XXII Congresso Brasileiro DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

XXIII ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS

FENÁGUA 2022 FEIRA NACIONAL DA ÁGUA

2 A 5 AGOSTO DE 2022 | ESPAÇO ARCA | SÃO PAULO | SP

PROMOÇÃO

ABAS

ASSOCIADOS PATROCINADORES

ANEPP

ATAESP

ESCO

maxiágua

prominas

Chicago Pneumatic

PASE

Unicon

XXII Congresso Brasileiro
DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

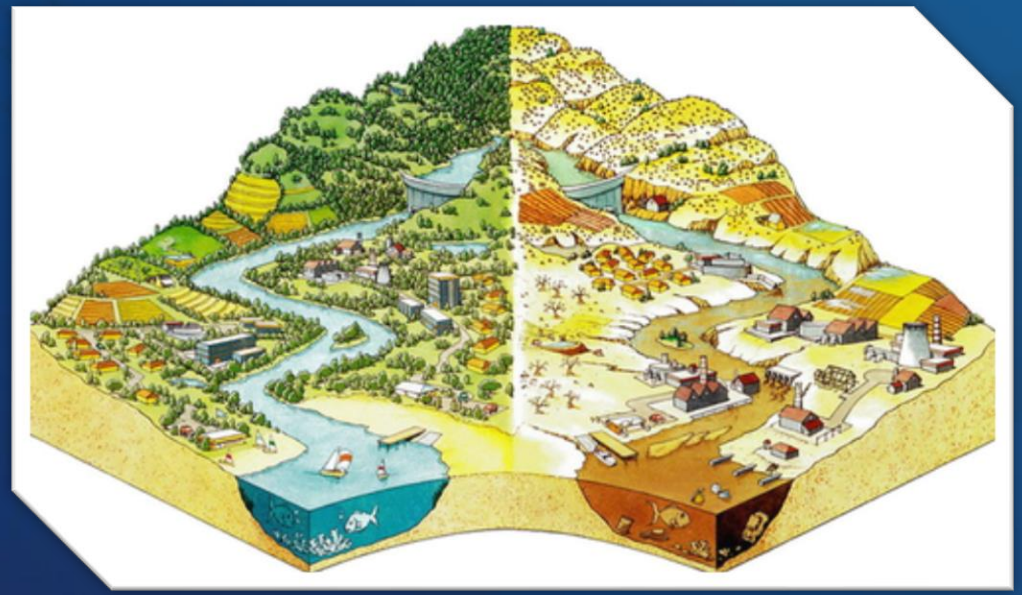
XXIII ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS

FENÁGUA 2022 FEIRA NACIONAL DA ÁGUA

2 A 5 AGOSTO DE 2022 | ESPAÇO ARCA | SÃO PAULO | SP

Mesa Redonda: Aquíferos Cársticos do Brasil - Desafios para uma Exploração Sustentável

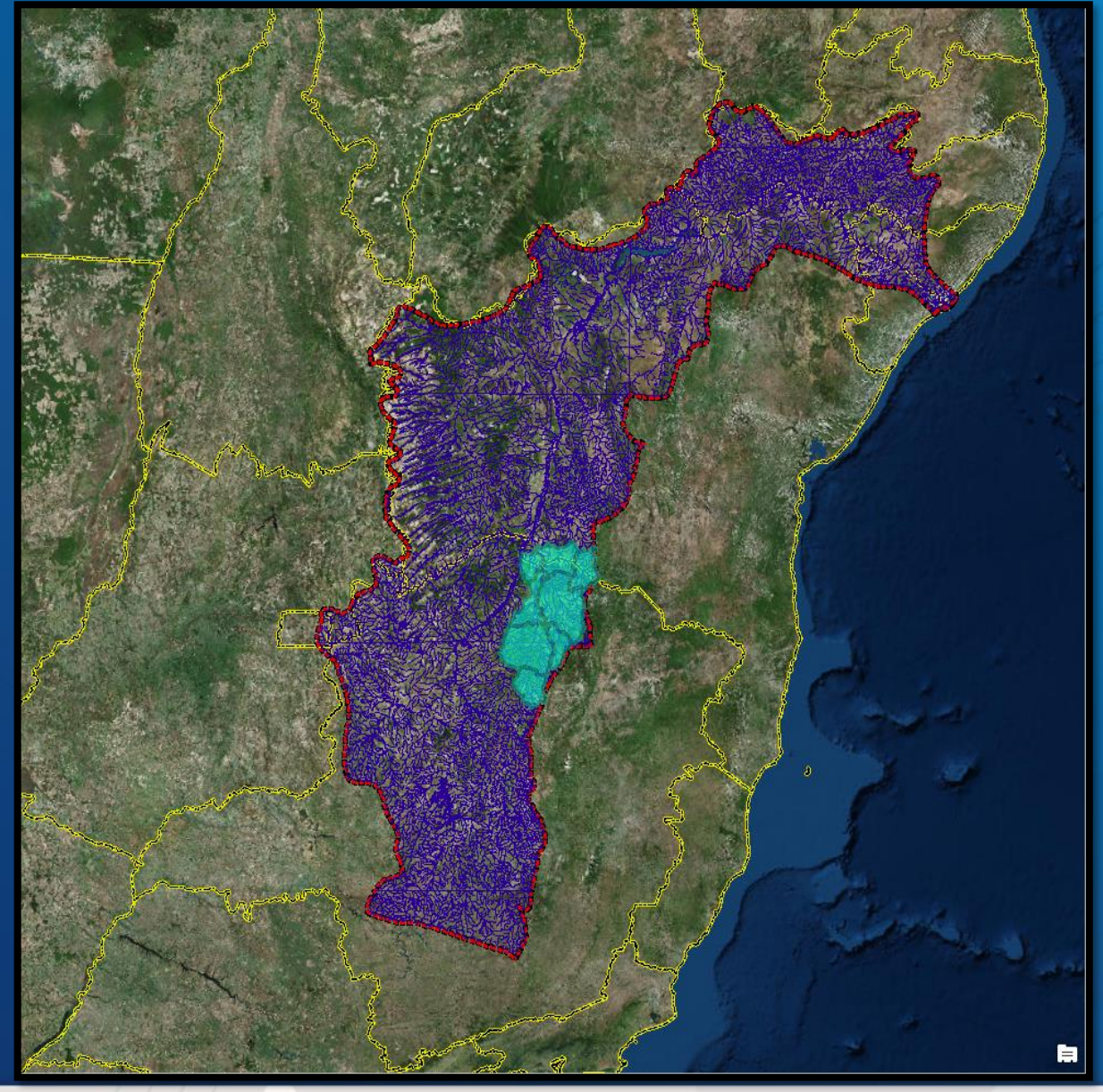
ESTUDOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA GESTÃO INTEGRADA DE ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEA: BACIA DO RIO VERDE GRANDE (NORTE DE MINAS GERAIS)



Maria Antonieta Alcântara Mourão

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM

ANA
AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO



PROJETO VERDE GRANDE

Avaliação **dos recursos hídricos subterrâneos e suas interações com os mananciais superficiais**, com vistas a subsidiar a gestão integrada de recursos hídricos.

Analisar os aspectos que exercem influência na disponibilidade dos recursos hídricos e promover a integração dos seus resultados de modo a permitir a proposição de políticas e estratégias de manejo – **MARCO REGULATÓRIO** - contribuindo com o desenvolvimento regional e promovendo o bem estar econômico e social de forma equitativa.

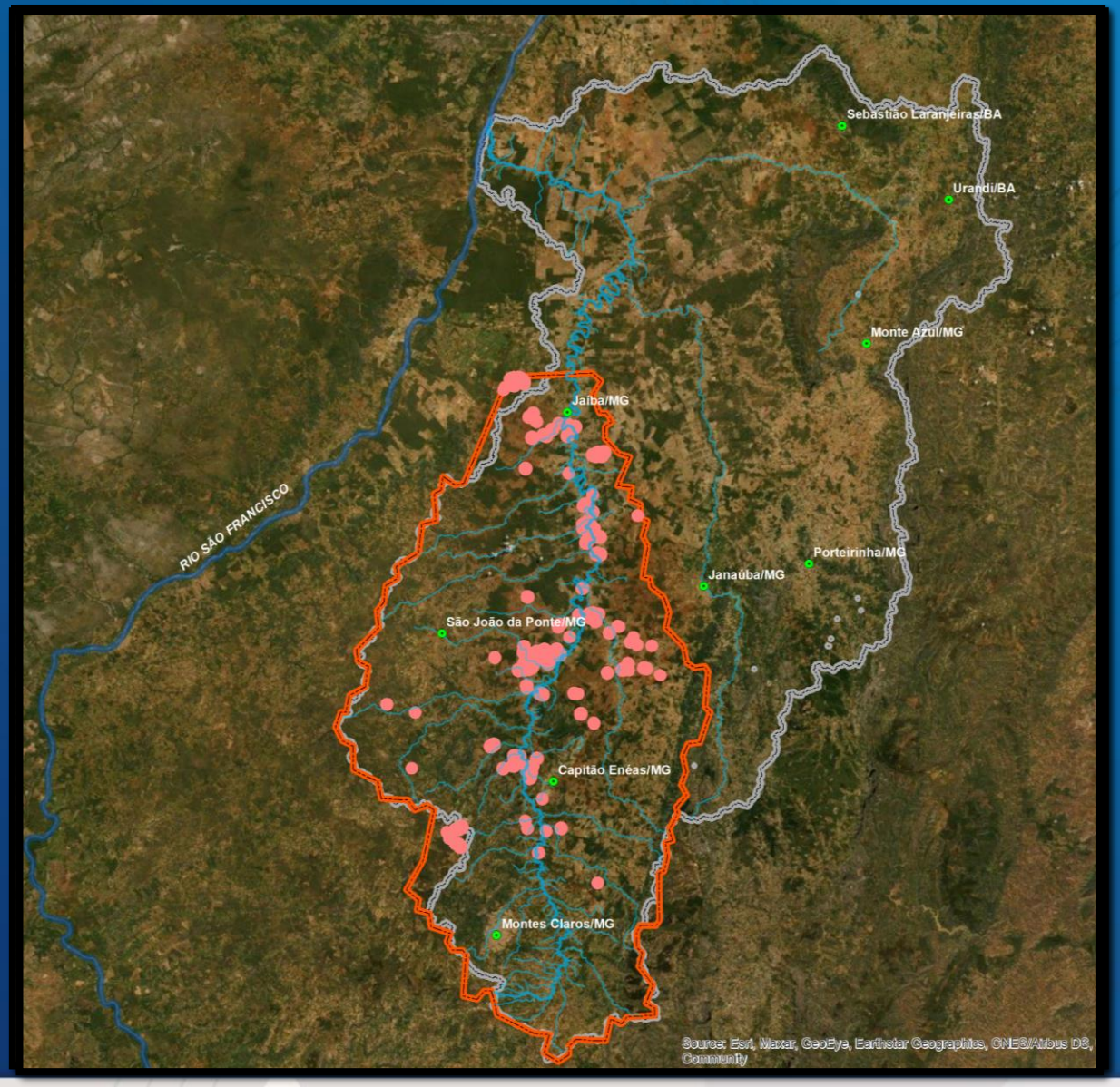
Meta do Plano Nacional de Recursos Hídricos 2016-2020 (Meta 41 – Prioridade 10)

"Implantar projeto piloto de gestão integrada de águas superficiais e subterrâneas"

Plano de Bacia do Verde Grande, componente 4

Proposição estratégica de realização de estudo de detalhe em área piloto nos sistemas aquíferos Cárstico e Fissuro-Cárstico com vistas a propor modelo de gestão das águas subterrâneas e implantação de rede de poços de monitoramento

Bacia do rio Verde Grande em números



Captações outorgadas (CNARH, 2021): 3,2 x 10^8 m^3/ano

- Irrigação: 1,26 x 10^8 m^3/ano (40%)
- Abastecimento público: 1,35 x $10^8 m^3$/ano (42%)

Poços registrados no SIAGAS/CPRM: 5.164

Poços cadastrados em campo (2018-2019) em áreas selecionadas: 1.385

Poços outorgados dentre os cadastrados: 284 (20%)

Pivôs Centrais (EMBRAPA):

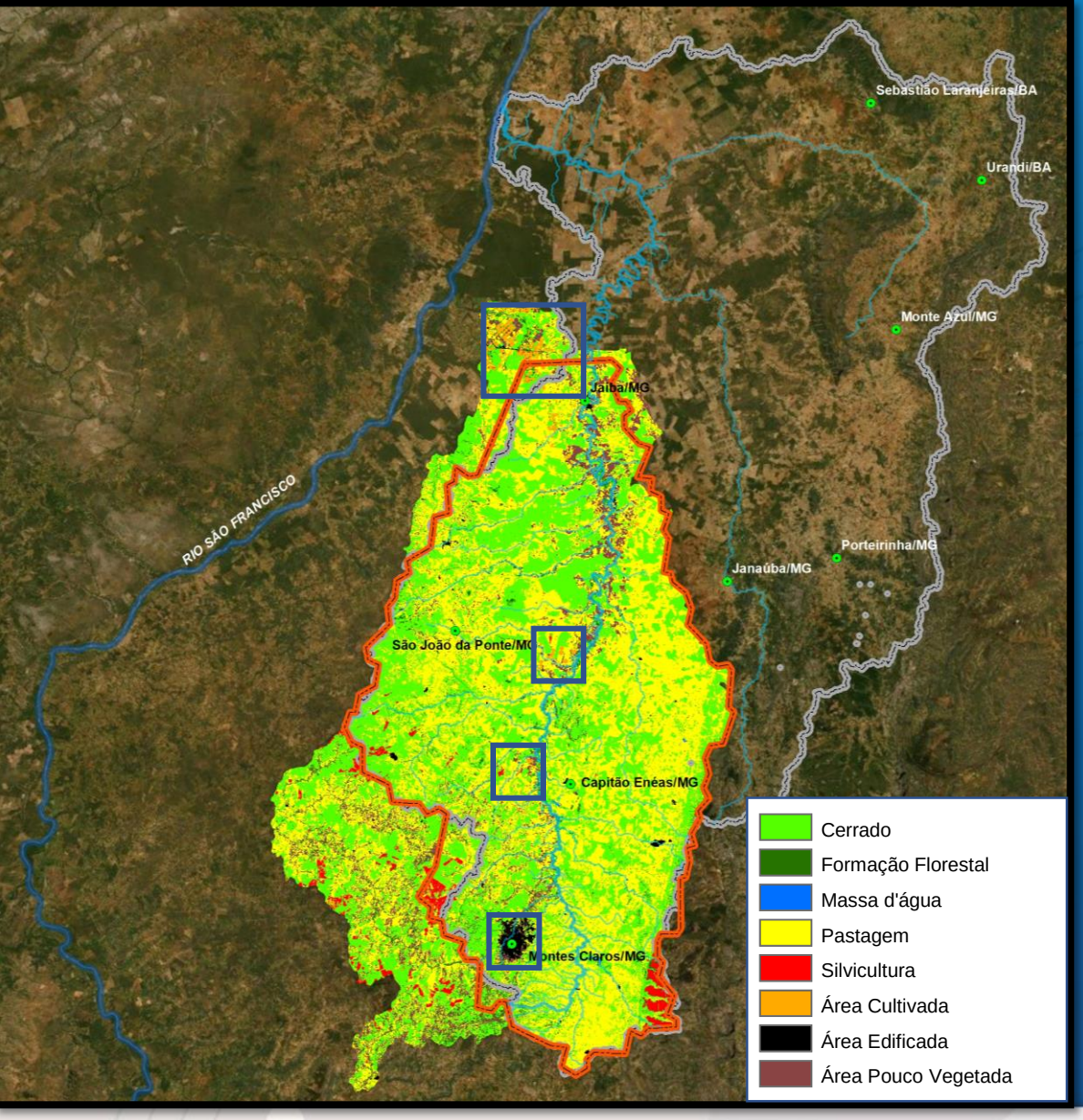
- 2015:

Retirada – 4,84 m^3/s (1,5 x 10^8 m^3/ano) e Consumo – 4,17 m^3/s (1,32 x 10^8 m3/ano)

- Projeção 2030

Retirada – 12,60 m^3/s (3,97 x 10^8 m^3/ano) e Consumo – 11,08 m^3/s (3,72 x 10^8 m^3/ano)

Bacia do rio Verde Grande: uso do solo

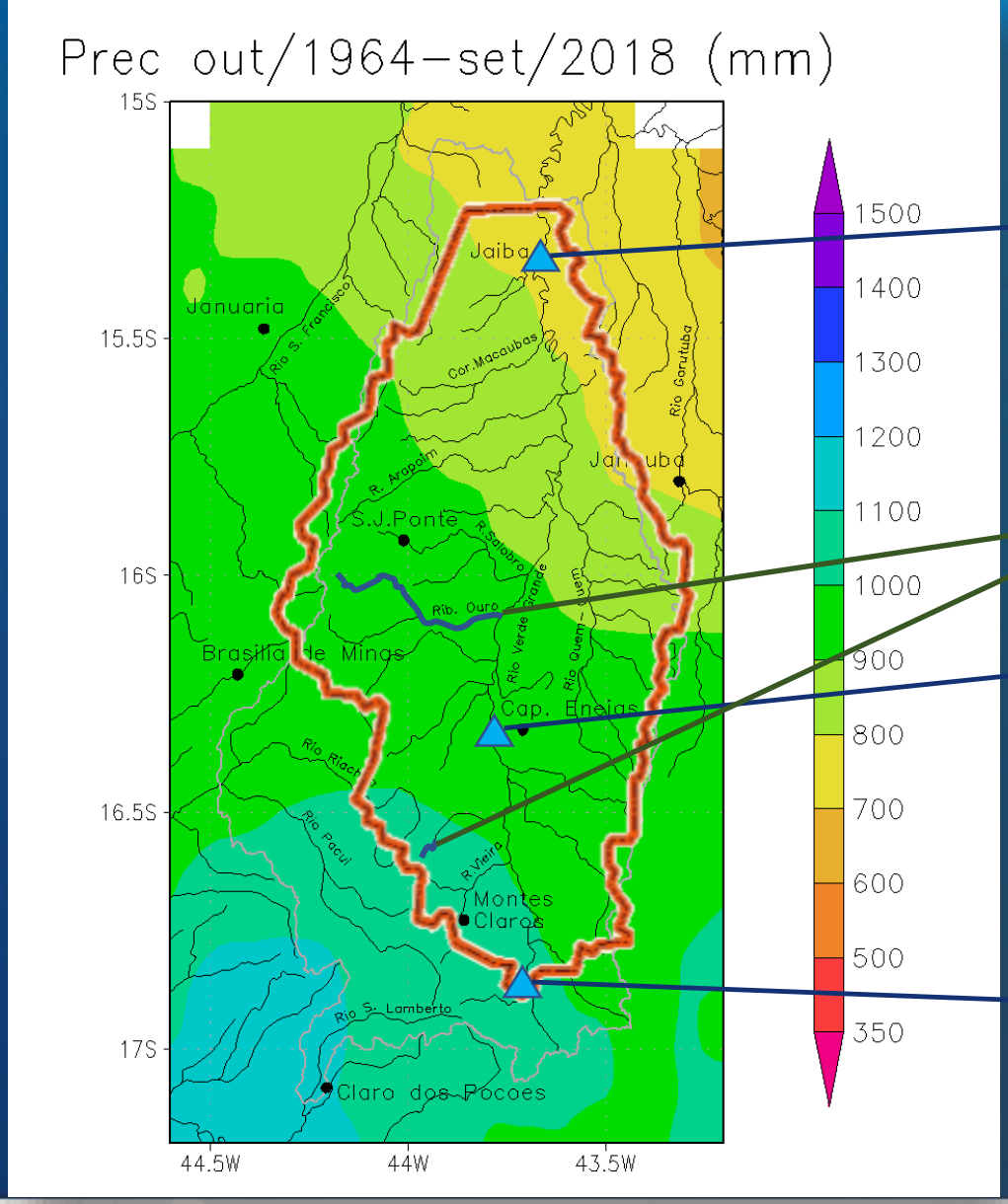


A região norte d[illegible] consolidado como uma grande pr[illegible] em produção atual de 60 mil cabeça[illegible] viável por mais da metade da produ[illegible] capacidade total de 120 mil cabeças ao ano.

Em fase de teste, captação no rio São Francisco (0,5 m^3/s) a 150 km da cidade.

O Projeto Jaíba: perímetro de irrigação que abrange área em torno de 100 mil hectares. Considerado o maior projeto de irrigação da América Latina.

Bacia do rio Verde Grande: Pluviometria e Fluviometria



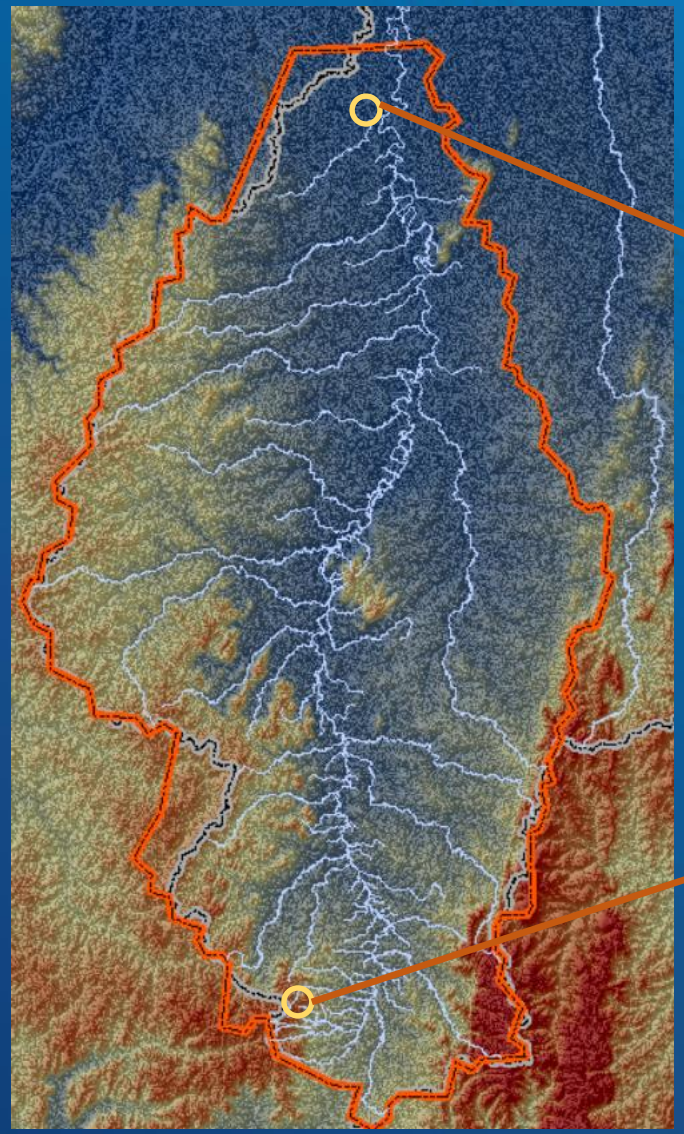
Colônia do Jaíba: Qmédia= 15,66m³/s (1962-2019)

Cursos d'água perenes

Capitão Enéas: Qmédia= 6,25m3/s (1972-2018)

Ponte de Rodagem: Qmédia= 2,1m3/s (1969-1978)

Bacia do rio Verde Grande: relevo



Bacia do rio Verde Grande: Geologia/Hidrogeologia

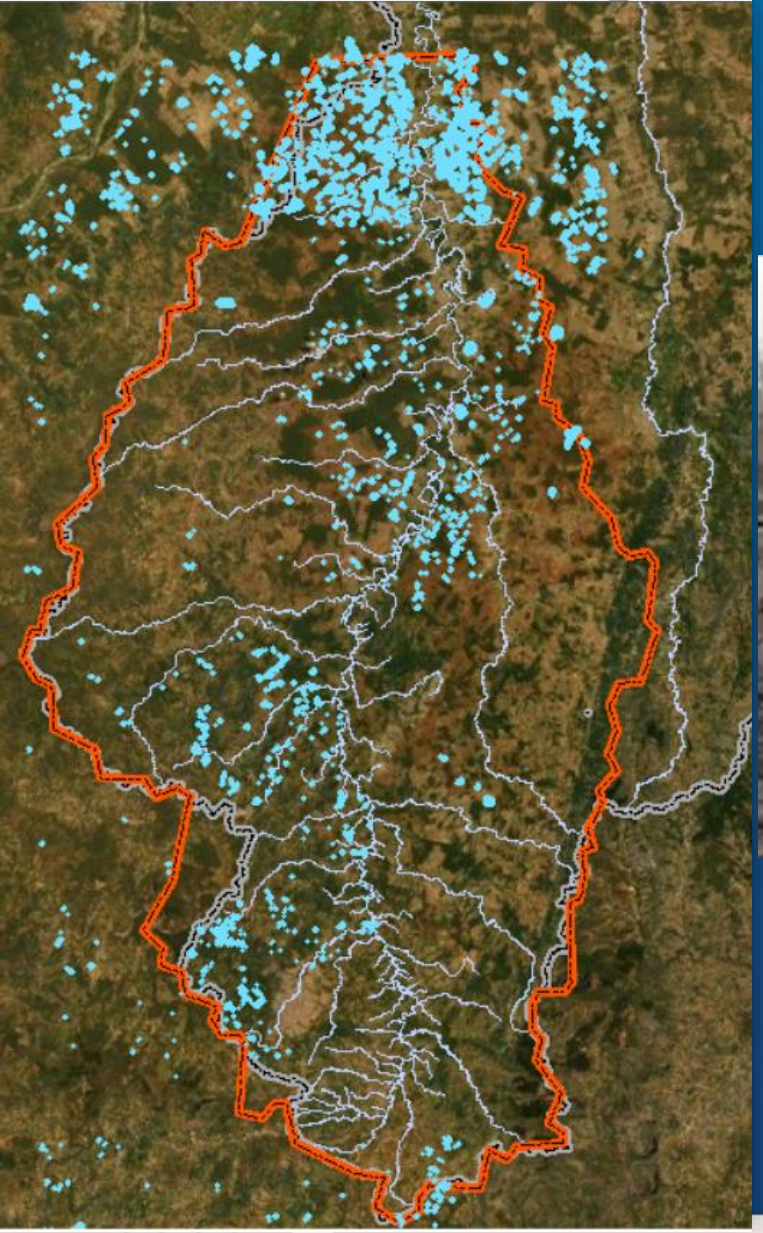
O domínio pelito-carbonático é composto pelas rochas carbonatadas (predomínio de calcários) e pelíticas (siltitos) do Grupo Bambuí.

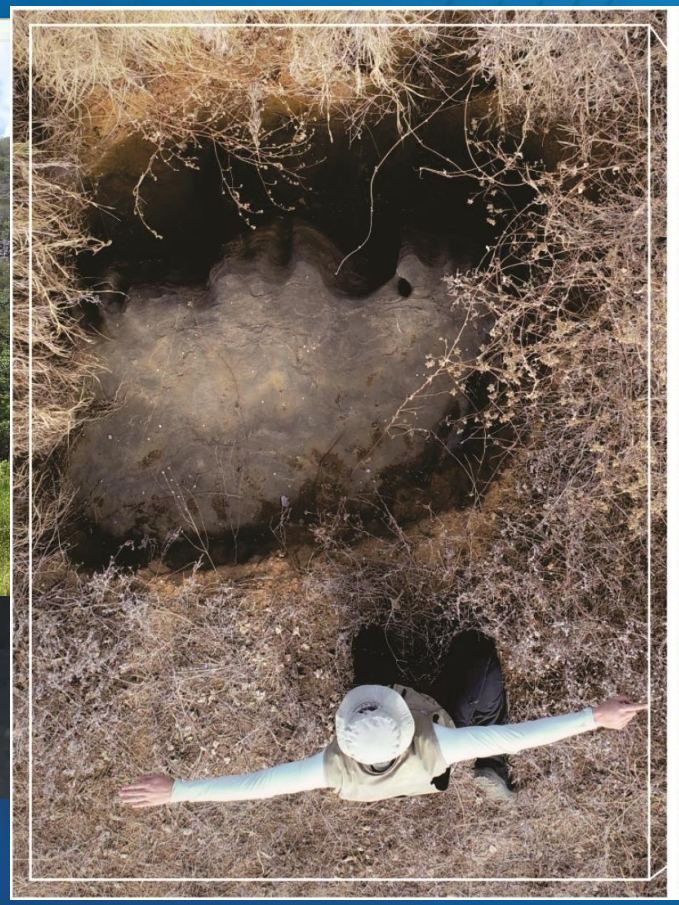
Ocupa área de cerca de 43% da Bacia do rio Verde Grande.

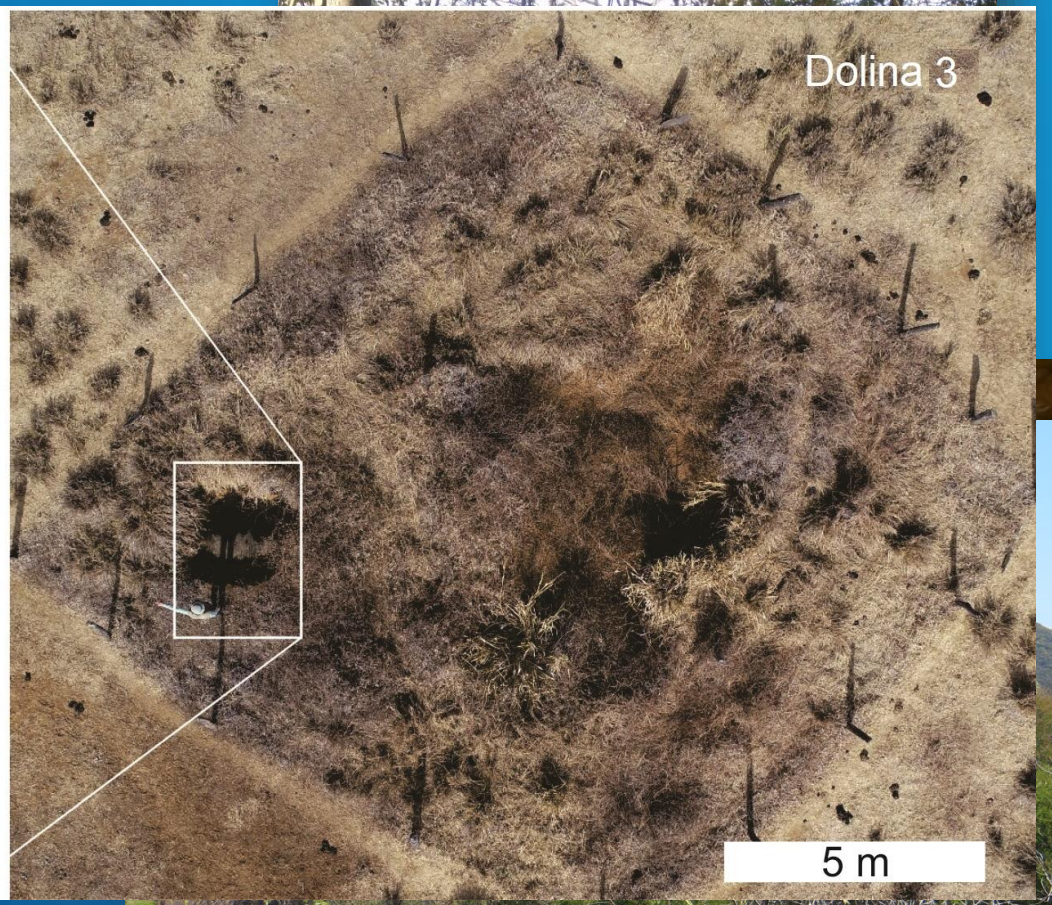
Este domínio forma o chamado Sistema Aquífero Fissurado-Cárstico

Bacia do rio Verde Grande: O Carste

Dolinas

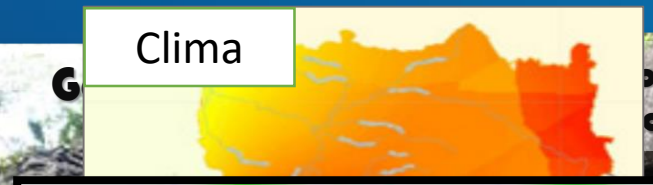






Análise sistêmica do Carste: multitemática e integrada

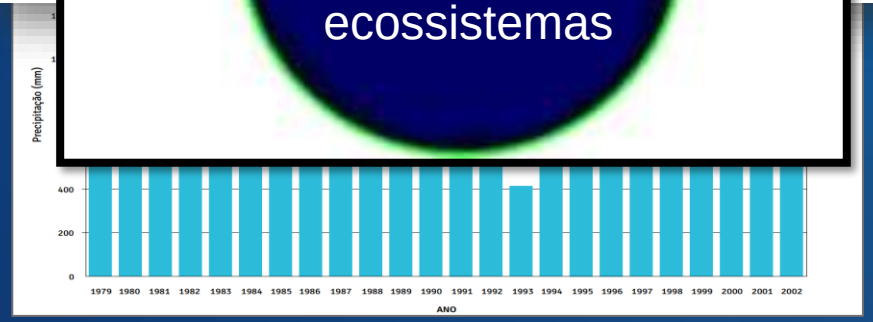
Clima



Água para setores agropecuários, industrial e de geração de energia

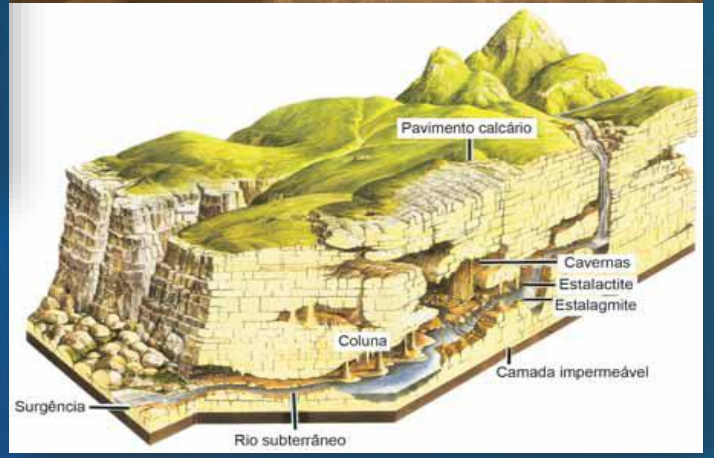
Água para as pessoas

Água para os ecossistemas



Propostas de Gestão

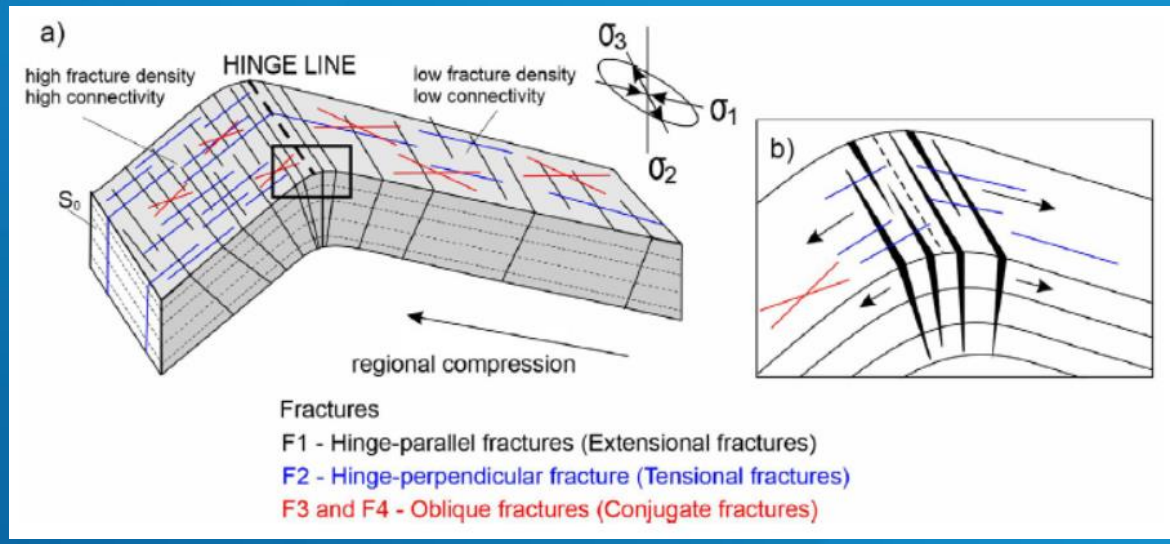
Ambiente Cárstico/Fissuro-cárstico



Uso do solo e Cobertura Vegetal

Proposição de ações que favoreçam a implementação da gestão integrada e compartilhada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos

Bacia do rio Verde Grande: Resultados obtidos no estudo Análise geológico-estrutural



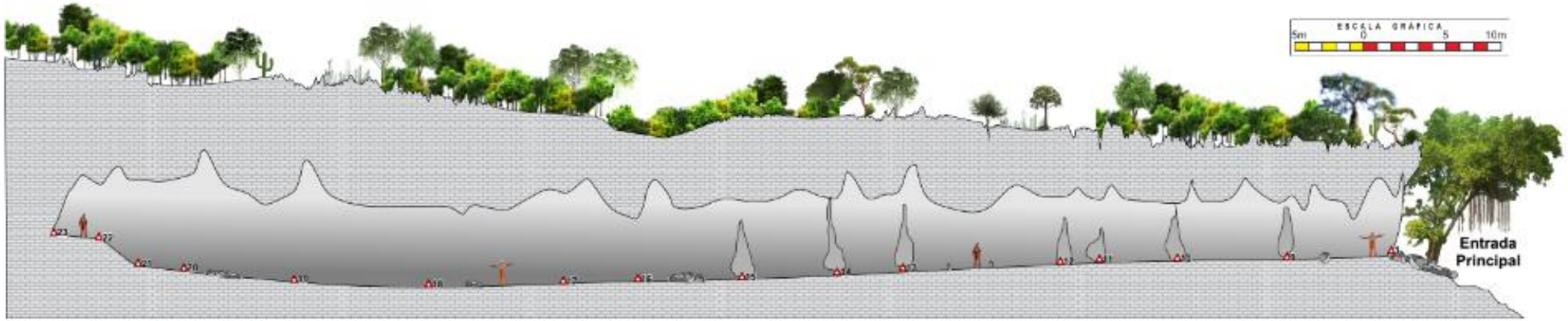
Journal of the Geological Survey of Brazil

Neoproterozoic-Cambrian structures as a guide to the evolution of the Bambuí karst in the Vieira river basin, Montes Claros, North of Minas Gerais, Brazil

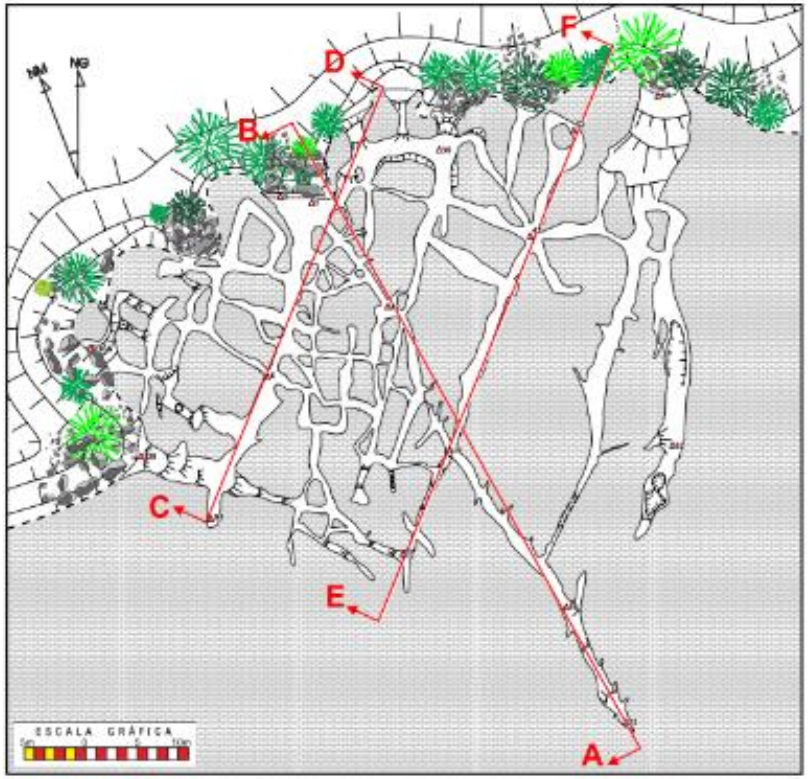
José Adilson Dias Cavalcanti

Serviço Geológico do Brasil, SUREG-BH, Avenida Brasil 1731, Bairro Funcionários, Belo Horizonte, Minas Gerais, CEP: 30.140-002

LAPA ANDORINHAS - PERFIS LONGITUDINAIS

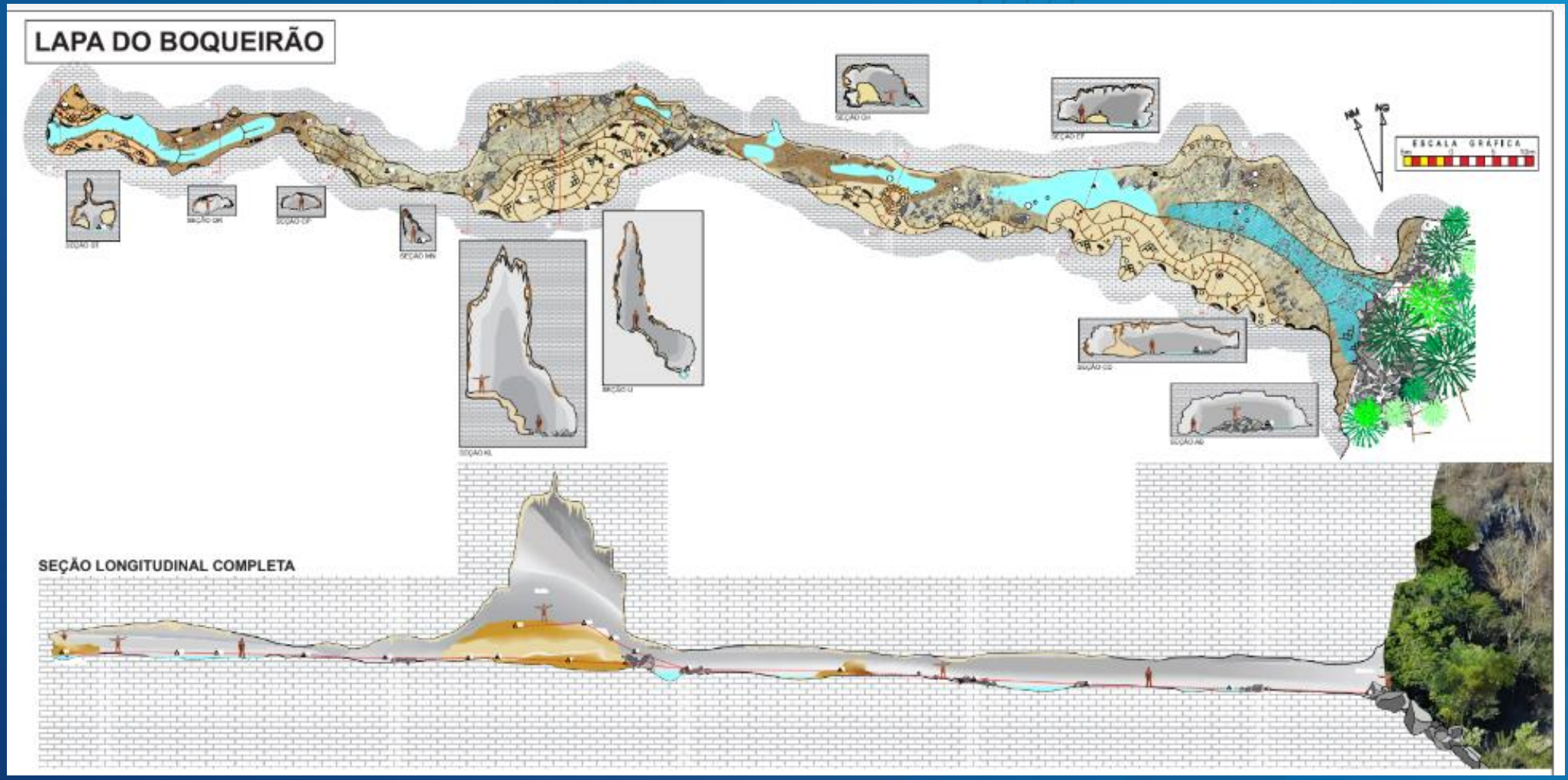


Seção Longitudinal AB - Sentido S/N

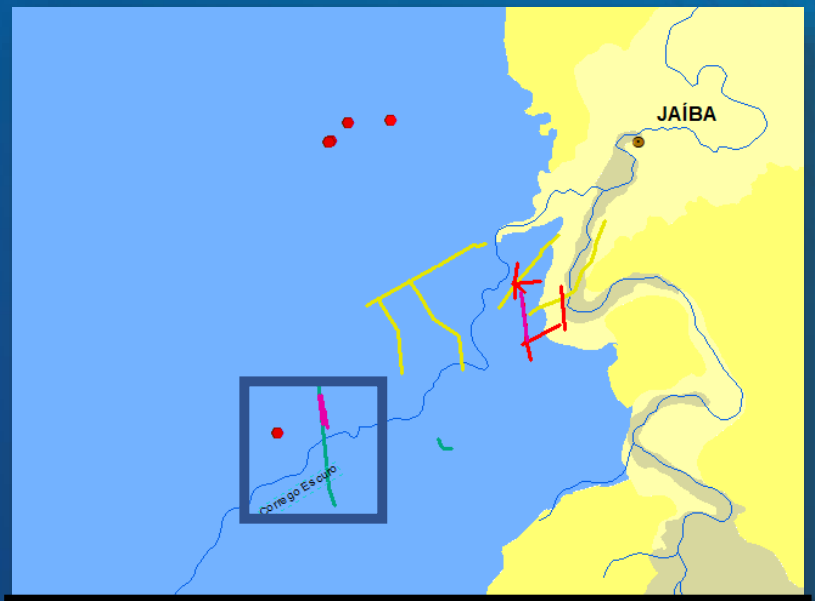


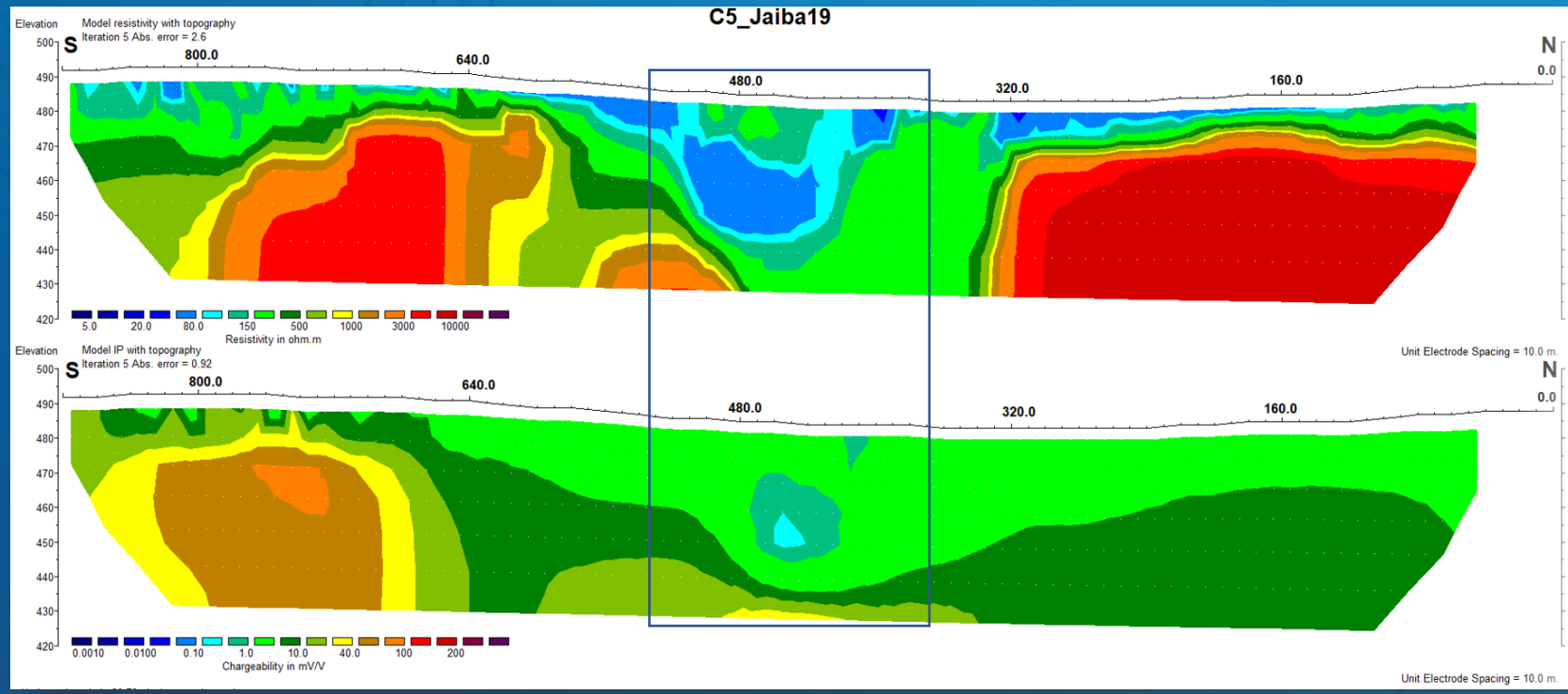
Bacia do rio Verde Grande: Resultados obtidos no estudo Mapeamento de cavernas

Bacia do rio Verde Grande: Resultados obtidos no estudo Mapeamento de cavernas



Bacia do rio Verde Grande: Resultados obtidos no estudo Geofísica – caminhamento elétrico

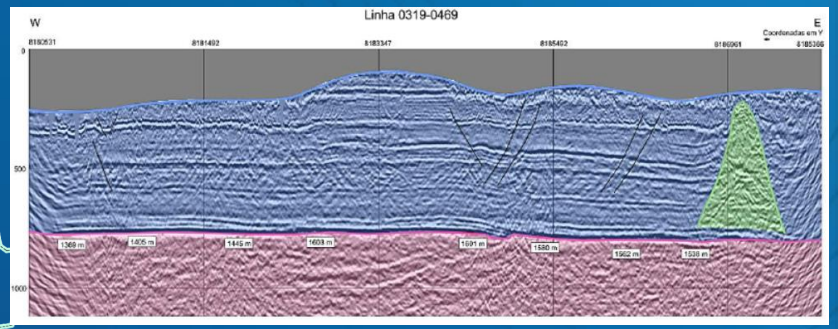


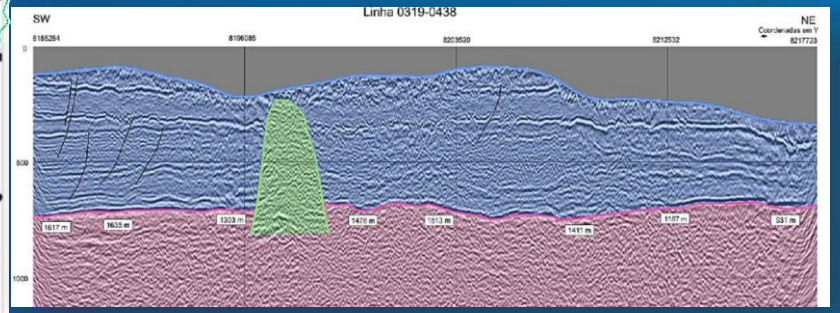


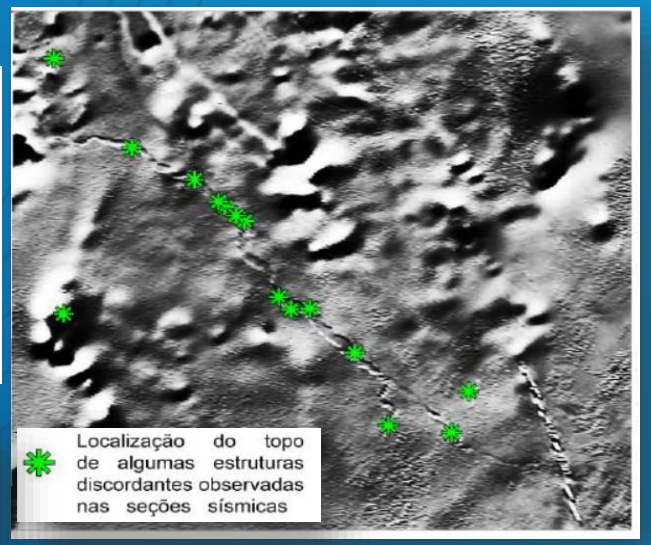
Córrego Escuro (intermitente)

Representa um grande conduto em subsuperfície

Bacia do rio Verde Grande: Resultados obtidos no estudo Geofísica – caminhamento elétrico e sísmica

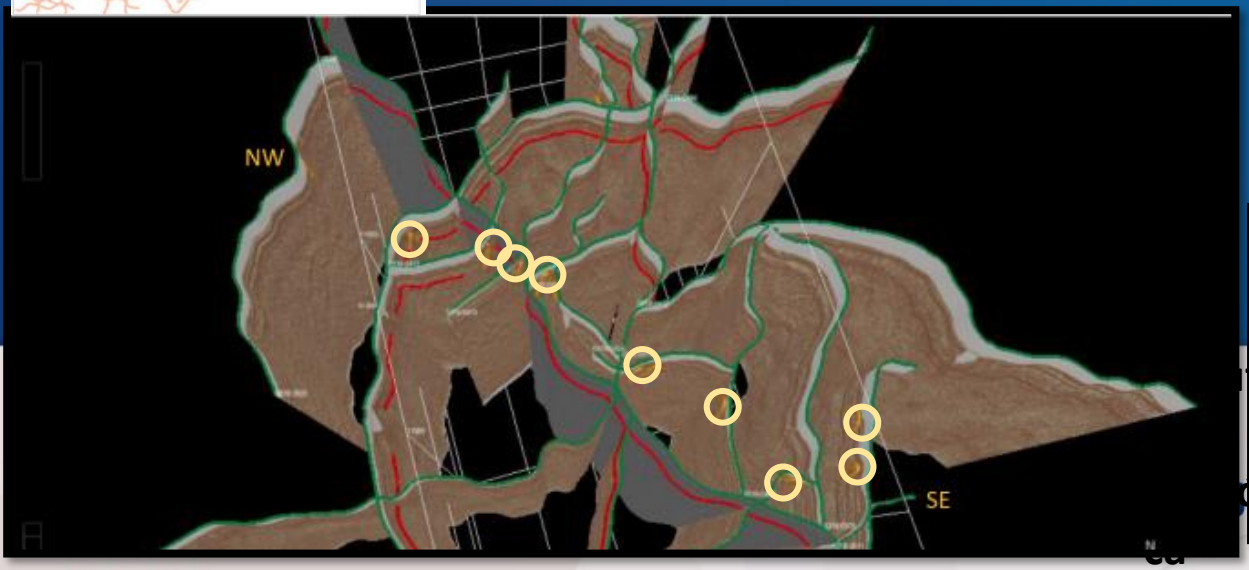


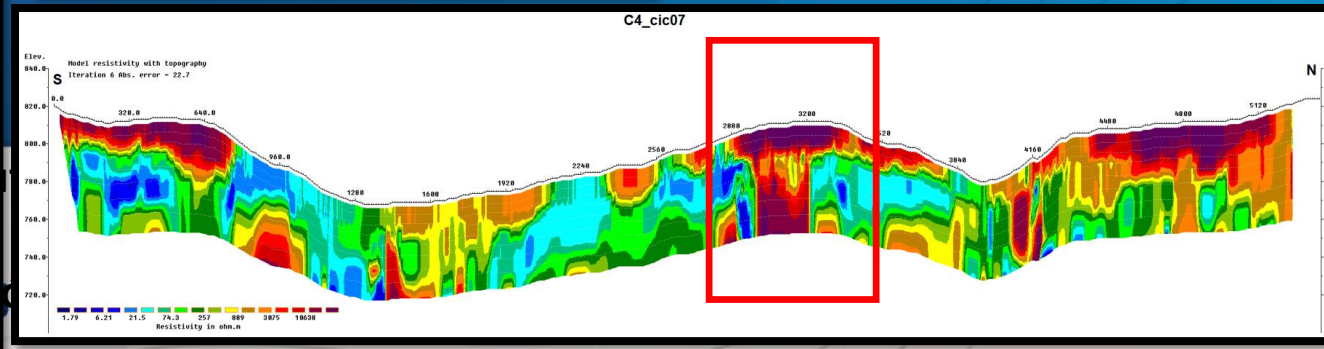




Linhas Geoelétricas ao longo de estrutura identificada na sísmica e em mapas aeromagnetométricos

Estrutura caracterizada por resistividade muito alta que pode se comportar como uma barreira hidráulica.





Bacia do rio Verde Grande: Resultados obtidos no estudo Hidrologia – análise das séries de vazão

Estação Colônia do Jaíba

Codigo

44670000

1960 2017

929
Precipitação (mm)

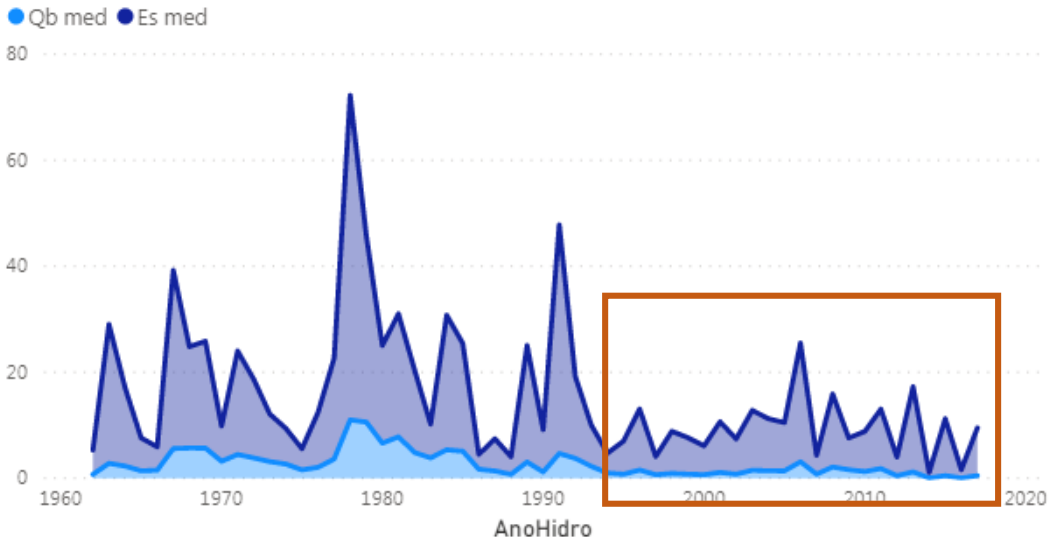
15,751
Vazão (m3/s)

2,680
Esc. Base (m3/s)

13,071
Esc. Superficial

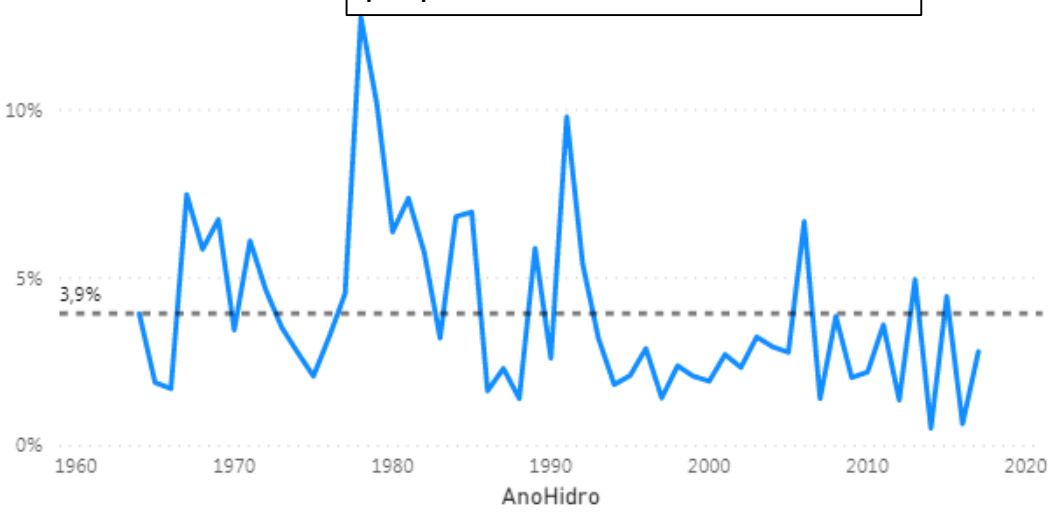
Bacia de Contribuição

Vazão Média Anual (m3/s)



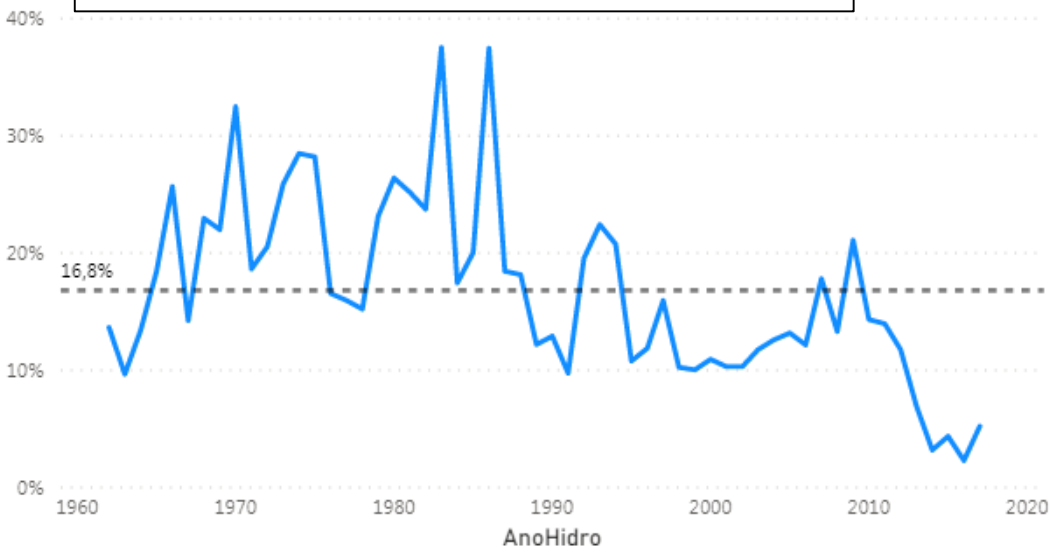
Coeficiente de Escoamento

a razão entre o volume de água escoado superficialmente e o volume de água precipitado.



BFI

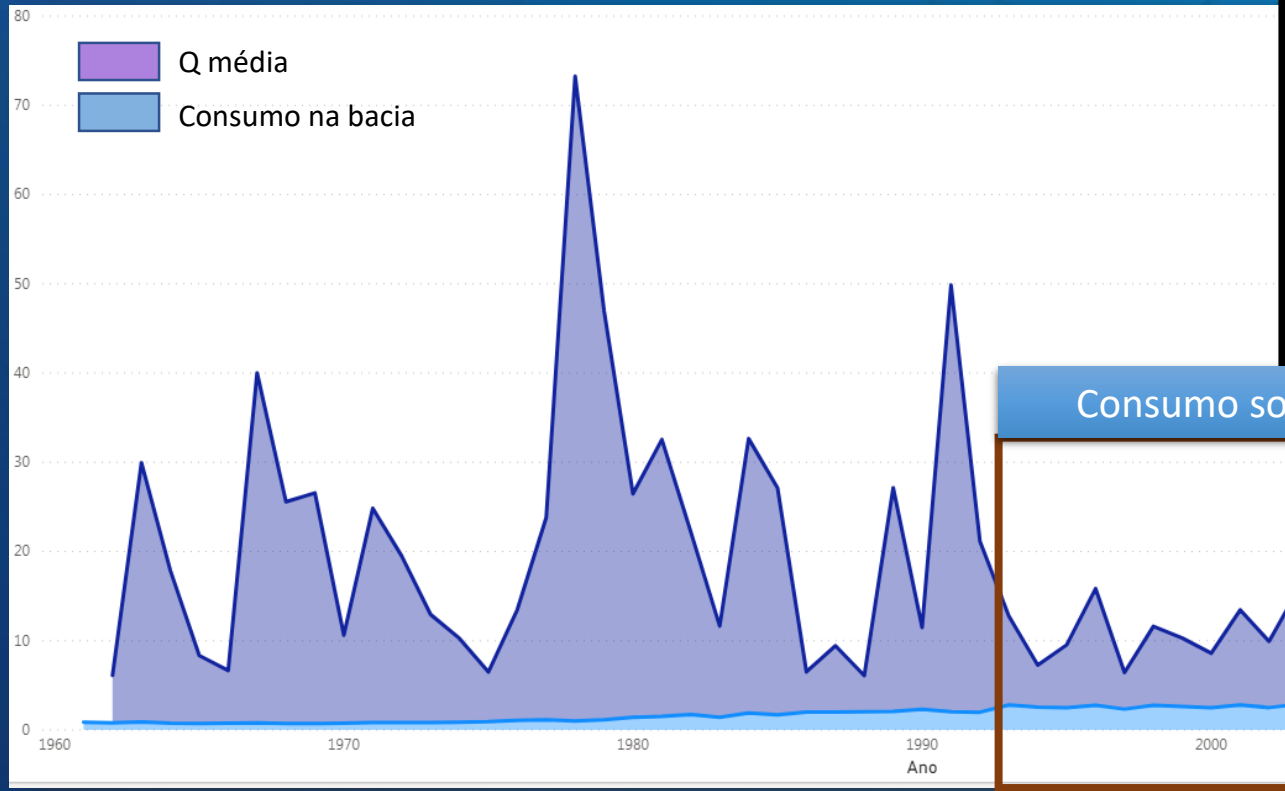
porcentagem do escoamento de base perante o escoamento total

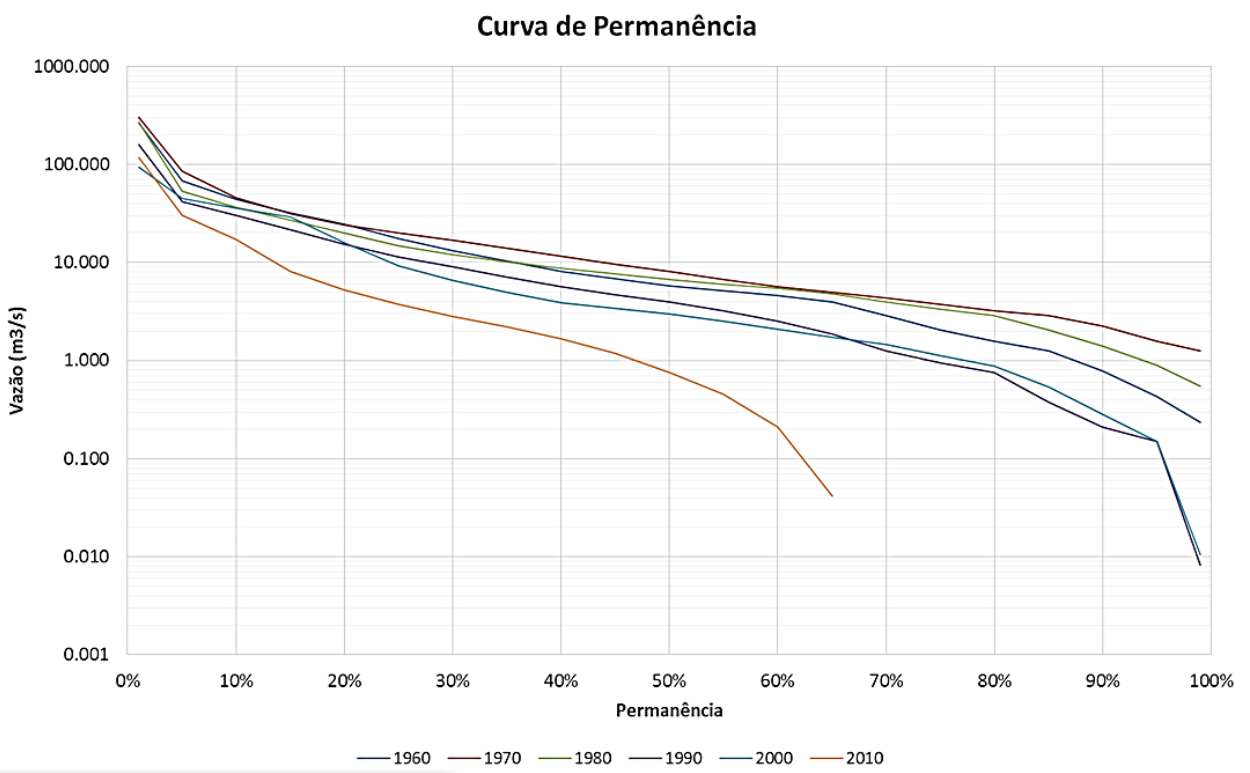


Bacia do rio Verde Grande: Resultados obtidos no estudo

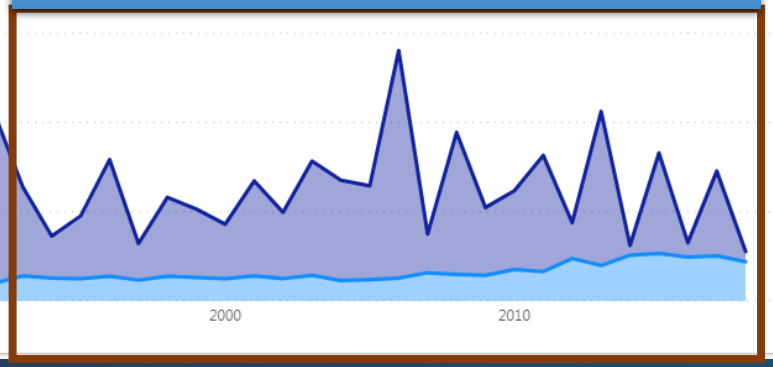
Hidrologia – análise das séries de vazão versus consumo

Estação Colônia do Jaíba

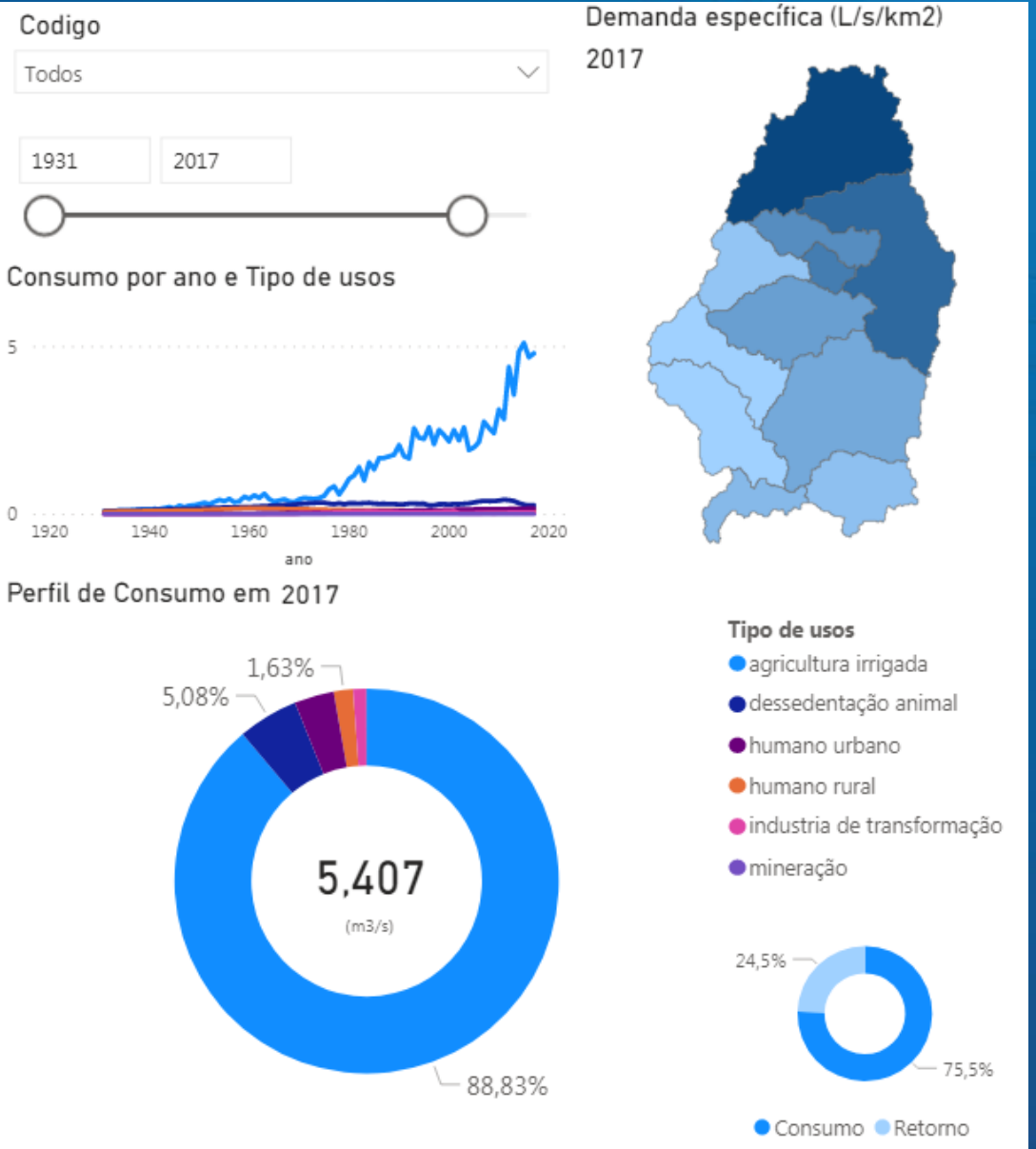


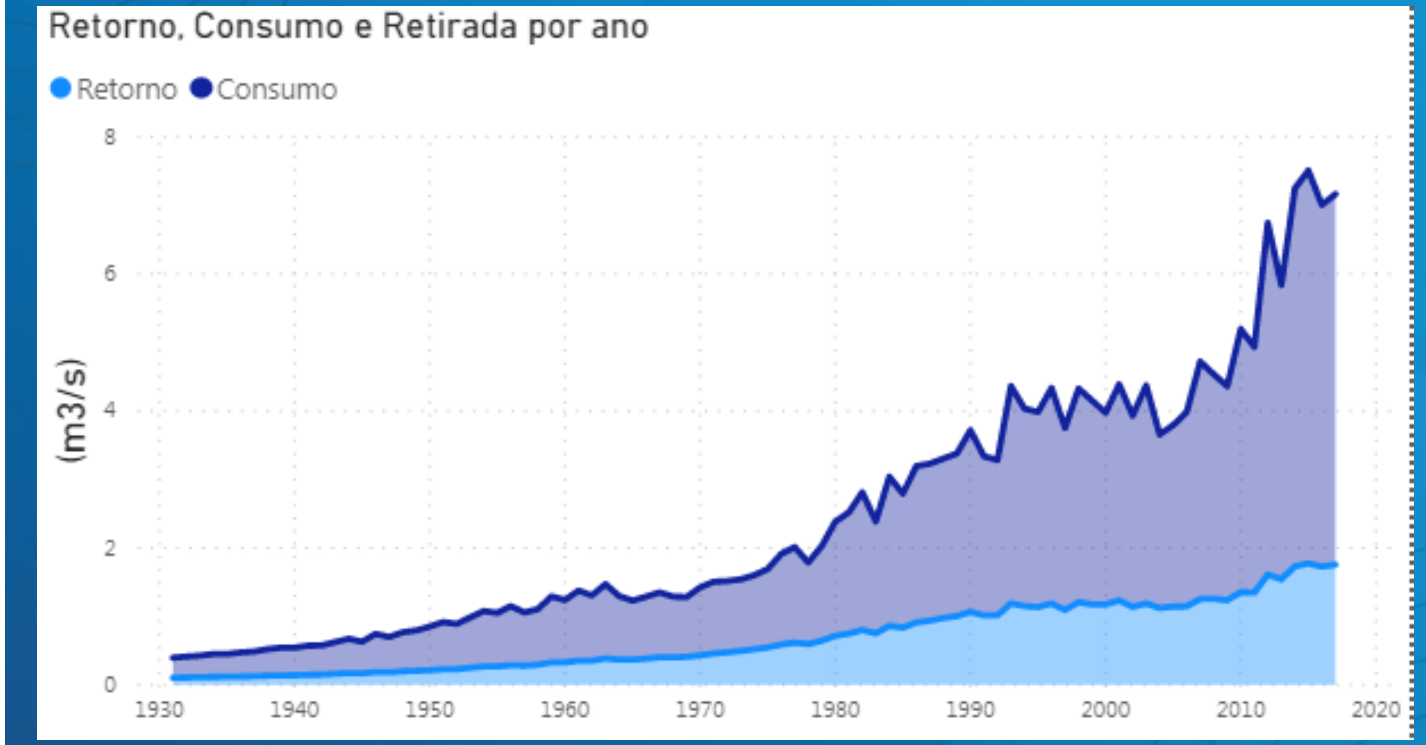


Consumo somado a Qmédia anual



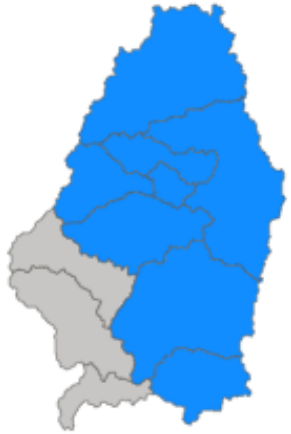
Bacia do rio Verde Grande: Resultados obtidos no estudo Hidrologia – análise das séries de vazão versus consumo





Bacia do rio Verde Grande: Resultados obtidos no estudo Hidrologia – análise do consumo de água versus uso do solo

Bacia de Contribuição



Uso e Ocupação (%) por Uso

Pastagem

Formacao Savanica

Uso

Formacao Savanica

Ano

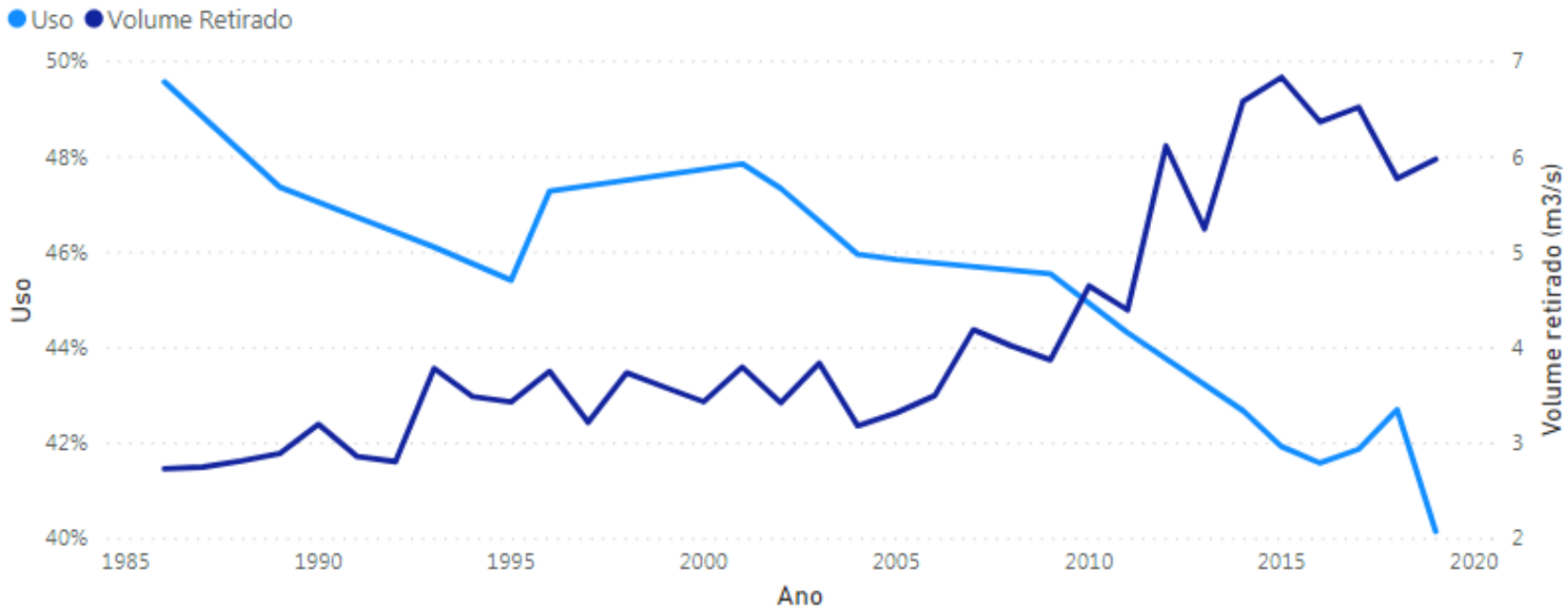
2019

Codigo

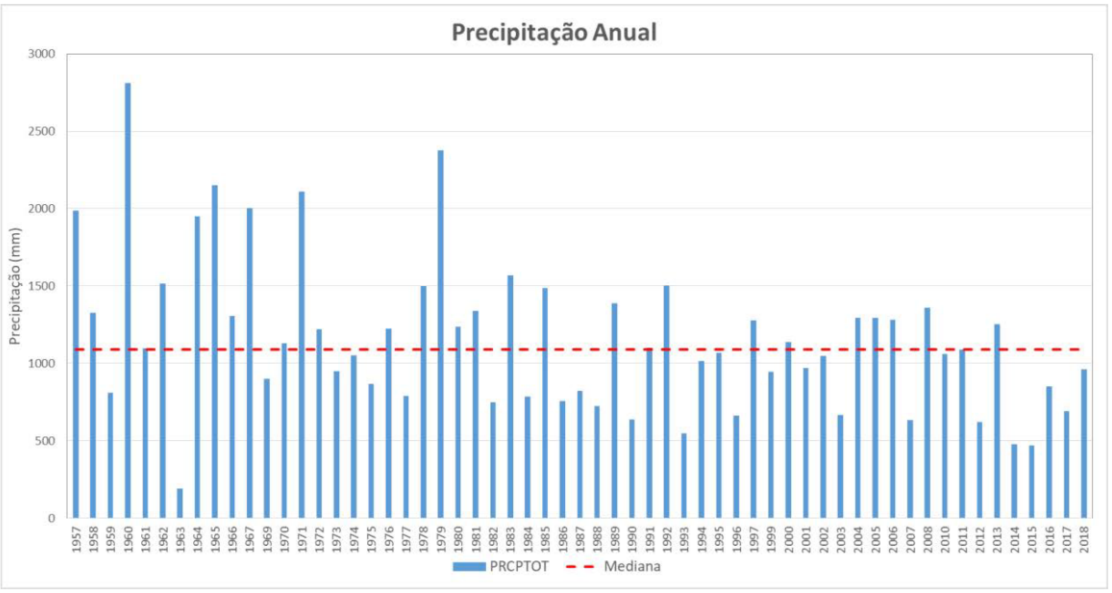
44670000

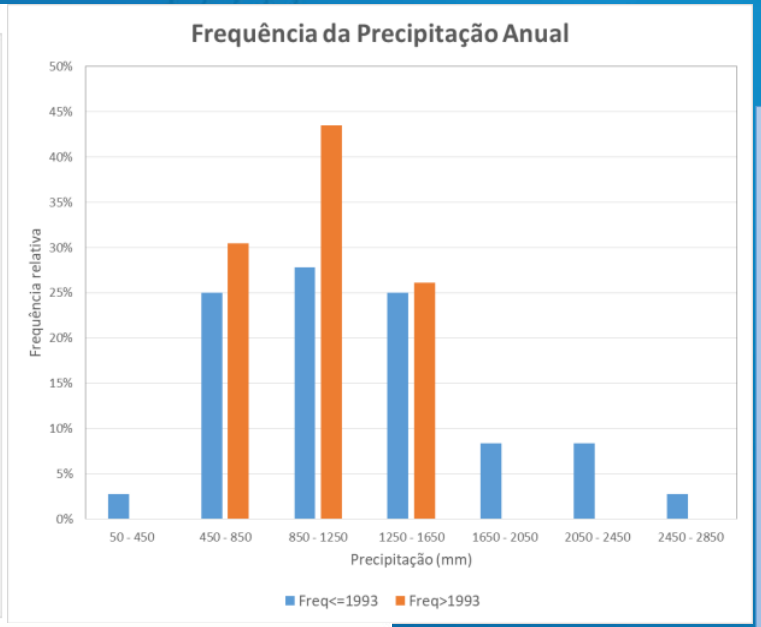
- 42000001
- 42100000
- 42187000
- 44350000
- 44630000
- 44630500

Uso e Volume Retirado por Ano



Bacia do rio Verde Grande: Resultados obtidos no estudo Hidrologia – análise das séries de precipitação





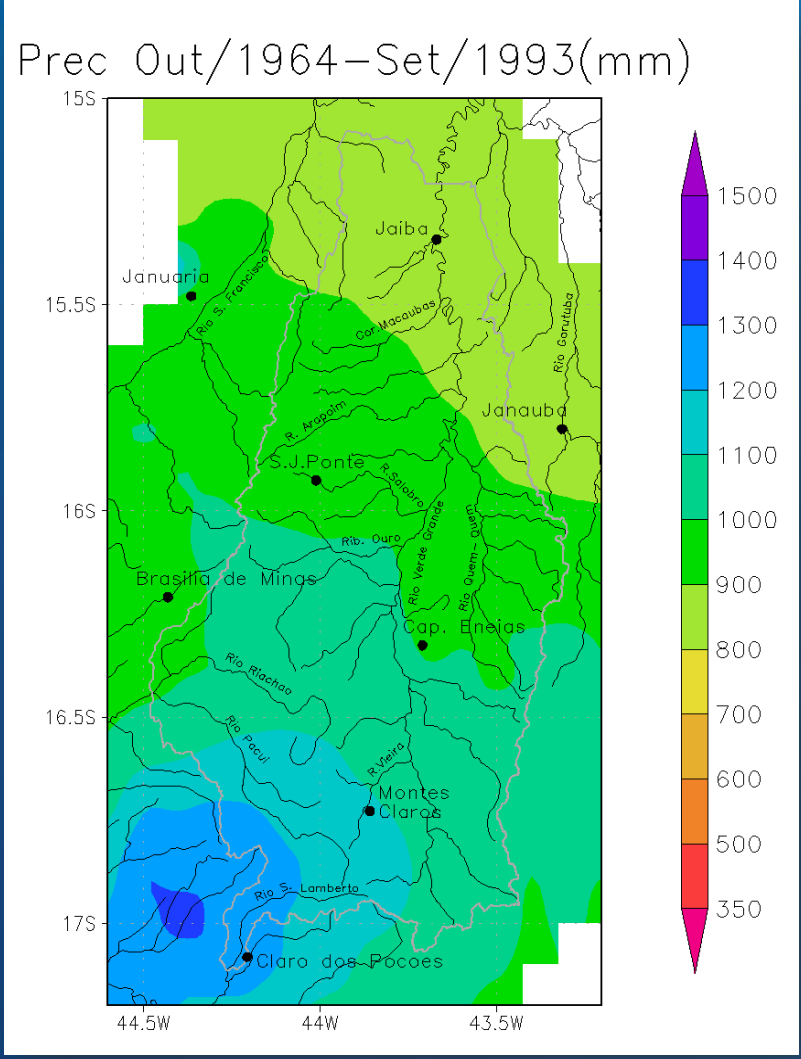
Testes Estatísticos

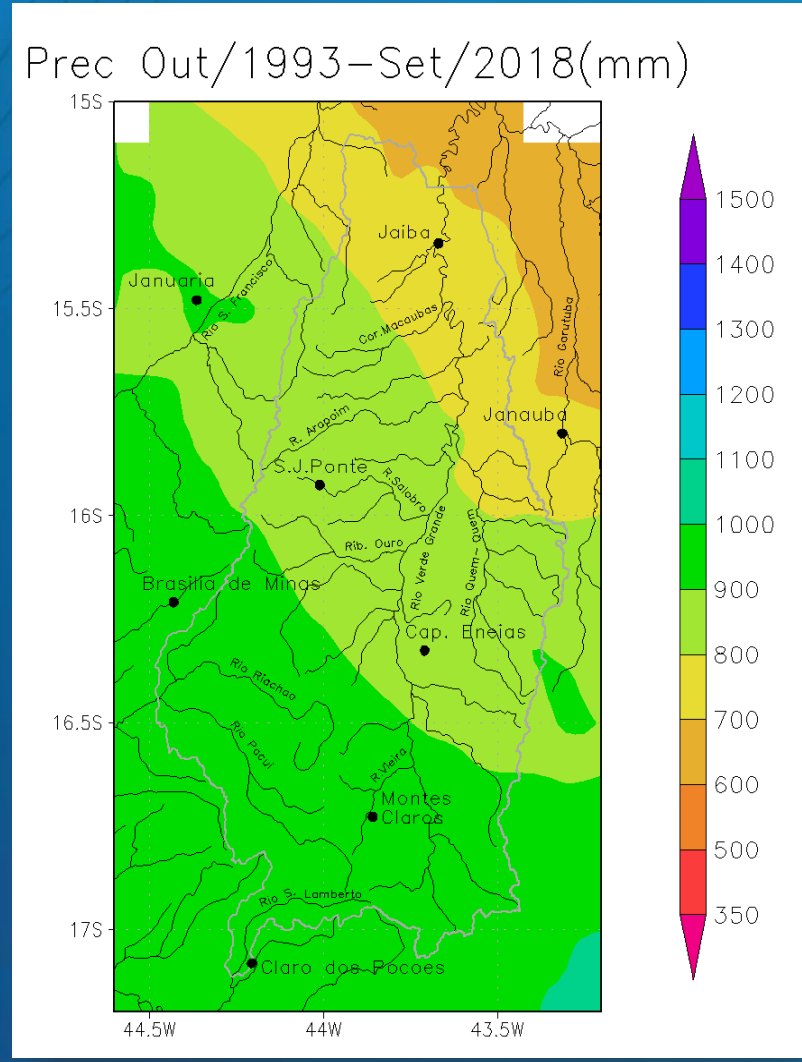
Nome	Tipo	Estatística	Nível de significância			Interpretação
			10%	5%	1%	
Mann-Kendall	Tendência	3,159	1,645	1,960	2,576	Fortíssima evidência de tendência
Spearman's Rho	Tendência	3,061	1,645	1,960	2,576	Fortíssima evidência de tendência
Distribuition Free CUSUM	Salto na média	10,000	9,371	10,446	12,520	Possível evidência de salto na média e/ou mediana
Rank-Sum	Diferença na mediana de dois períodos	2,215	1,645	1,960	2,576	Forte evidência de haver diferença entre as médias e/ou medianas dos períodos selecionados
Median Crossing	Aleatoriedade	0,000	1,645	1,960	2,576	Pouca evidência de que os dados não são aleatórios
Truning Points	Aleatoriedade	2,823	1,645	1,960	2,576	Fortíssima evidência de que os dados não são aleatórios
Rank Difference	Aleatoriedade	0,868	1,645	1,960	2,576	Pouca evidência de que os dados não são aleatórios

Estação Fluviométrica de Montes Claros

- Precipitação média anual de 1000 mm;
- O período de 2014 a 2018 apresentou precipitações abaixo da média, sendo o biênio 2014-2015 o mais severo (em torno de 450 mm/ano).
- Testes estatísticos indicaram tendência de queda nos volumes médios de precipitação anual e diferença entre as médias e/ou medianas dos subperíodos 1957 a 1992 e 1993 a 2018.
- Tendência de queda nos índices de número máximo de dias úmidos consecutivos, precipitação diária máxima anual, precipitação acumulada de cinco dias máxima anual, intensidade média da precipitação, número de dias com precipitação ≥10 mm, ≥20 mm, ≥50 mm.

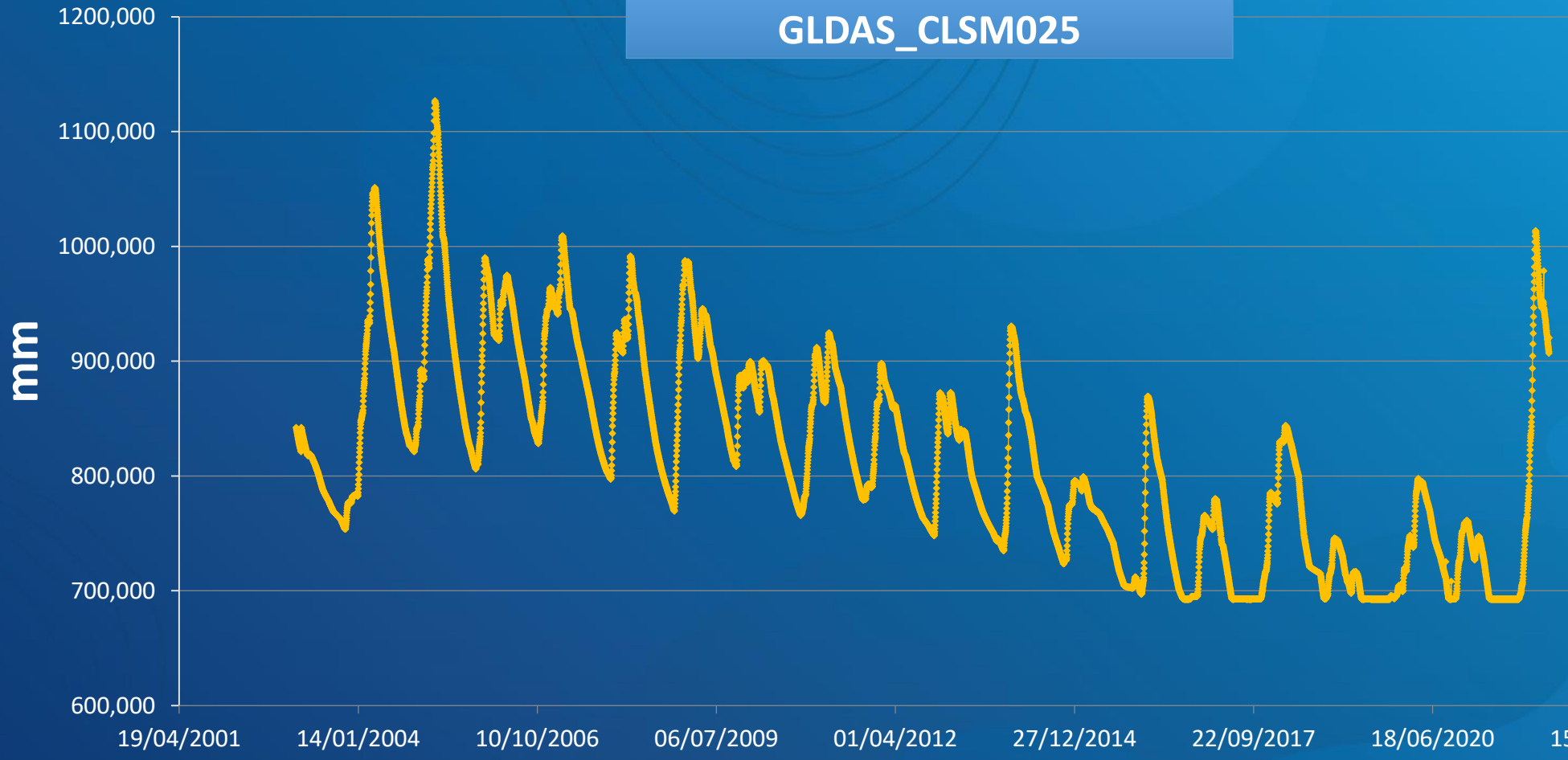
Bacia do rio Verde Grande: Resultados obtidos no estudo
Hidrologia – análise das séries de precipitação





Bacia do rio Verde Grande: Resultados obtidos no estudo Hidrogeologia – análise das variações do armazenamento subterrâneo a partir dos dados do satélite GRACE

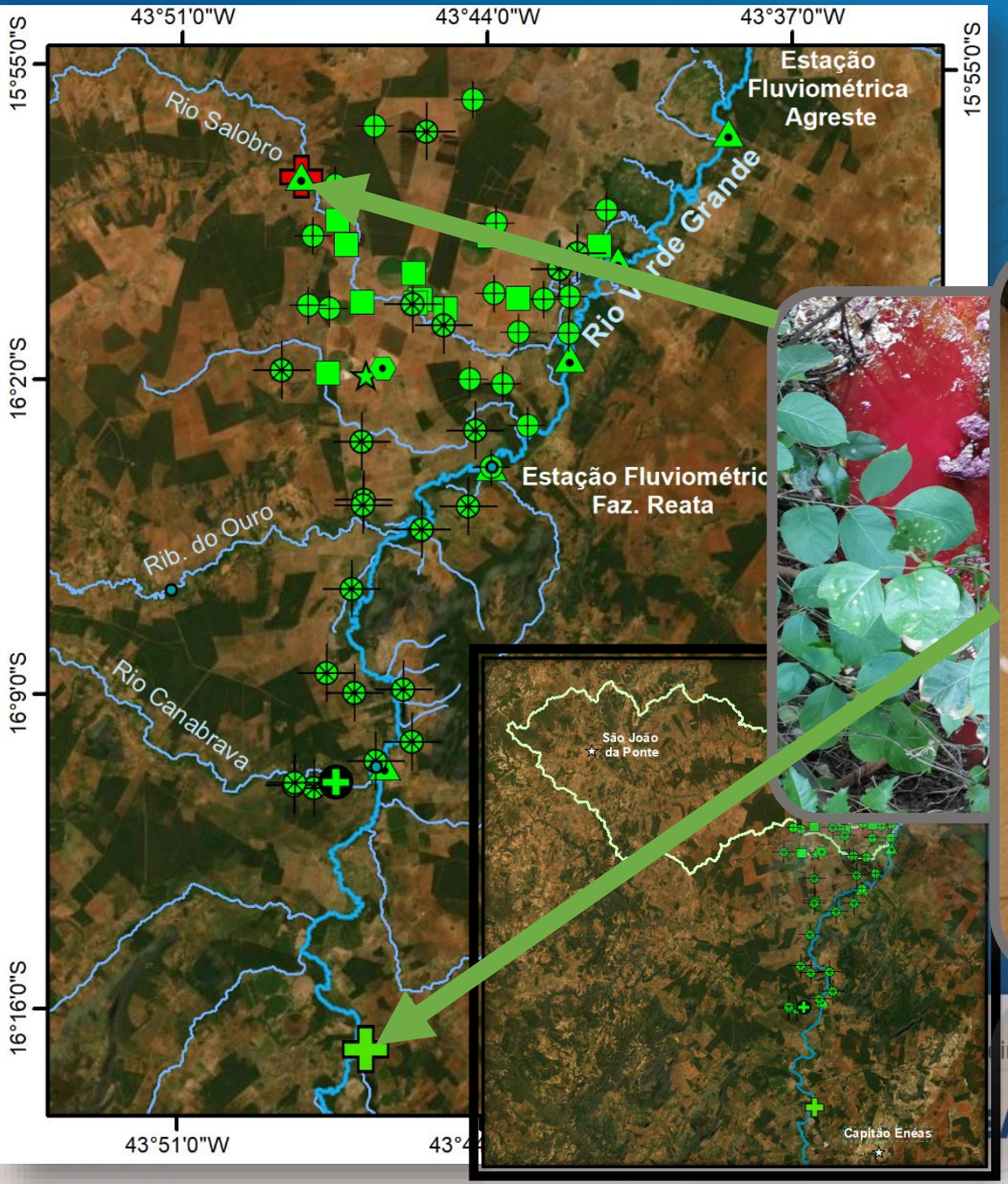
Pixel da região da cidade de Jaíba GLDAS_CLSM025



- De 2006 a 2020 – Estimativa de perda de armazenamento subterrâneo em torno de 300 mm
- No período de 2021-2022: ganho de armazenamento subterrâneo de cerca de 200 mm.

Bacia do rio Verde Grande: Resultados obtidos no estudo Hidrogeologia – Investigação da relação rio-aquífero

Aplicação da técnica de traçadores corantes



Bacia do rio Verde Grande: Resultados obtidos no estudo Hidrogeologia – Investigação da relação rio-aquífero

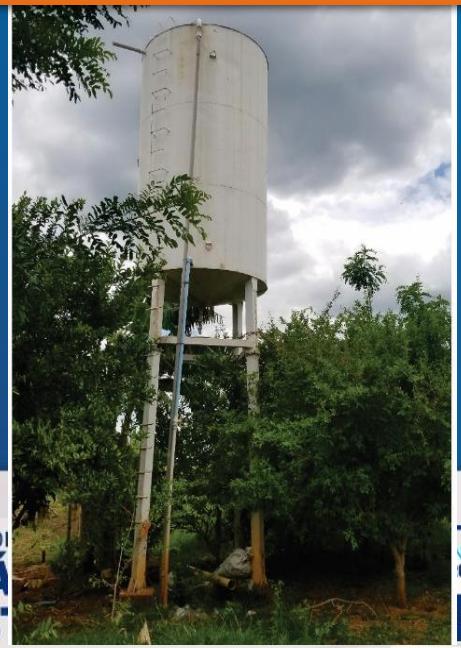
Aplicação da técnica de traçadores corantes

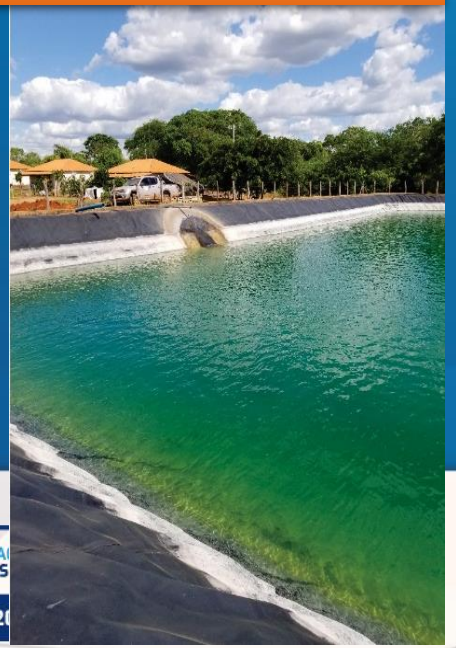
Monitoramento na frequência de 7, 35 e 65 dias após o lançamento do Corante

Detector com carvão ativado

Coleta de amostra de água

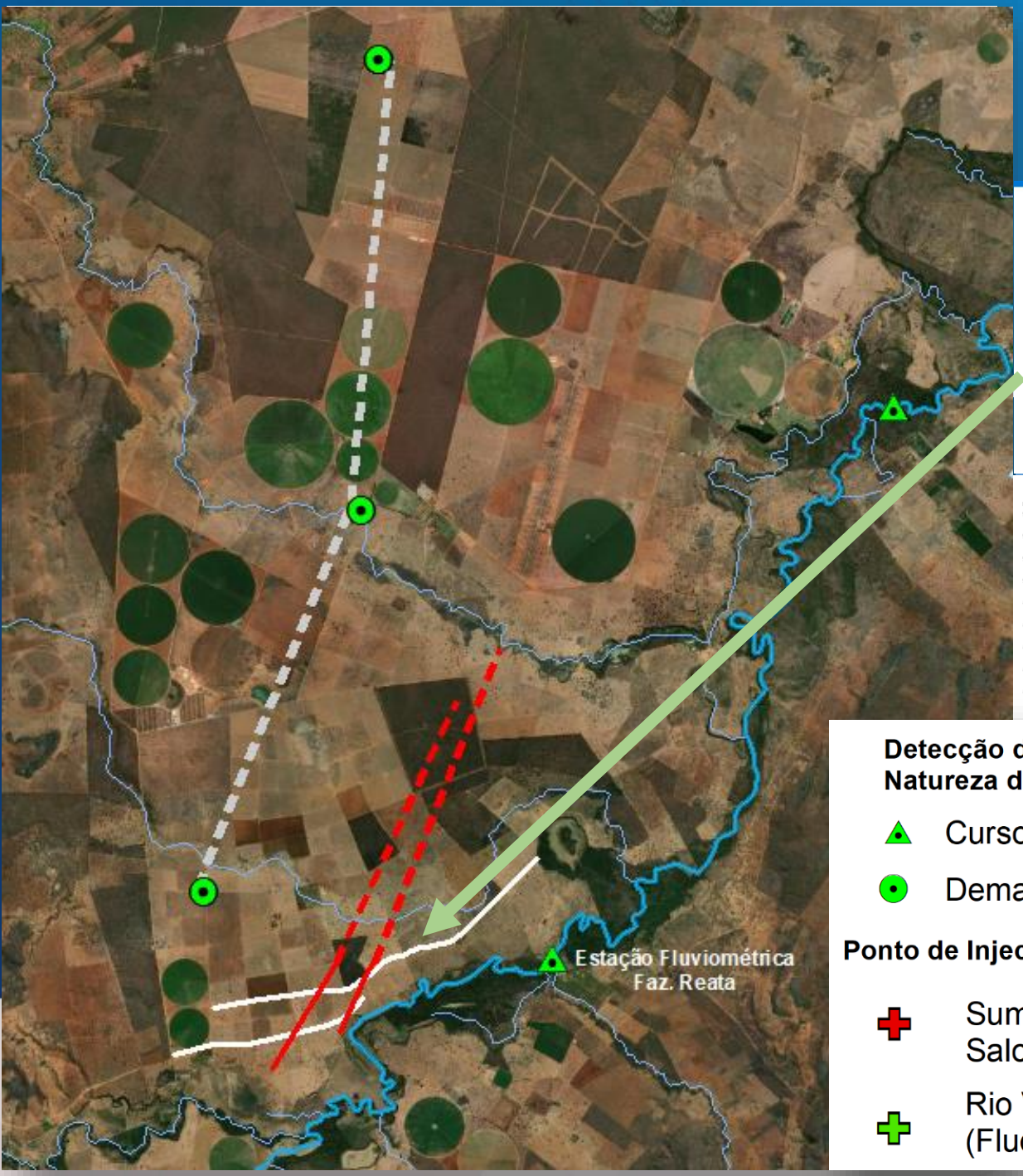
Locais de implantação dos detectores com carvão

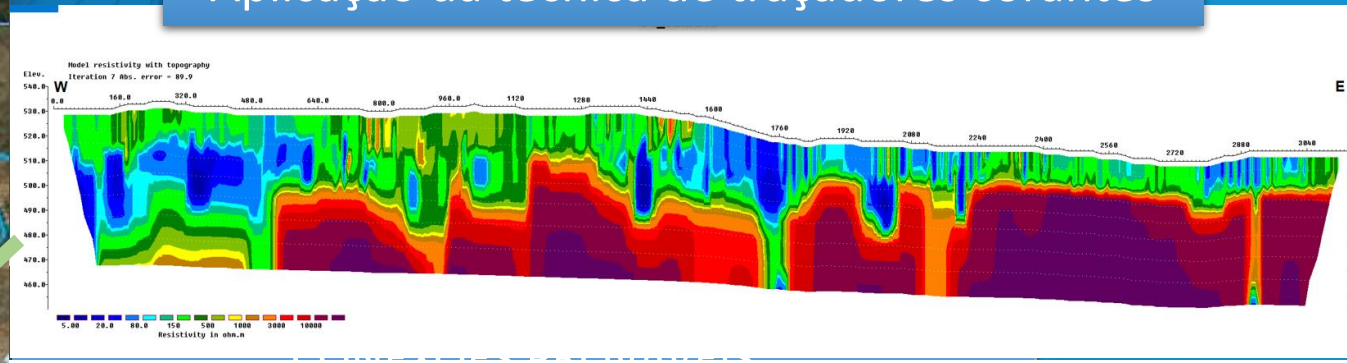


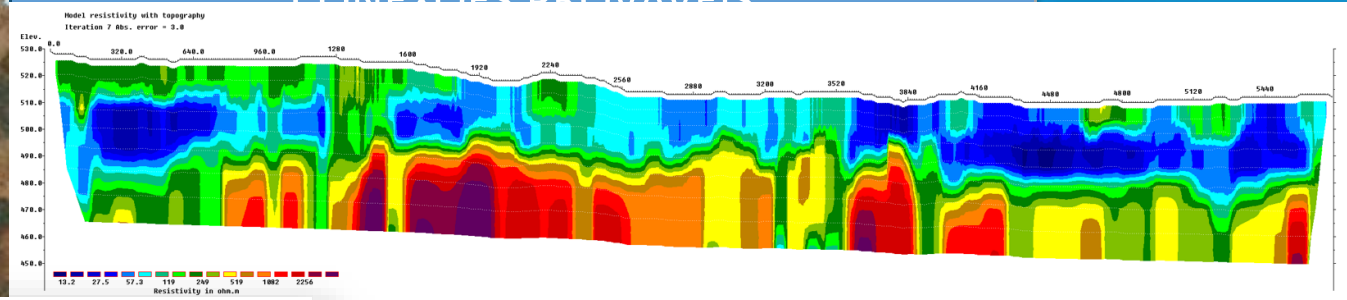


Bacia do rio Verde Grande: Resultados obtidos no estudo Hidrogeologia – Investigação da relação rio-aquífero

Aplicação da técnica de traçadores corantes







Detecção do traçador
Natureza do ponto

- Curso d'água
- Demais pontos

Ponto de Injecao

- Sumidouro Rio Salobro - Rodamina
- Rio Verde Grande (Fluoresceína)

FENÁGUA 2022
FEIRA NACIONAL DA ÁGUA
ESPAÇO ARCA | SÃO PAULO | SP

Bacia do rio Verde Grande: Resultados obtidos no estudo
Estações Hidrometeorológicas

- Quatro estações pluviométricas automáticas e convencionais
- Dez estações fluviométricas
- Sete pontos de medições de descarga

(Estacao Climatologica

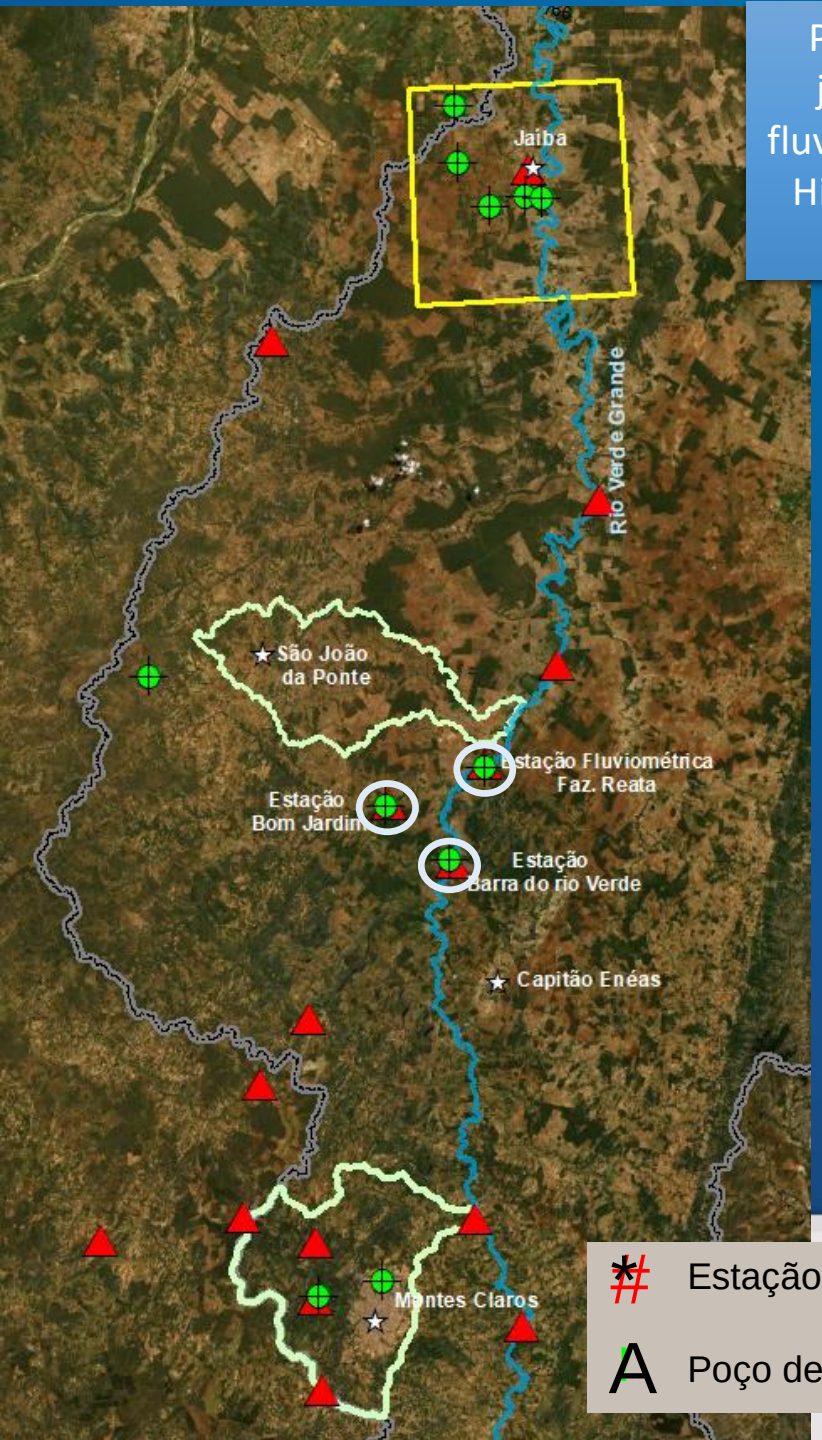
*# Estacao Fluviometrica

(Estacao Fluviometrica e Climatologica

*# Ponto de Medição

Bacia do rio Verde Grande: Resultados obtidos no estudo Rede de monitoramento de água subterrânea construída

Poços construídos junto às estações fluviométricas da Rede Hidrometeorológica Nacional



Estações com telemetria

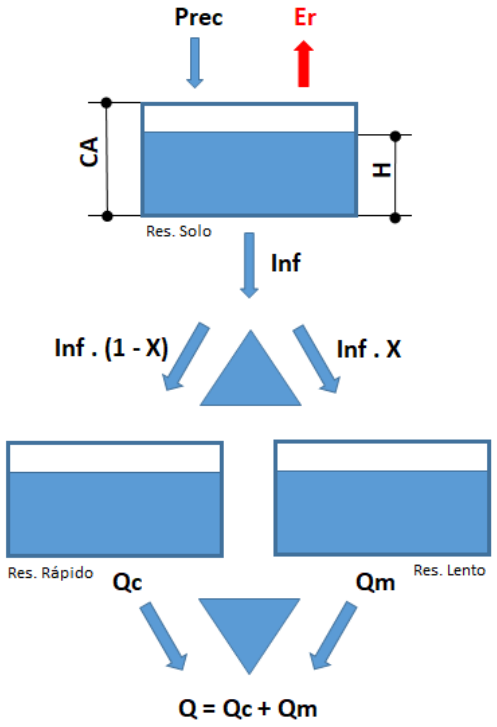
\# Estação Fluviométrica

A Poço de monitoramento

Estação Fluviométrica Fazenda Reata

Bacia do rio Verde Grande: Resultados obtidos no estudo Modelagem

Modelo KaRaMel



$$\mathrm{Er} = \begin{cases} Ep & se\ H + Prec \geq Ep \\ H + Prec & se\ H + Prec < Ep \end{cases}$$

$$\mathrm{H} = \begin{cases} CA & se\ H + Prec - Er \geq CA \\ H + Prec - Er & se\ H + Prec - Er < CA \end{cases}$$

$$\mathrm{Inf} = \begin{cases} H + Prec - Er - CA & se\ H + Prec - Er \geq CA \\ 0 & se\ H + Prec - Er < CA \end{cases}$$

$$\mathrm{Qc} = Qc^{t-1}.e^{-\frac{\Delta t}{kc}} + (1 - X).Inf.(1 - e^{-\frac{\Delta t}{kc}})$$

$$\mathrm{Qm} = Qm^{t-1}.e^{-\frac{\Delta t}{km}} + X.Inf.(1 - e^{-\frac{\Delta t}{km}})$$

Ollivier et al. (2019)

O modelo semi-distribuído e voltado para aquíferos cársticos.

- Integração direta das estimativas de Capacidade de Água Disponível do Solo (SAWC - a quantidade de água intermediária entre a capacidade de campo e o ponto de murcha) como parâmetro do modelo;
- Integração indireta com índices de vulnerabilidade intrínseca.
- A recarga é tratada como a água da chuva que entra na zona não saturada (após a perda pela evapotranspiração)
- KaRaMel simula a descarga do aquífero distribuindo a recarga e dividindo-a em dois caminhos: rápido (condutos) e lento (matriz). A distribuição de recarga é avaliada com relação às observações de descarga
- A recarga depende principalmente da precipitação, da evapotranspiração, das propriedades associadas à superfície do terreno (topografia, vegetação) que promovem o escoamento ou infiltração e a capacidade do solo em reter água;

Manual Operativo do Plano (MOP) especifica as estratégias, prioridades e ações necessárias para a implementação do Plano de Recursos Hídricos configurando como nova ferramenta para a gestão de recursos hídricos. CONCLUIDO

Análise e proposta da melhor alternativa de Incremento da Oferta Hídrica (IOH) na Bacia Hidrográfica doR io Verde Grande considerando ações de regularização e transposição de vazões entre bacias, apresentadas em seu Plano de Recursos Hídricos (PRH — Verde Grande). CONCLUÍDO

Projeto: Ações de revitalização e recuperação da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, no norte de Minas Gerais. EM EXECUÇÂO (UFMG)

Projeto Nascentes Vivas – recuperação 1.500 nascentes na Bacia do Rio Verde Grande (SF10) no Estado de Minas Gerais. instituto de desenvolvimento sustentável (IDS) . Financiamento CEF ~ 10.000.000,00. EM EXECUÇÃO

AÇÕES EM DESENVOLVIMENTO OU RECENTEMENTE CONCLUÍDAS NA BACIA

Estudos para implantação do Barramento no Córrego Agua Limpa (Canabrava). Levantamento topográfico concluído

Projeto Produtor de Águas em Juramento. ANA. EM EXECUÇÃO. Diagnóstico e Projeto Básico de Conservação de Recursos Hídricos em uma Parcela da Bacia Hidrográfica do Rio Juramento" concluído

Implementação do monitoramento remoto de captações de água. EM EXECUÇÃO

Programa de Educação Ambiental com foco na gestão dos recursos hídricos. EM EXECUÇÃO

BOLETIM DE ACOMPANHAMENTO DO MARCO REGULATÓRIO 2020/2021 – RIO VERDE GRANDE (MG)

FEVEREIRO 2021

Alocação de Água rio Verde Grande - 26 e 29/05/2020 – Videoconferência

Comissão de Acompanhamento da Alocação de Água 2020/2021:

Paulo Bina Fonyat de Lima (Usuário MIVG) - 38 99962-2722

Jorge Luiz Costa Pfeiffer (Usuário MIVG) - 38 99109-7260

Geraldo Bernardino Madureira (Usuário BVG) - 38 99939-2259

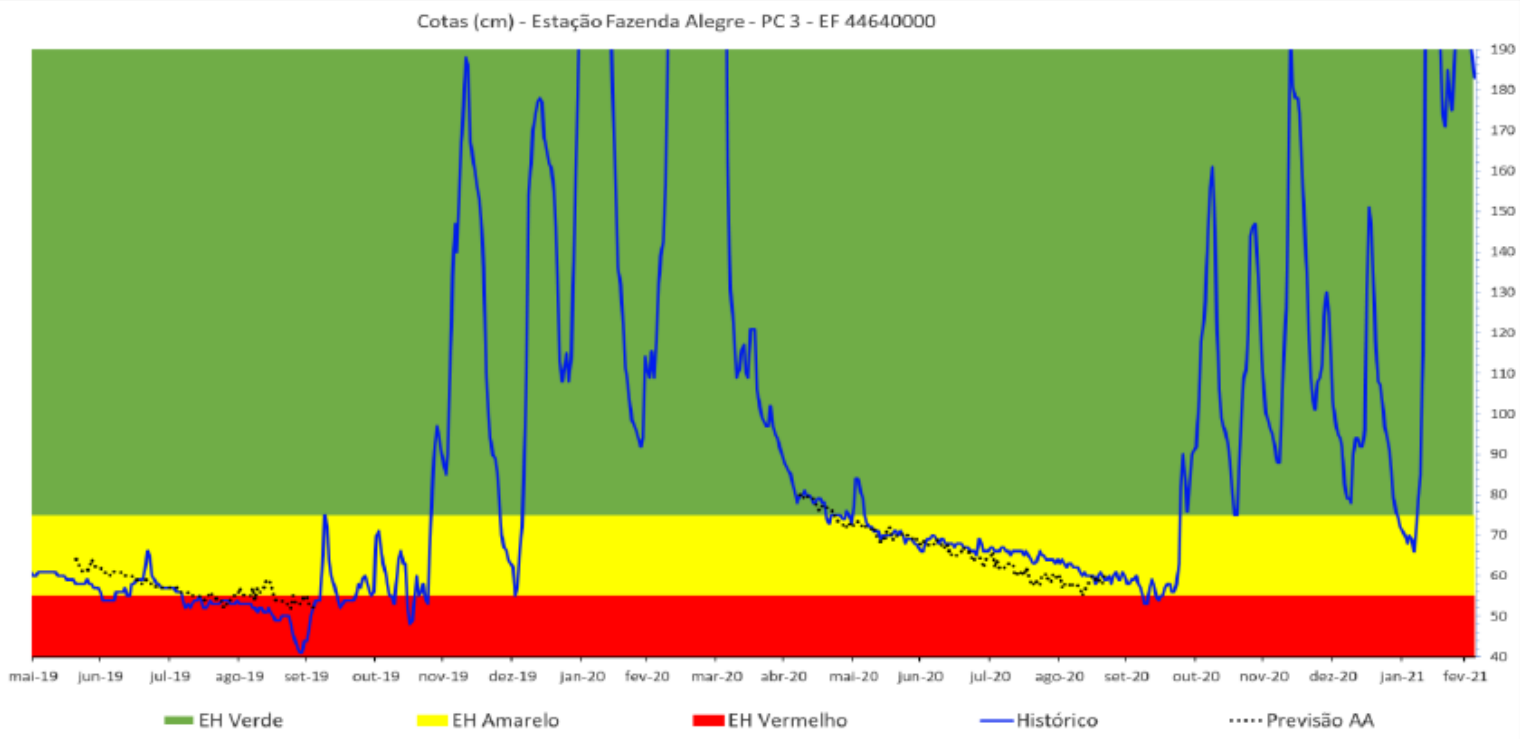
Marcos de Castro Sabino (Usuário BVG) - 38 99133-6704

Isidorio Pereira Filho (COPASA) - 38 99103-6421

Fred Henrique Souza Silva (COPASA) - 38 99919-4194

Bacia do rio Verde Grande: Marco Regulatório

Usos nos subsistemas Alto, Médio Superior e Médio Inferior Verde Grande – PC3 (Fazenda Alegre)



Usos Alto e Médio VG	2020								2021				
	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai
Abastecimento público Montes Claros	Interrompido		Uso permitido desde que o PC 1 esteja instalado, mantendo vazão remanescente igual ou superior a 150 l/s e devidamente regularizado junto à ANA com respectiva outorga publicada (ver Nota 5)										
Abastecimento público Verdelândia	Sem restrições												
Demais usos permanentes	Conforme outorga	Até 16/08/2019: 100% do volume outorgado A partir de 17/08/2020: 50% do volume outorgado se PC3 < 60 cm e interrupção total e PC3 < 55 cm por 7 dias consecutivos							Até 100% do volume outorgado se PC3 > 75 cm por 7 dias consecutivos e até 200% se PC2 > 191 cm				
Usos sazonais	Interrompidos												

Bacia do rio Verde Grande: Cobrança pelo uso da água

CBH VERDE GRANDE
Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande
Instituído pelo Decreto Presidencial de 03.12. 2003
Unificado pela Resolução nº 58, de 26.11.2009, do Estado da Bahia e Decreto nº 45261, de 23.12.2009, do Estado de Minas Gerais.

Minuta – DELIBERAÇÃO CBHVG nº 0xx/2022

Estabelece novos mecanismos e sugere valores para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Verde Grande.

O Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande (CBH Verde Grande), instituído pelo Decreto Federal s/n, de 3 de dezembro de 2003, no uso de suas atribuições;

Aprovada a minuta de deliberação para cobrança pelo uso da água em reunião de plenária ocorrida em junho/22

Questões importantes:

- 97% do volume outorgado corresponde à água subterrânea
- Apenas a cobrança pelo uso das captações outorgadas não assegura a autossuficiência financeira da bacia
- Numero de captações subterrâneas não regularizadas é muito expressivo

Bacia do rio Verde Grande: Dificuldades na ampliação dos conhecimentos associados ao sistema cárstico

Grande complexidade hidrogeológica e do regime hidrodinâmico, fluxos não laminares e a rede intrincada do sistema de condutos

Influência significativa das estruturas das rochas no desenvolvimento do carste e nas direções de fluxo subterrâneas.

Respostas rápidas aos eventos climáticos bem como à explotação intensiva

Dificuldade em determinar os volumes de água que circulam no sistema

Complexidade na construção dos modelos conceitual e numérico de fluxo

Necessidade de conhecimento abrangente, com abordagem sistêmica, multi e interdisciplinar.

Devido às características distintas dos aquíferos cársticos, sua delimitação e condições de contorno requerem metodologia específica, muito diferente daquela usualmente implementada em aquíferos sedimentares e fissurados.

O baixo conhecimento e a ausência de uma gestão efetiva tem consequências graves: o rebaixamento do nível d'água conduzindo à supressão ou redução sazonal ou permanente de vazão de nascentes e rios e comprometimento de poços de produção.

1. Propor mecanismos para Identificar, gerenciar e minimizar conflitos
2. Avaliar os usos conjuntos de água superficial e subterrânea e assegurar a alocação de água aos usuários de forma sustentável
3. Promover ações, estruturantes ou não, que ampliem a oferta e a segurança hídrica
4. Incentivar a regularização das captações de água
5. Ampliar e manter rede de monitoramento hidrometeorológica e de águas subterrâneas

A gestão dos recursos hídricos

Deve ser participativa com o envolvimento das partes interessadas	**Requer que sejam consideradas as informações e perspectivas das partes interessadas e a sua colaboração**	**Está fortemente associada às características da ocupação e uso do solo o que projeta para município, como usuário dos recursos hídricos e ordenador do território, o papel importante nas discussões e decisões relacionadas às questões hídricas por meio da articulação com demais entidades municipais relacionadas a uma bacia em comum.**

Compreensão da sociedade, dos usuários e representantes municipais quanto às especificidades e fragilidades do meio em que vivem, como estímulo a uma atuação proativa.

Obrigada!

Maria Antonieta Alcântara Mourão

maria.antonieta@cprm.gov.br/ 31.3878-0364