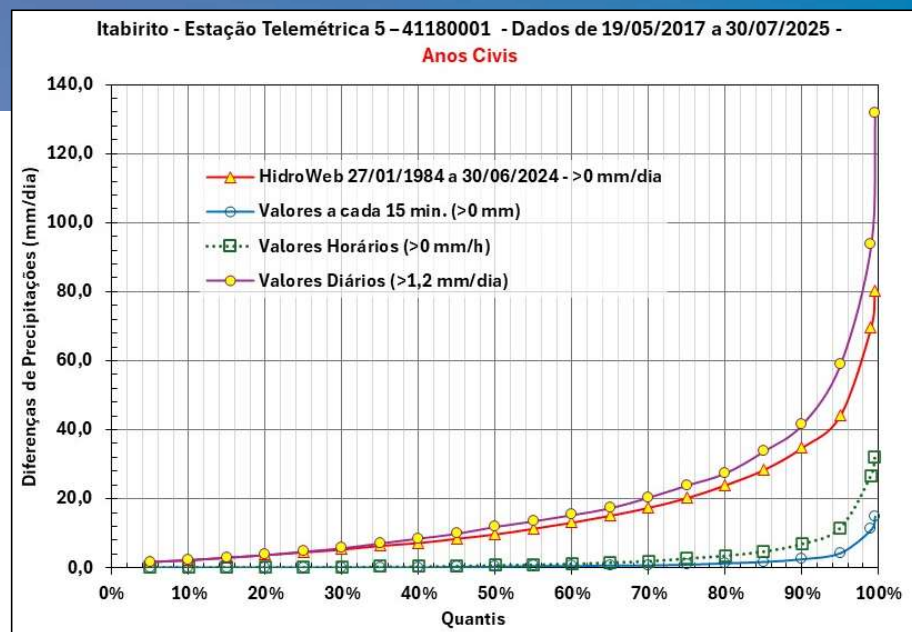


- Mudanças climáticas regionais: estabilidade da intensidade das chuvas leves e moderadas e diminuição das chuvas mais fortes nas áreas mais baixas da bacia do Rio das Velhas (Itabirito Linígrafo e Fazenda Água Limpa) e comportamento oposto nas áreas mais altas.
- Chuvas muito fortes com elevada alteração de intensidade em todas as áreas.
- O aumento da intensidade no Sinclinal Moeda eleva os riscos nas extensas e numerosas áreas de mineração dessa região.

Correlação entre Quantis de Precipitações Diárias, Horárias e Sub-Horárias (15 minutos)

Itabirito - Estação Telemétrica 5 – 41180001

Itabirito Linígrafo - Estação Convencional 2043060



De olho no Velhas - III

Aquíferos

Realização

FÓRUM
PERMANENTE
SÃO FRANCISCO

Apoio


semente


CAOMA


MPMG
Ministério Público
do Estado de Minas Gerais



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Instituto de Geociências

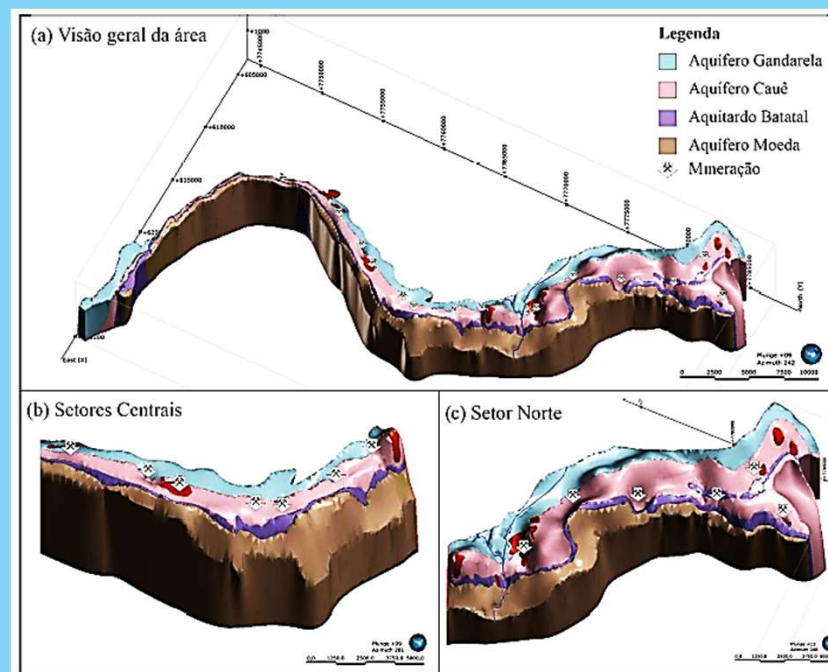
Programa de Pós-Graduação em Geologia

Celina Cenni de Castro Magalhães

**MODELO HIDROGEOLÓGICO DE FLUXO DO FLANCO LESTE DO SINCLINAL
MOEDA (QUADRILÁTERO FERRÍFERO – MG): caracterização, impactos e
perspectivas futuras para o Aquífero Cauê**

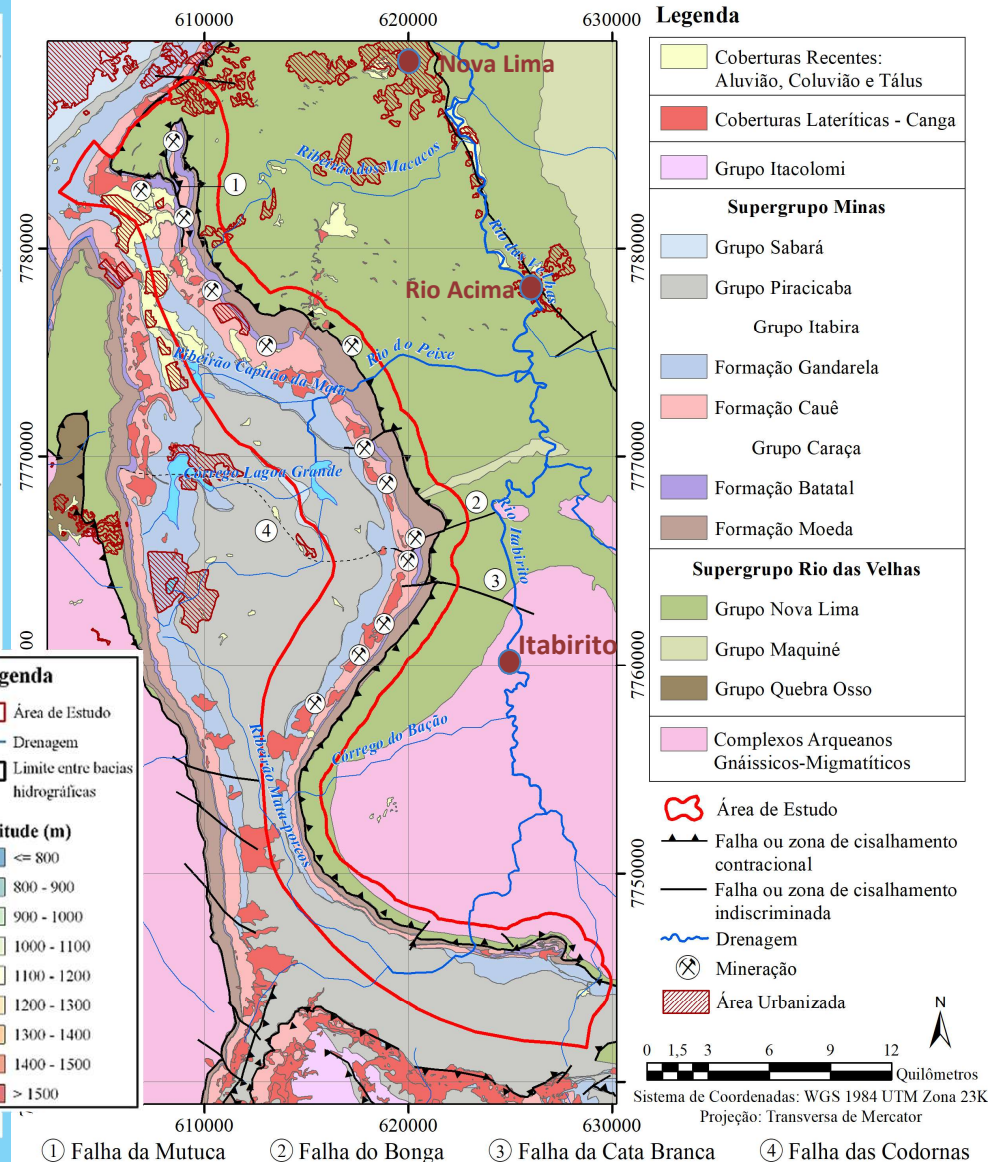
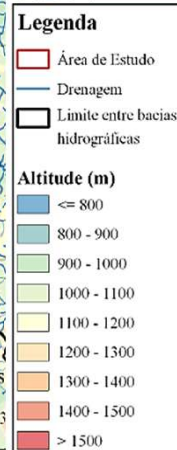
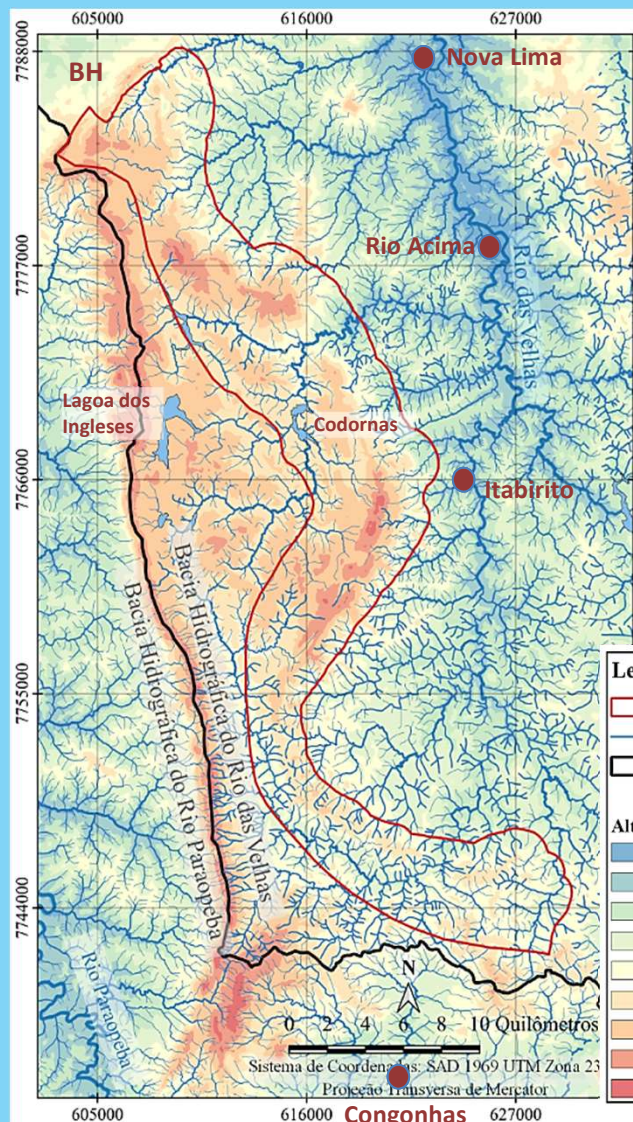
Belo Horizonte

DATA 26/01/2023



Celina Cenni de Castro Magalhães

**MODELO HIDROGEOLÓGICO DE FLUXO DO FLANCO LESTE DO SINCLINAL
MOEDA (QUADRILÁTERO FERRÍFERO – MG): caracterização, impactos e
perspectivas futuras para o Aquífero Cauê**



MODELO HIDROGEOLÓGICO DE FLUXO DO FLANCO LESTE DO SINCLINAL MOEDA (QUADRILÁTERO FERRÍFERO – MG): caracterização, impactos e perspectivas futuras para o Aquífero Cauê

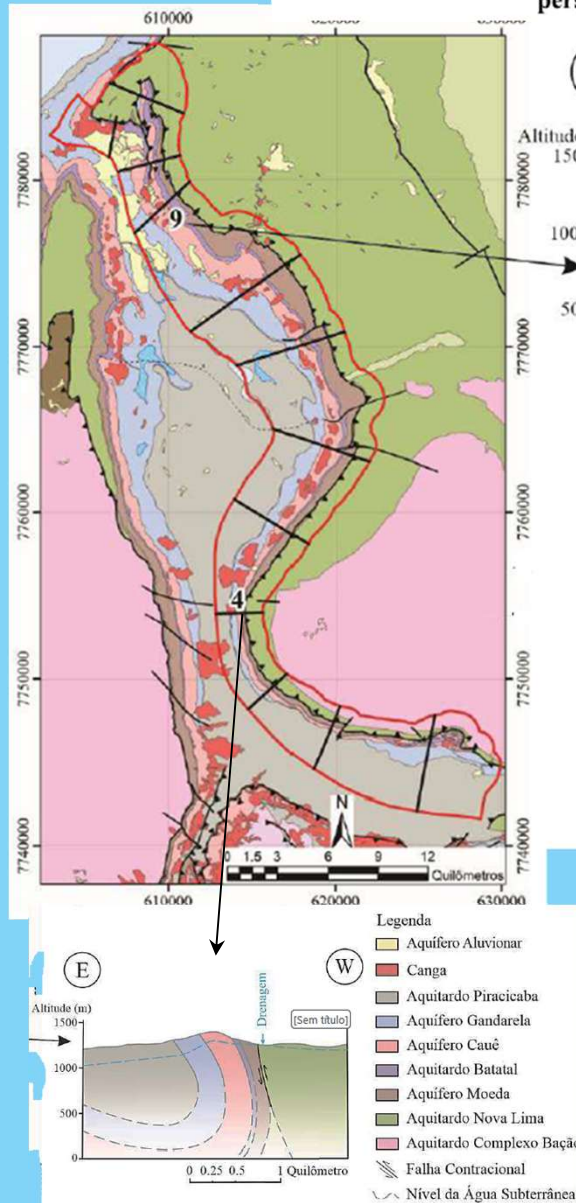
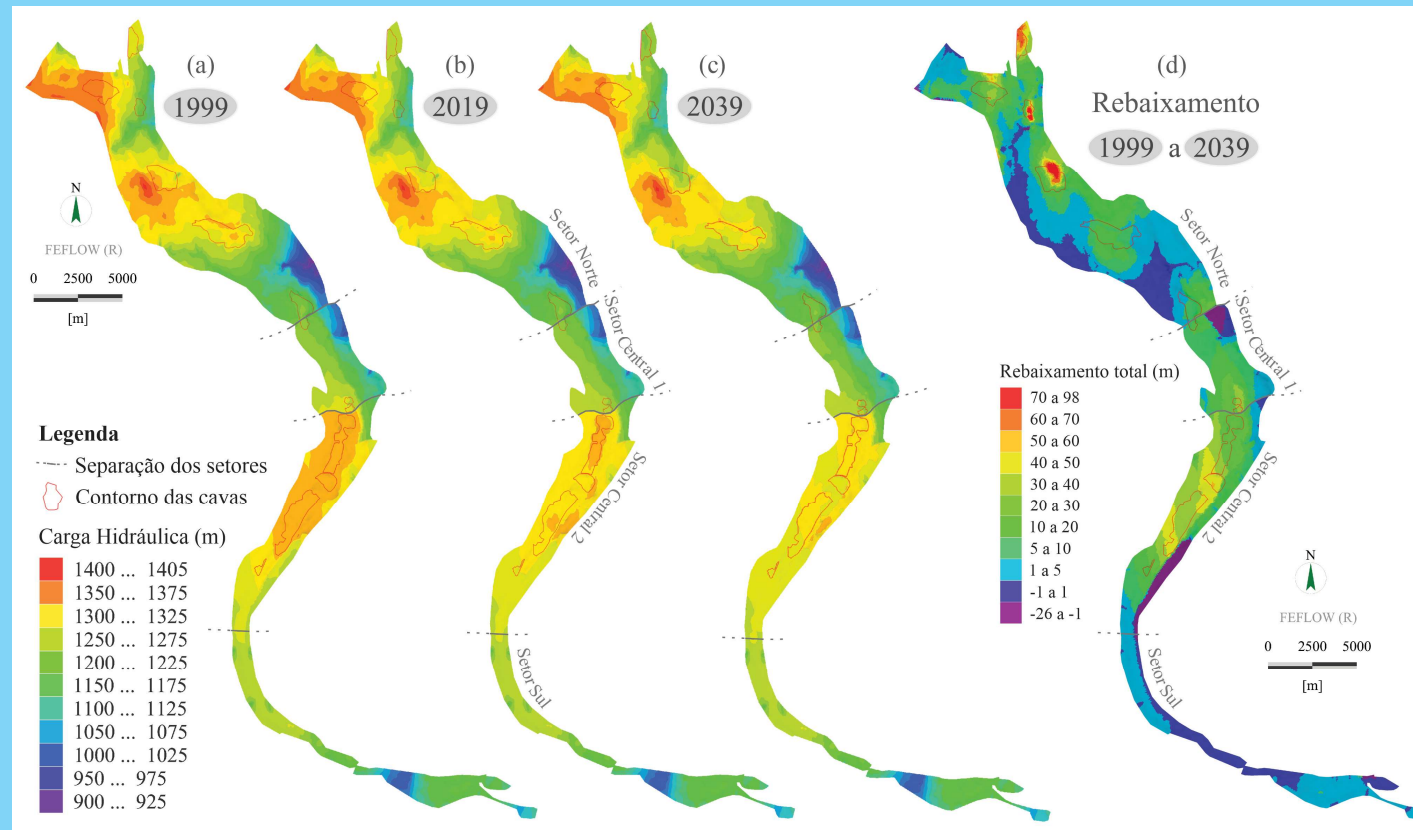


Tabela 3. Descrição e geometria das unidades hidrogeológicas identificadas no flanco leste do Sinclinal Moeda

Unidade Hidrogeológica:	Litologia Predominante	Área de Afloramento (km²)	Espessura (m)	Profundidade do Nível da Água (m)
Aquífero Aluvionar: Aquífero poroso com alta capacidade de armazenamento; livre, descontínuo e heterogêneo.	Depósitos aluviais e lateríticos	13,29	-	-
Aquitardo Piracicaba: Unidade não aquífera.	Quartzito e filito	126,83	-	Média: 43 Máx.: 235
Aquífero Gandarela: Localmente carstificado e fissural; predominantemente livre, confinado localmente por depósitos argilosos; heterogêneo e anisotrópico.	Dolomito	38,26	Média: 630 Máx.: 1650 Mín: 20	Média: 64 Máx.: 235
Aquífero Cauê: Aquífero poroso em superfície e fraturado em profundidade. Alta condutividade hidráulica no geral. Predominantemente livre, heterogêneo e anisotrópico.	Itabirito	48,16	Média: 650 Máx.: 1400 Mín: 200	Média: 108 Máx.: 276
Aquitardo Batatal: Unidade não aquífera. Devido à sua baixa espessura, transmite mais água do que os outros aquitardos.	Filito	11,14	Média: 110 Máx.: 300 Mín: <20	Média: 86 Máx.: 245
Aquífero Moeda: Predominantemente fissural; principalmente livre, heterogêneo e anisotrópico.	Quartzito	32,17	Média: 400 Máx.: 1300 Mín.: 40	Média: 76 Máx.: 224
Aquitardo Nova Lima: Unidade não aquífera.	Xisto e filito	63,9	-	Média: 56 Máx.: 251
Aquitardo Complexo Bação: Unidade não aquífera.	Gnaisse	11,9	-	Média: 49 Máx.: 184

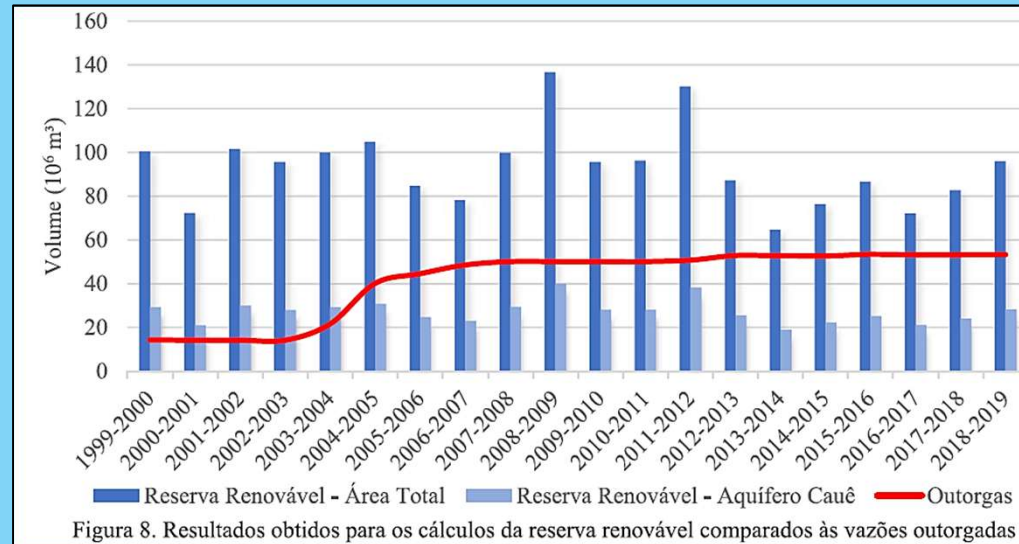
Celina Cenni de Castro Magalhães

**MODELO HIDROGEOLÓGICO DE FLUXO DO FLANCO LESTE DO SINCLINAL
MOEDA (QUADRILÁTERO FERRÍFERO – MG): caracterização, impactos e
perspectivas futuras para o Aquífero Cauê**



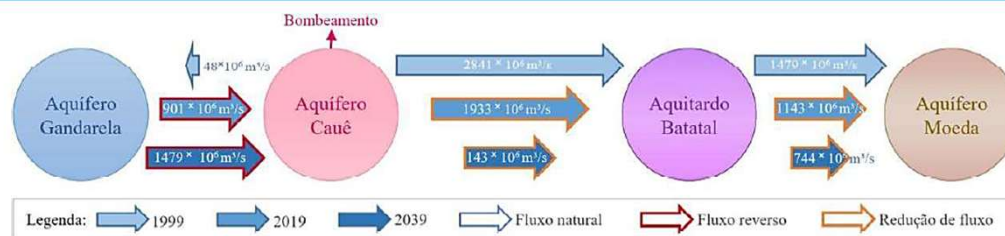
O estudo considerou as vazões outorgadas de bombeamento. No entanto, existem muitos poços não outorgados (privados) e as vazões bombeadas em certas áreas de mineração podem estar superando as outorgas.

MODELO HIDROGEOLÓGICO DE FLUXO DO FLANCO LESTE DO SINCLINAL MOEDA (QUADRILÁTERO FERRÍFERO – MG): caracterização, impactos e perspectivas futuras para o Aquífero Cauê



Em 2005 as vazões de bombeamento outorgadas superaram a taxa de recarga do Aquífero Cauê

O Aquífero Gandarela, que originalmente recebia água do Aquífero Cauê, conforme a primeira seta da figura, passa a ceder água. Já as unidades Batatal e Moeda passam a receber menos água do Aquífero Cauê. Isso se deve ao intenso bombeamento, que reduz o gradiente hidráulico, prejudicando o fornecimento de água para as outras unidades.



Unidade / Indicador	Valor / Resultado
Aquíferos considerados	Cauê, Gandarela, Moeda
Condutividade hidráulica (média)	Cauê: $9,45 \times 10^{-7}$ m/s (maior entre os três aquíferos)
Taxa de recarga	Cauê: 38,7% da pluviometria
Volume médio bombeado	41 milhões m ³ /ano Equivale a 150% da reserva renovável do Cauê
Reserva renovável do Cauê	27 milhões m ³ /ano
Período 1999–2019	- Redução de 13,6% no escoamento de base (geral)
	- Rebaixamento médio: 10,4 m (Cauê) e 2,2 m (outros)
	- Setor Central 2: 11,6 m de rebaixamento e -21,6% no escoamento de base
Período 2019–2039 (simulação)	Rebaixamento adicional: 7,4 m (média)
	- Setor Central 2: 10,8 m de rebaixamento
	Maior rebaixamento nos setores Norte e Central
	Simulado: 52 Mm ³ /ano - Redução do escoamento de base: 7,6% (geral) ≈21,2% em 40 anos - Córrego Fechos (Setor Norte): -14,7% no escoamento de base
Observações e Recomendação	Cones de rebaixamento afetando nascentes e poços; risco de intermitência de cursos d'água. Instalar rede de monitoramento (nível d'água e vazão superficial)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

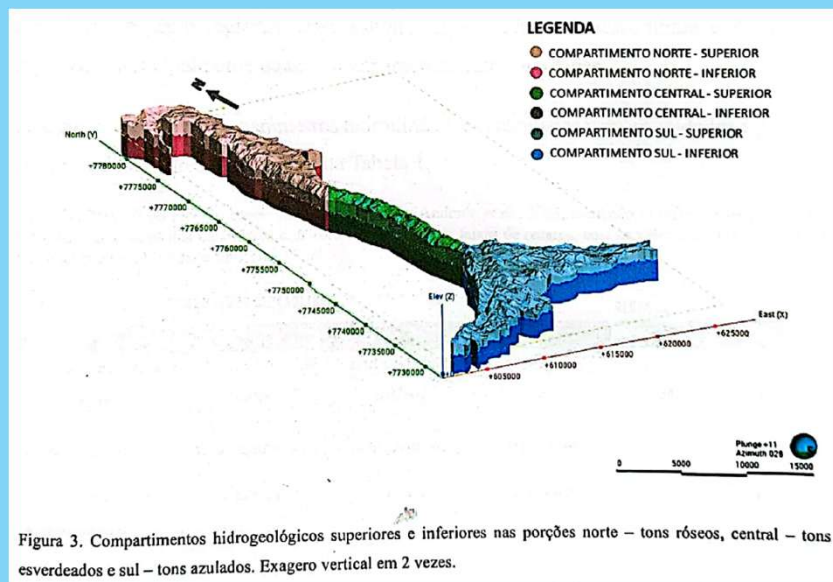
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geologia

Isabella Brito Andrade

**MODELO HIDROGEOLÓGICO DE FLUXO DO FLANCO OESTE DO
SINCLINAL MOEDA: PASSADO, PRESENTE E FUTURO DO AQUIFERO
CAUÊ, QUADRILÁTERO FERRÍFERO – MINAS GERAIS, BRASIL**

Belo Horizonte

2023



Isabella Brito Andrade

**MODELO HIDROGEOLÓGICO DE FLUXO DO FLANCO OESTE DO
SINCLINAL MOEDA: PASSADO, PRESENTE E FUTURO DO AQUIFERO
CAUÊ, QUADRILÁTERO FERRÍFERO – MINAS GERAIS, BRASIL**

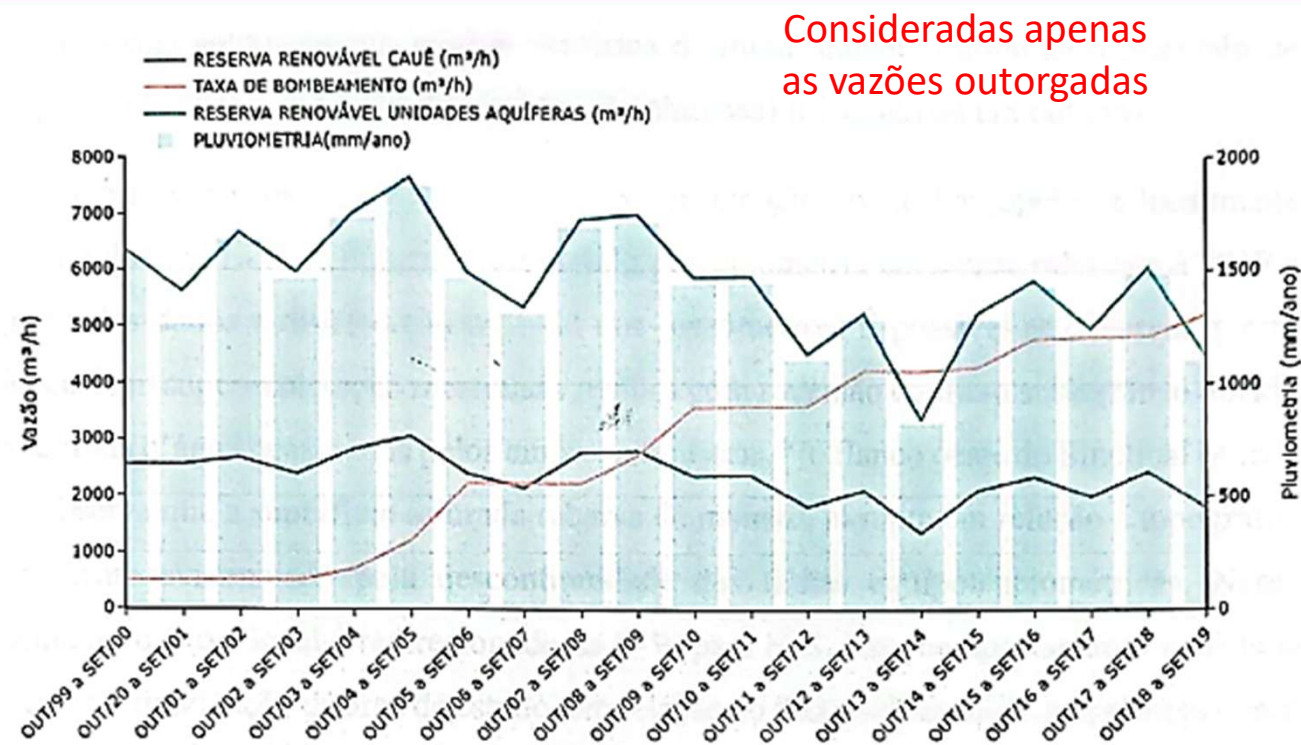


Figura 7. Taxa de recarga do Aquífero Cauê e das unidades aquíferas versus taxa de bombeamento – vazão explorada do aquífero em m³/h. Também são apresentados os dados anuais pluviométricos. Se observa que as flutuações da reserva renovável coincidem com as flutuações do índice de chuvas.

Isabella Brito Andrade

MODELO HIDROGEOLÓGICO DE FLUXO DO FLANCO OESTE DO SINCLINAL MOEDA: PASSADO, PRESENTE E FUTURO DO AQUIFERO CAUÊ, QUADRILÁTERO FERRÍFERO – MINAS GERAIS, BRASIL

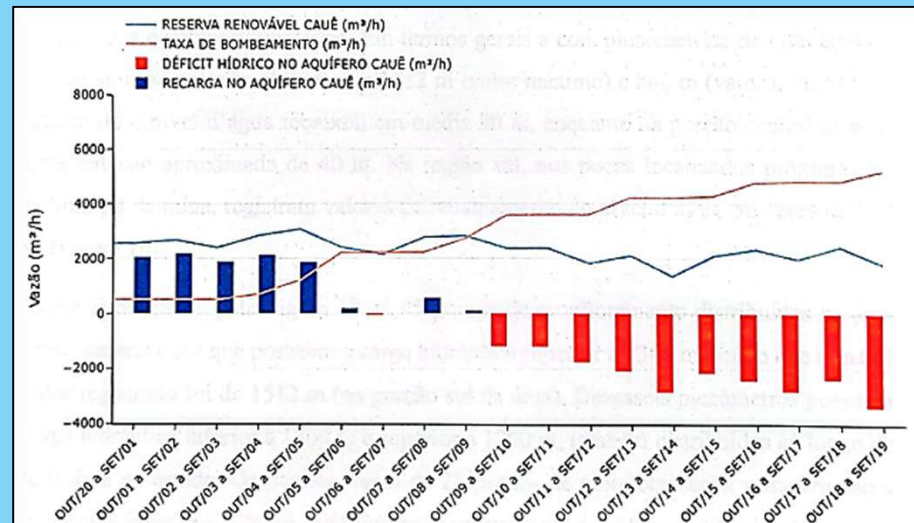


Figura 8. Excedente e déficit hídrico calculado considerando a taxa de recarga que infiltra (reserva renovável) da unidade aquífera Cauê e o quanto é bombeado (dados obtidos a partir da vazão outorgada dos empreendimentos). A partir do período de outubro de 2009 o volume d'água bombeado é superior a recarga.

Consideradas apenas as
vazões outorgadas

Unidade / Indicador	Valor / Resultado
Unidades hidrogeológicas	Cauê, Gandarela, Moeda, Itacolomi, Coberturas (aquíferos) e Batatal (aquiclude) Cauê é a principal unidade aquífera
Condutividade hidráulica	Cauê: 1×10^{-8} m/s Gandarela: 8×10^{-8} m/s
Coefficiente de armazenamento	Cauê: 2×10^{-3} / Gandarela: 2×10^{-1}
Balço de massa (entrada)	3.000 m³/ano (estiagem) a 8.000 m³/ano (cheia) ~40% proveniente do Cauê
Situação do Aquífero Cauê	* Contribuição suprimida desde 2006 * Exploração crescente até 2019, impactando
Rebaixamentos em 2019	Norte: 90 m / Cenral : 40 m / Sul: 140 m Cone de depressão afeta o Cauê e aquíferos associados
Projeções 2039 (cenário conservador)	Rebaixamento adicional: Norte: +12 m / Central: +10 m / Sul: +10 m Tendência de agravamento do déficit
Diagnóstico	Déficit hídrico estrutural e persistente nos três compartimentos (saída > entrada)
Recomendação	Estudos hidrogeológicos para gestão, monitoramento e remediação Visando

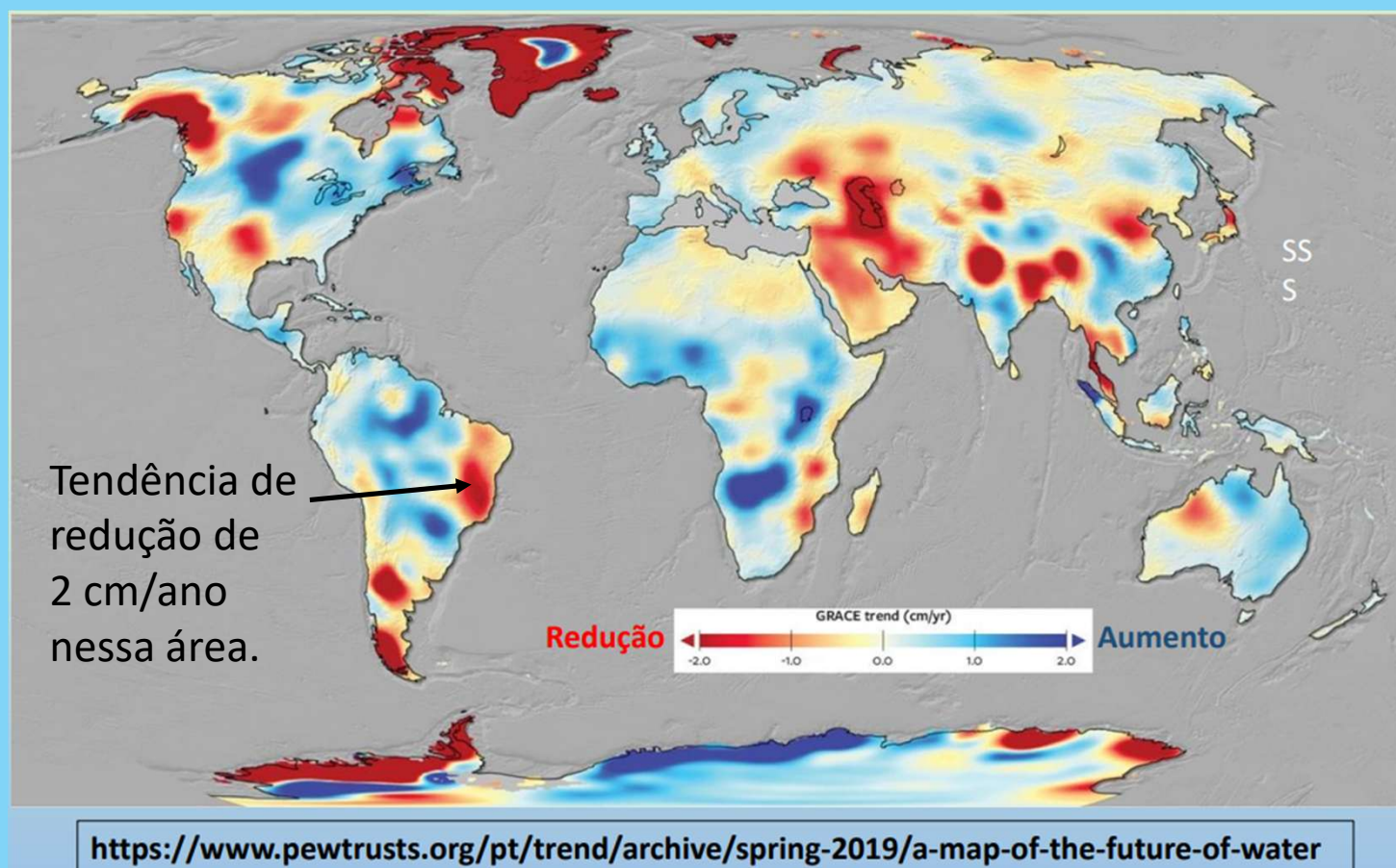


Redução da Água Disponível no Estado de Minas Gerais Dados de Satélites - Missão GRACE



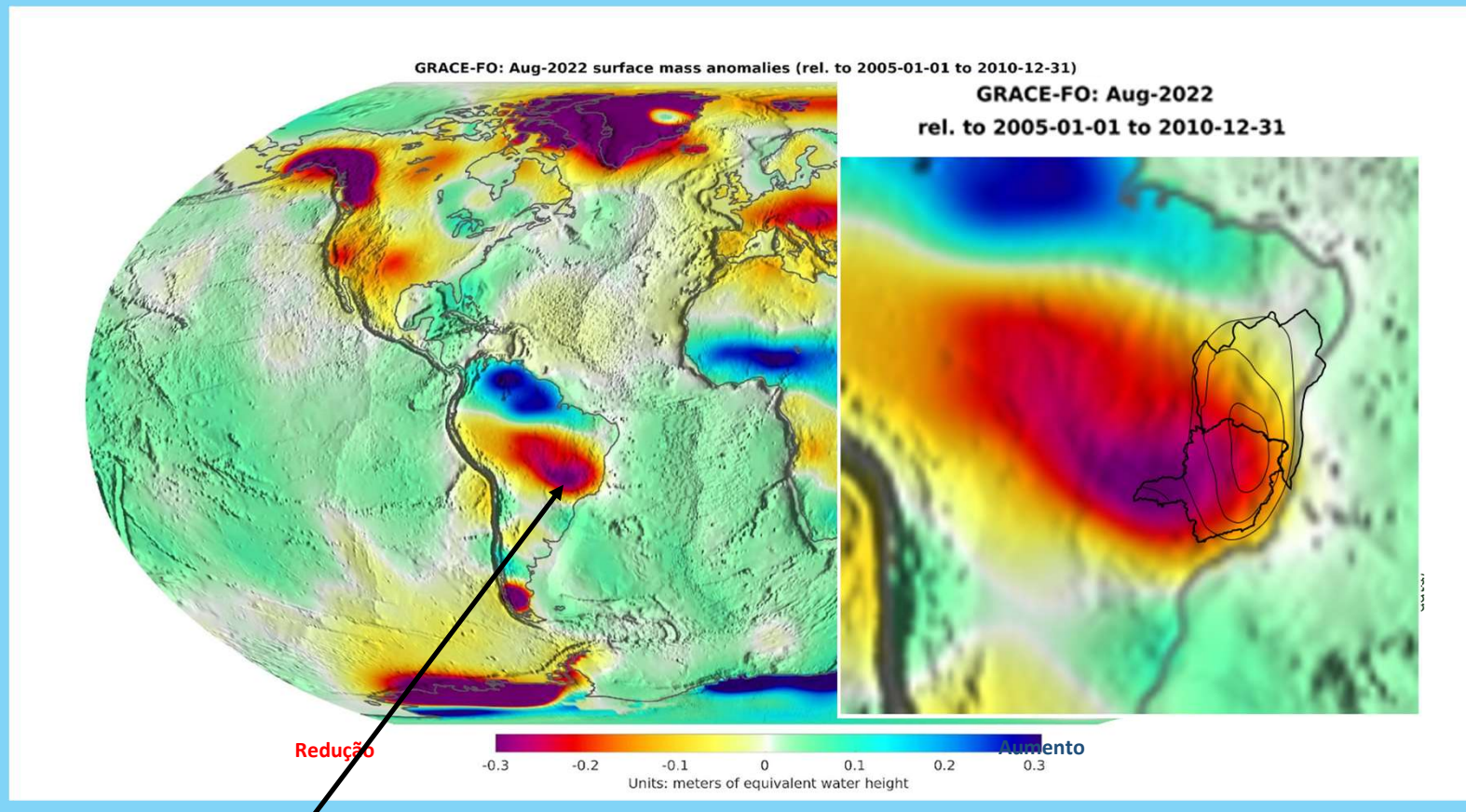
Ilustração da missão GRACE, com Satélites Gêmeos capazes de medir variações gravitacionais associadas à superfície terrestre. Crédito: NASA PO.DAAC

Evolução da Disponibilidade de Água Doce 2018 em Comparação com 2004



Evolução da Disponibilidade de Água Doce

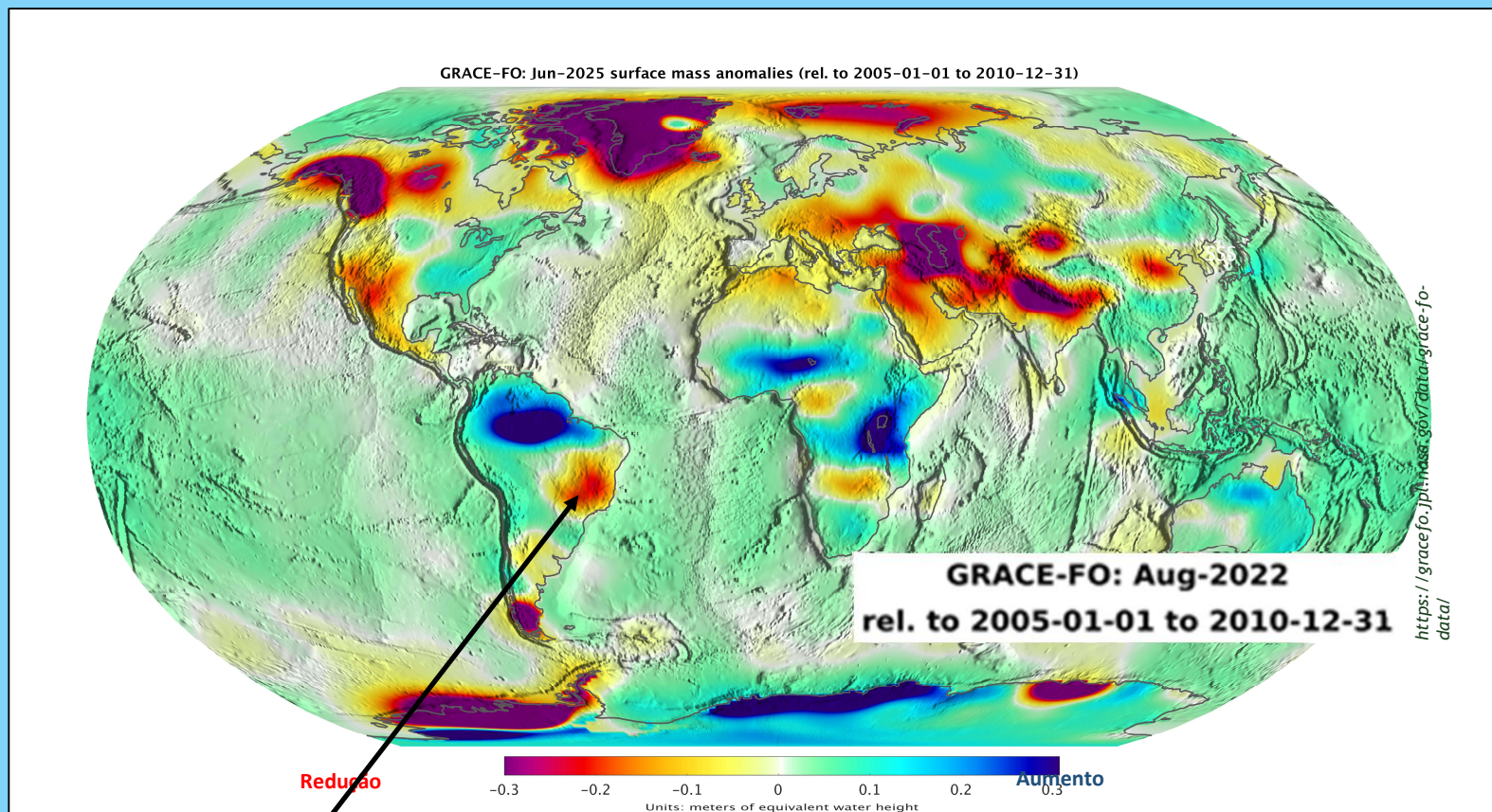
Ago-2022



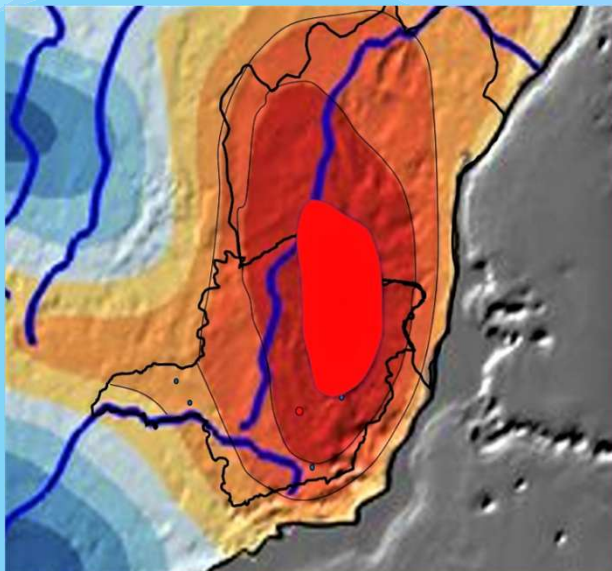
Em Ago/2022: perda de 30 cm de altura de água com relação ao período 2005/2010

Evolução da Disponibilidade de Água Doce

Jun-2025



Em Jun/2025: perda de 25 cm de altura de água com relação ao período 2005/2010

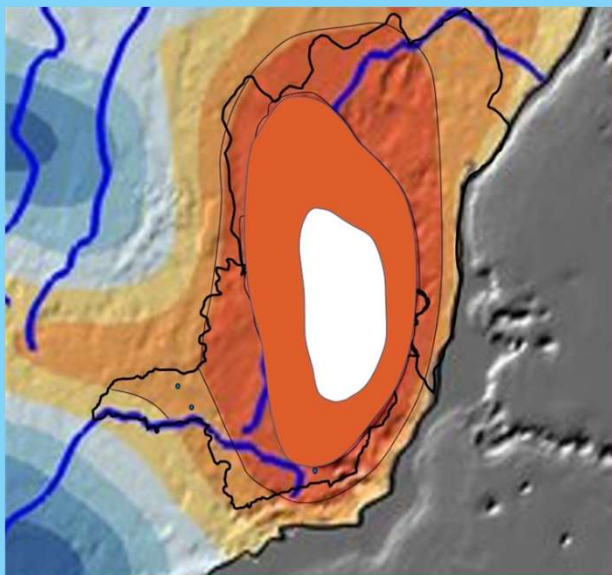


Perdas de Água até 2018 em Comparação com 2004



Perda de água em 15 anos: 25 cm de altura em uma área de 200.000 km².

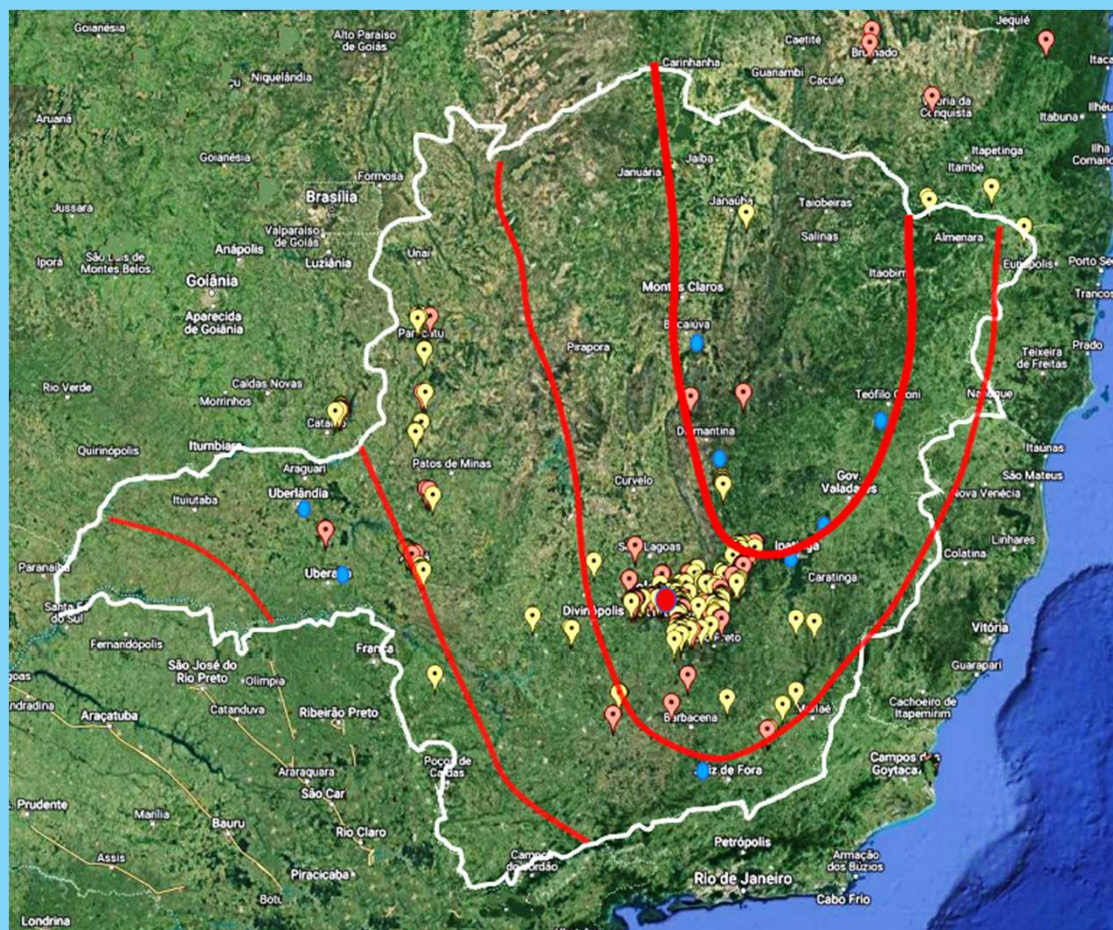
**Volume: 50.000.000.000 m³
= Consumo da RMBH por 110 anos**



Perda de água em 15 anos: 20 cm de altura em uma área de 380.000 km².

**Volume: 76.000.000.000 m³
= Consumo da RMBH por 170 anos**

Zonas de Redução da Disponibilidade Hídrica (GRACE) e Barragens de Mineração





Muito Obrigado.



FILME DO RIO DAS VELHAS

PROJETO DE OLHO NO VELHAS

FILME: DE OLHO NO VELHAS

Este filme faz parte do material criado para apresentar o projeto e seus resultados, mas é, sobretudo, um convite a se aproximar do Rio das Velhas.

Mais do que imagens, ele revela a vida, a beleza e a força do rio que atravessa histórias e desperta sentimentos.

O filme está disponível no link: https://youtu.be/OnAC31Sf7_k

Agosto/2025

ATA DA REUNIÃO DE APRESENTAÇÃO

Data: 18/09/2025

Local: Instituto Guaicuy – Faculdade de Medicina

Tema: Projeto *De Olho no Velhas*

No dia 18 de setembro de 2025, realizou-se, nas dependências da Faculdade de medicina em Belo Horizonte, a reunião de apresentação do Projeto *De Olho no Velhas*, com a participação de representantes do Instituto Guaicuy e do Fórum Permanente São Francisco.

A sessão foi aberta com pronunciamento da equipe técnica, agradecendo a presença dos participantes e destacando, de forma especial, o apoio do Instituto Guaicuy.

Na sequência, foi exibido o filme referente ao trecho do Rio das Velhas que constitui o objeto central dos estudos do projeto.

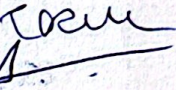
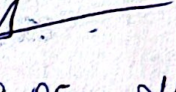
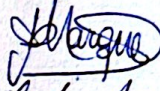
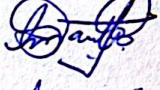
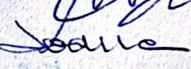
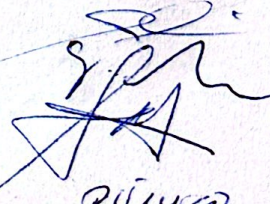
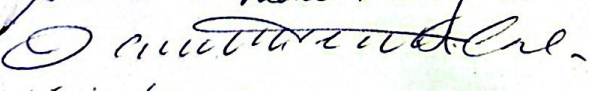
Posteriormente, a pesquisadora Márcia Boechat apresentou as características gerais do projeto, incluindo sua concepção, equipe executora, cronograma e principais atividades desenvolvidas.

Em continuidade, o pesquisador Euler Cruz apresentou os resultados das análises efetuadas a partir do banco de dados de séries históricas de fluviometria e pluviometria.

A reunião foi concluída com a apresentação das sínteses, diagnósticos e principais conclusões dos estudos realizados no âmbito do projeto.

FPSF - PROJETO DE OLHO NO VELHAS - APRESENTAÇÃO 18/09/25

INSTITUTO GUAICUY - LISTA DE PRESENÇA

NOME	INSTITUIÇÃO/EMPRESA	RG	ASSINATURA
Pedro Bernardo	Manuelzão	18403016	
Enaile Almeida	Manuelzão	21597395	
Bruno Pereira	Manuelzão	13890257	
CRISTINA MORAES	MANUELZÃO	M.2.091.276	
AUGUSTO BOTELO	MOVIMENTO GANDARECA	M.1.649.356	
Márcia Rodrigues Marques	Inst. Guaiçuy/Proj. Manuelzão	M.4.008.95	
Mariana Serra Alves Rodighi	Manuelzão	15803563	Mariana Rodighi
Ana Clara Leandre	manuelzão	18916137	Ana Clara Leandre
Cláudia M ^a Santos Manoia	- Manuelzão -	34882316234	
Matheus Dias	Manuelzão	18.738.185	
JOANA D'ARC M SOUZA	- MANUELZÃO -	3.861.814	
Gabriele de Matos Paiva	Manuelzão	19259825	
Alice Gomes Maia Cruz	Filha do Euler/IGC-UFMG	16.479.754	Alice
Márcia Bezerra		13151442	Bezerra
Apelo Heringer Lisboa	Projeto Manuelzão Meta 2034	209301116	anlisboa
Julia Gallo	FPSF		
Ceylan Mask			
Simone de Padua Thomey	IFPSF	MG-36744	
			
Glória Campa	FPSF	619072196-68	PUGAO
Angela Maria Maia	Soc. Civil	MG. 173353	Angela
Guilherme T. Gazzoni	Inst. Diaderina	MG 607204	FTJ