

Histórico e Evolução da Gestão Integrada das Águas Superficiais e Subterrâneas na Bahia – Aquífero Urucuia



Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA

Superintendência de Estudos e Pesquisas – SEP

Diretoria de Estudos Avançados em Meio Ambiente - DEAMA



LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

SEMA/SEP/DEAMA

A Região Oeste do Estado da Bahia





Evolução da Área (Ex: Bacia do Rio de Ondas - 1984)

- Vegetação natural do Cerrado: 4.922,19 km² (88,2%).
- Áreas agrícolas: 295,89 km² (5,3%).

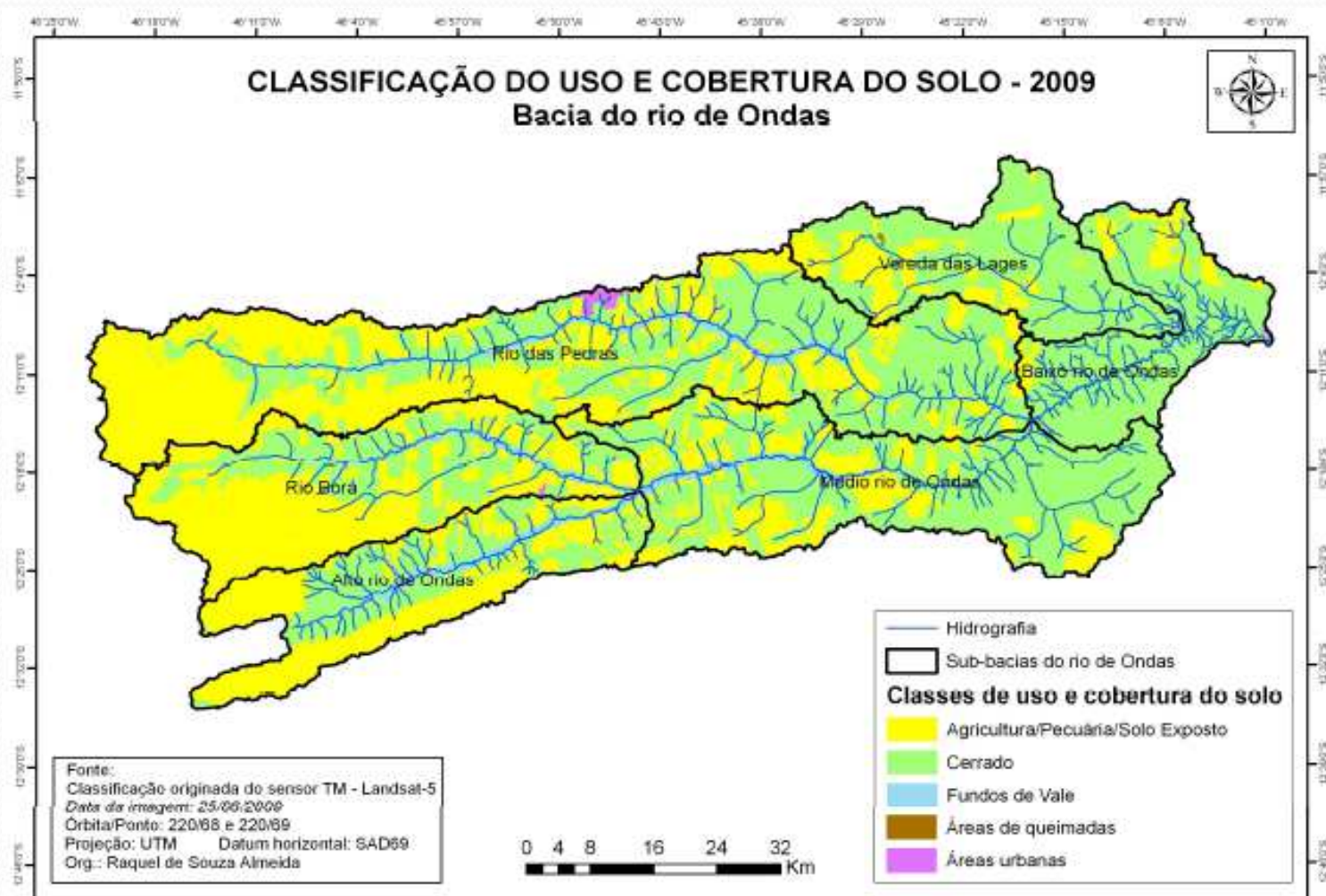




Evolução da Área (Ex: Bacia do Rio de Ondas - 2009)

Cerrado: 54,42% (3.037,06 km²).

Agricultura/pecuária/solo exposto: 41,31% (2.305,22 km²).

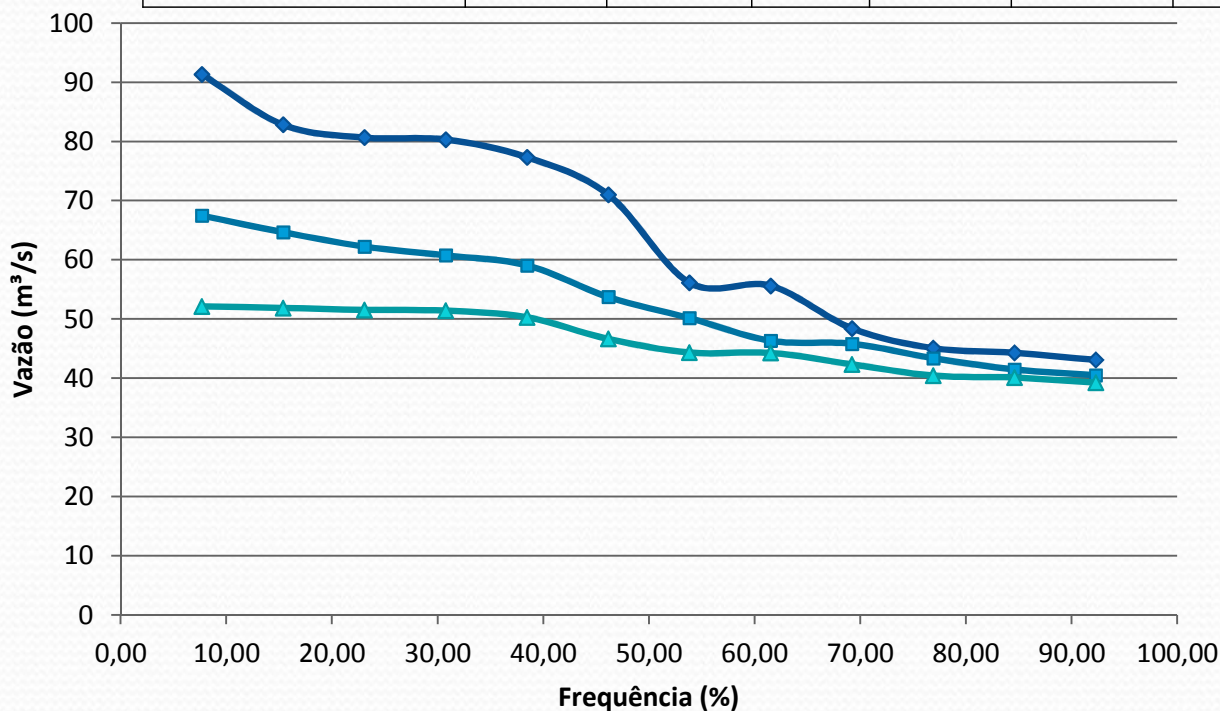




Comportamento das Vazões

Distribuição das vazões de permanência (Q90) e da Vazão Outorgável no Rio de Ondas

Vazão de Permanência e de Outorga	1977-1987			1988-1999			2000-2010		
	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.
Q90 (m ³ /s)	43,43	40,79	39,5	39,06	36,74	34,89	34,61	31,82	28,13
80% da Q90 (m ³ /s)	34,74	32,63	31,6	31,25	29,39	27,91	27,69	25,46	22,5



Curva de permanência para o período de 1977-2010

- ◆ Méd. Máx.
- Méd. Méd.
- ▲ Méd. Mín.



Imagem de Satélite – Bacia do Rio das Fêmeas (99)





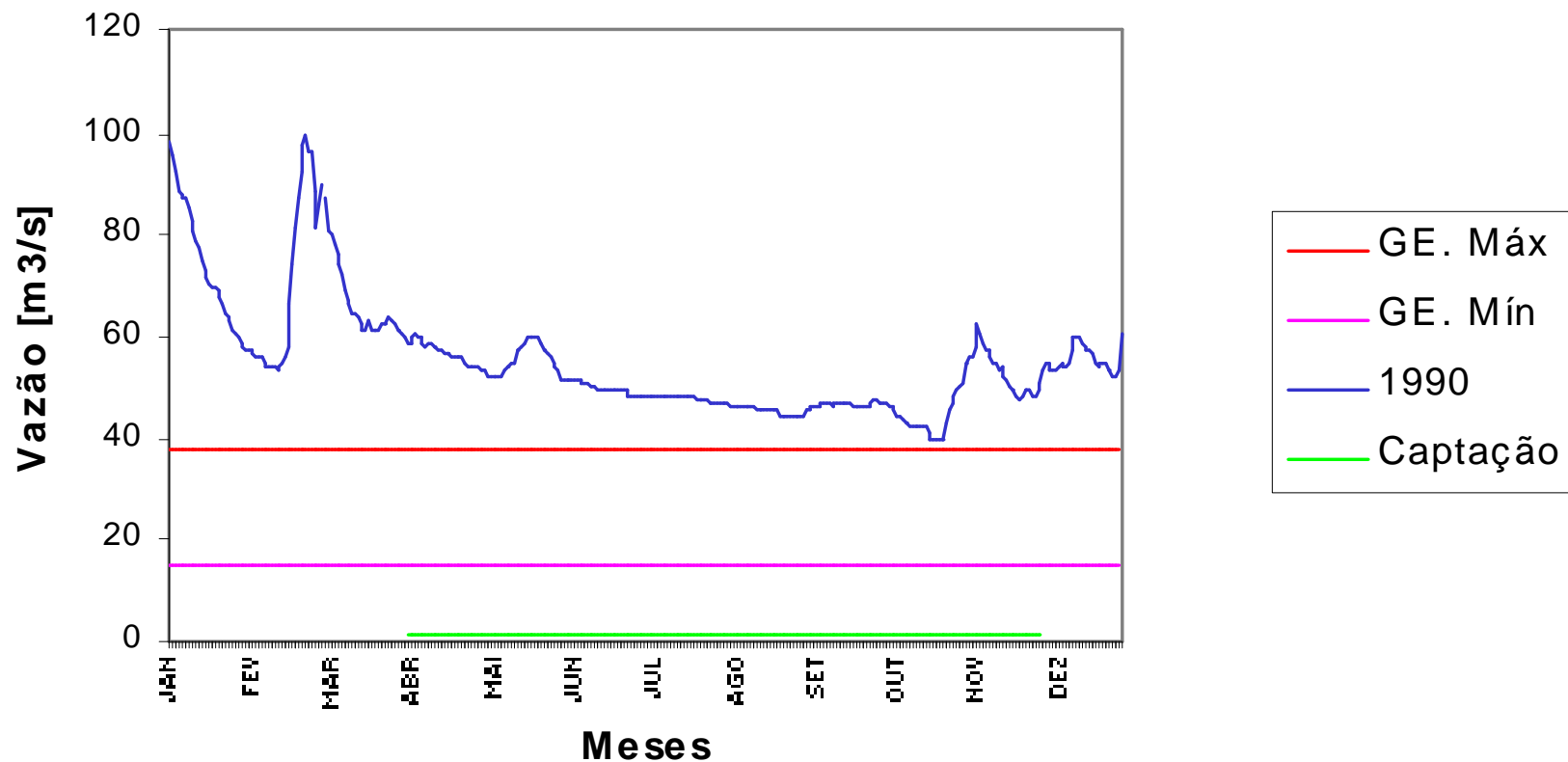
JUSTIFICATIVAS

- Conflito UHE Alto das Fêmeas;
- Problemas ambientais / Mídia.
- Dúvidas sobre o efeito de Poços tubulares de grande diâmetro nos rios;



CONFLITO UHE FÊMEAS/IRRIGAÇÃO

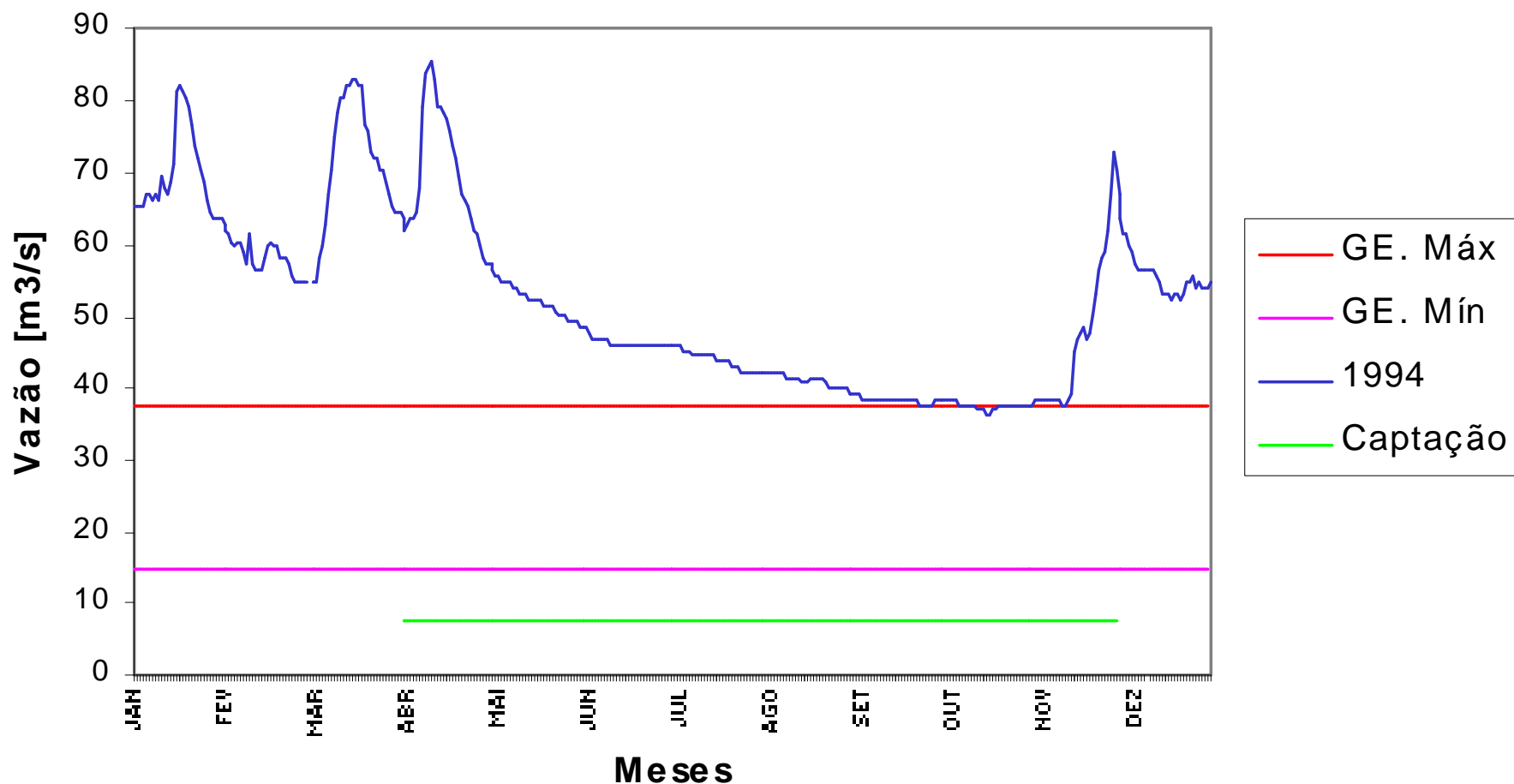
Hidrograma anual - Rio das Fêmeas





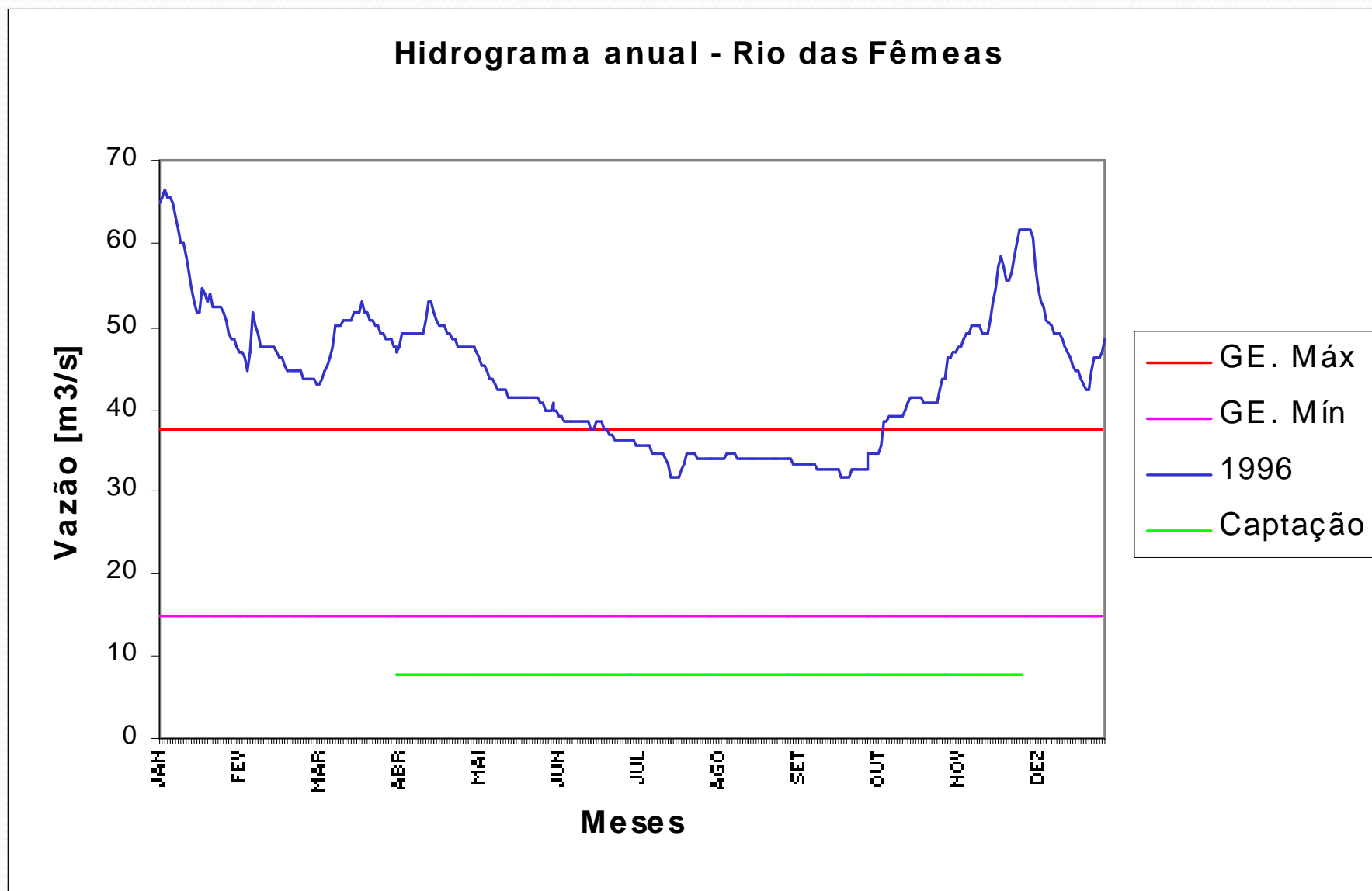
CONFLITO UHE FÊMEAS/IRRIGAÇÃO

Hidrograma anual - Rio das Fêmeas





CONFLITO UHE FÊMEAS/IRRIGAÇÃO





Outorga no Rio das Fêmeas

- **SUPERFICIAL**
 - ➔ **ATINGIU LIMITE MÁXIMO – PCH ALTO FÊMEAS (DECR. 7.566 – 5/5/1999).**

- **SUBTERRÂNEO**
 - ➔ **DISPONÍVEL – SEM CRITÉRIOS ESPECÍFICOS NA ÉPOCA.**



Demandas na Mídia

- **Jornal A TARDE - 08/08/99 - Rios estão morrendo na região oeste** “O Rio dos Cachorros – que já serviu para alimentar pivôs e barragens de produtores e importantes empresas agrícolas no oeste da Bahia – já está agonizando. No Rio das Éguas ou Correntina, o nível da água baixou mais de um metro nos últimos 10 anos”.
- **GLOBO RURAL – 24/08/99** “Morte de rios no Oeste da Bahia
- **Jornal A TARDE - 19/10/00** – “Hidrelétrica pode extinguir as corredeiras do Rio das Fêmeas... Alto preço do desenvolvimento no Rio das Fêmeas já não se pode mais instalar um pivô central. As outorgas liberadas sem critérios saturou a capacidade”.



Primeiras Ações (2000)

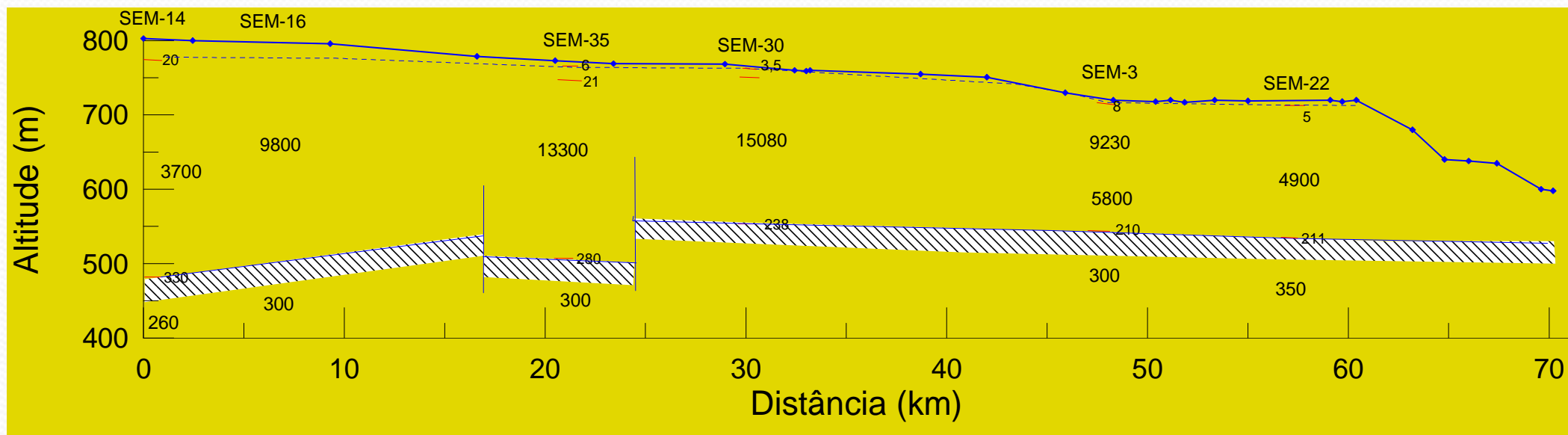
- Estudos Geológicos e Geofísicos Do Aquífero Urucuia Na Bacia Do Rio Do Cachorro – Oeste Da Bahia – abr/00 - SRH/UFBA.
- Estimativa Da Recarga Do Aquífero Urucuia Na Sub-bacia Do Rio Das Fêmeas - Oeste Da Bahia, Utilizando Separação De Hidrogramas abr/00 – SRH.

Contribuição do escoamento de base $\simeq 91,33\%$.

Recarga média (1984-1995) do aquífero na sub-bacia do Rio das Fêmeas $\simeq 47,7 \text{ m}^3/\text{s}$ ou 258 mm/ano (20% da precipitação média).



Perfil geológico estrutural ao longo do curso do Rio do Cachorro





Atividades Desenvolvidas Após 2000

- Cadastramento de poços
- Reconhecimento geológico
- Estudos Geofísicos
- Instalação de Rede Hidrométrica
- Medição do N. A. (Potenciometria)
- Testes de Aquífero
- Amostragem e Análises de Água
- Balanço Hídrico
- Modelagens, etc.

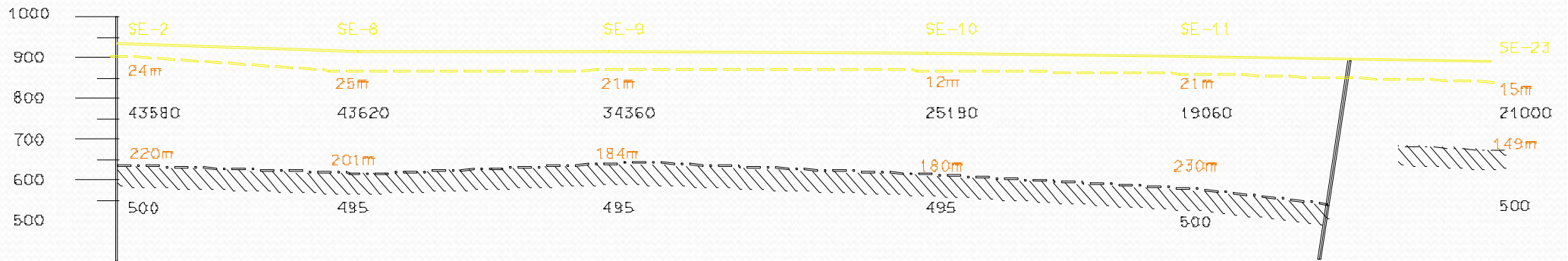


Instalação da Rede Hidrométrica

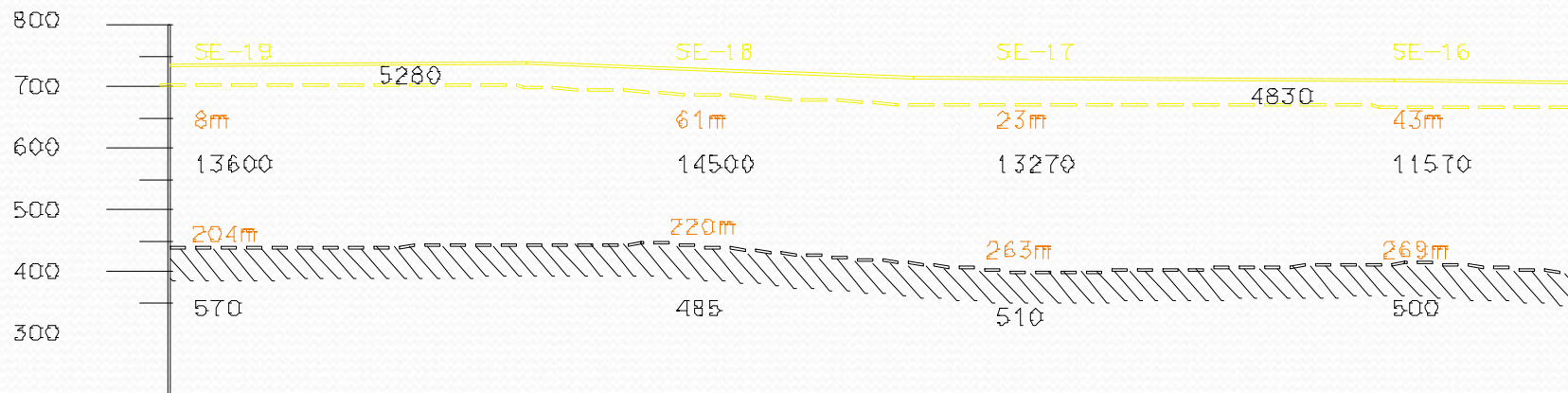




Perfil geológico estrutural – bacia do Rio das Fêmeas



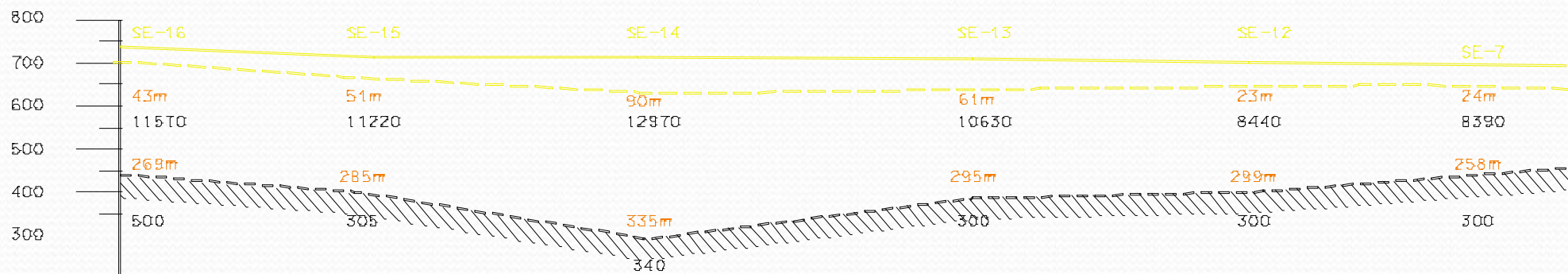
PERFIL 1



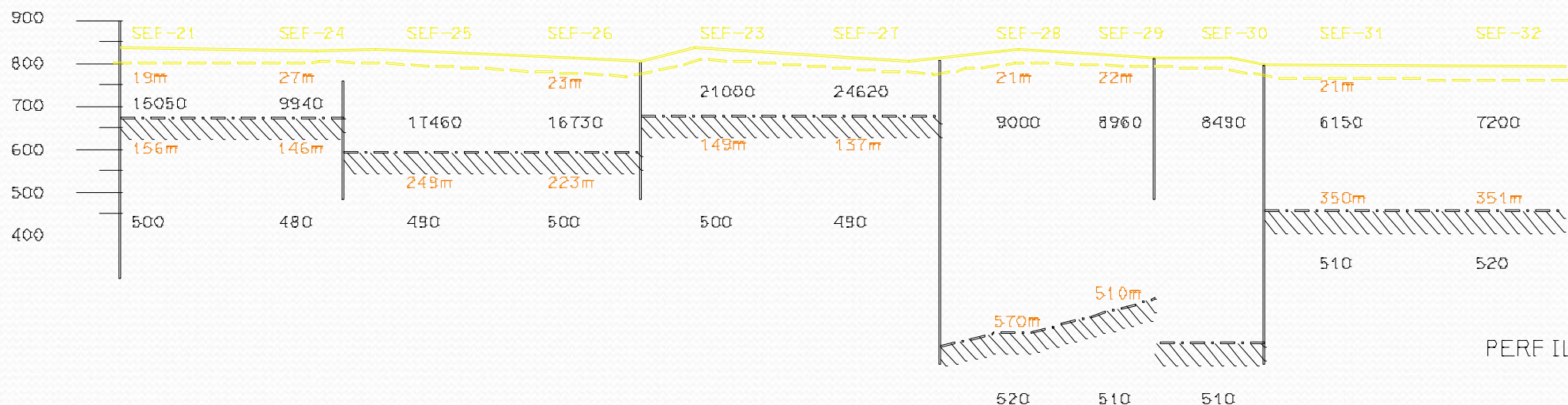
PERFIL 2



Perfil geológico estrutural – bacia do Rio das Fêmeas



PERFIL 3



PERFIL 4



Estudos Hidrológicos/Hidrogeológicos 2002

Observou-se a falta de correspondência entre a vazão e à precipitação (um retardamento do escoamento em relação à precipitação, com defasagem entre a ocorrência de máxima vazão em relação à máxima precipitação).

A reposta das vazões anuais depende das precipitações ocorridas no(s) ano(s) anterior(es). Embora as estações de chuva e seca sejam bem marcadas, o forte efeito de regularização, imposto pela descarga subterrânea, reduz as diferenças sazonais das vazões.



Estudos

Hidrológicos/Hidrogeológicos 2002

Os rios de maior vazão não são os de maior área de drenagem ou os de maior comprimento, mas sim os que se encontram mais entalhados no aquífero (produção específica de vazão de aproximadamente $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$, por metro de entalhamento).

O aquífero funciona como um reservatório de regularização dos rios, garantido a preservação das vazões nos períodos de estiagem e reduzindo o impacto das cheias nos períodos chuvosos.



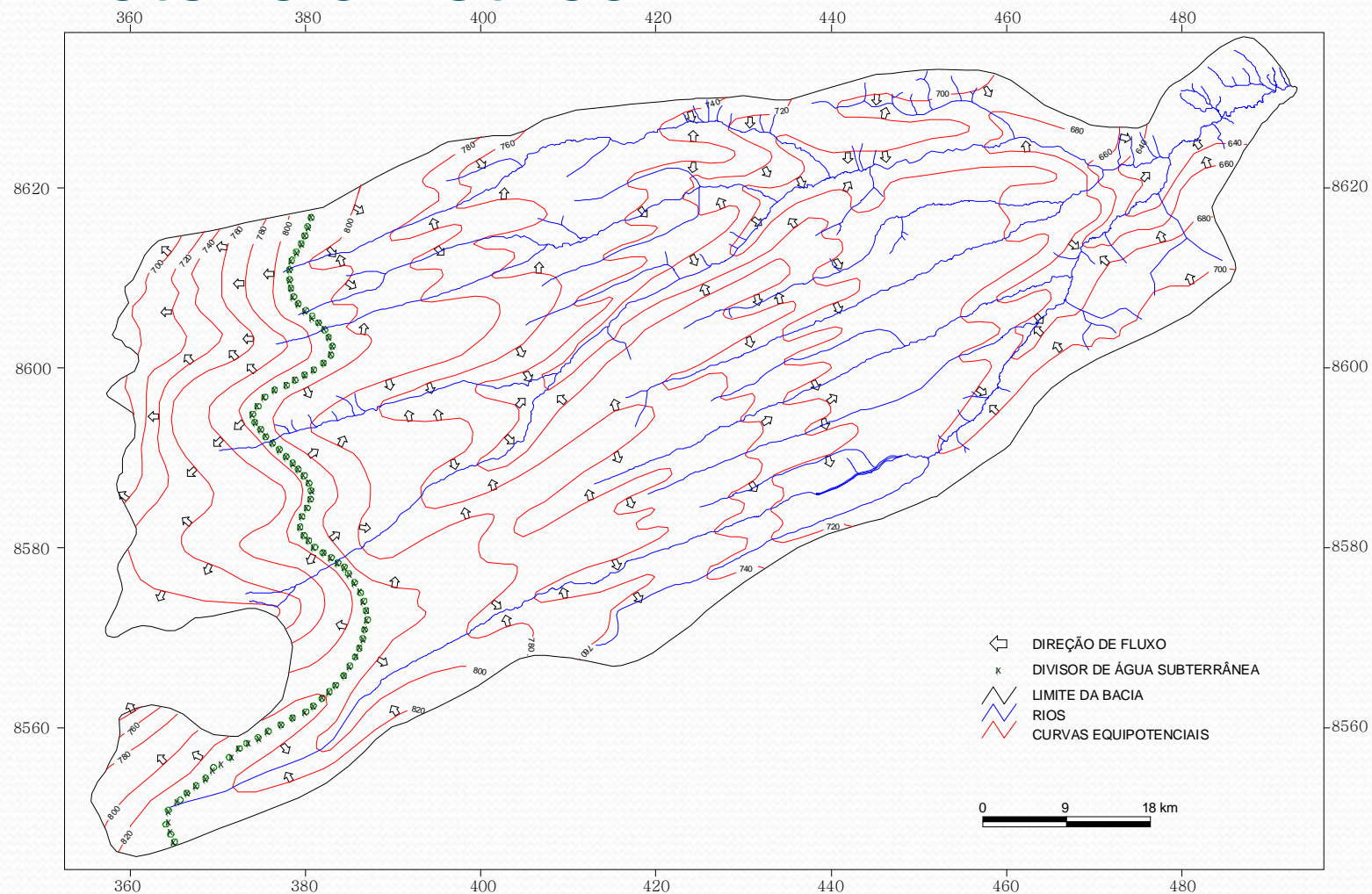
Estudos Hidrológicos/Hidrogeológicos 2002

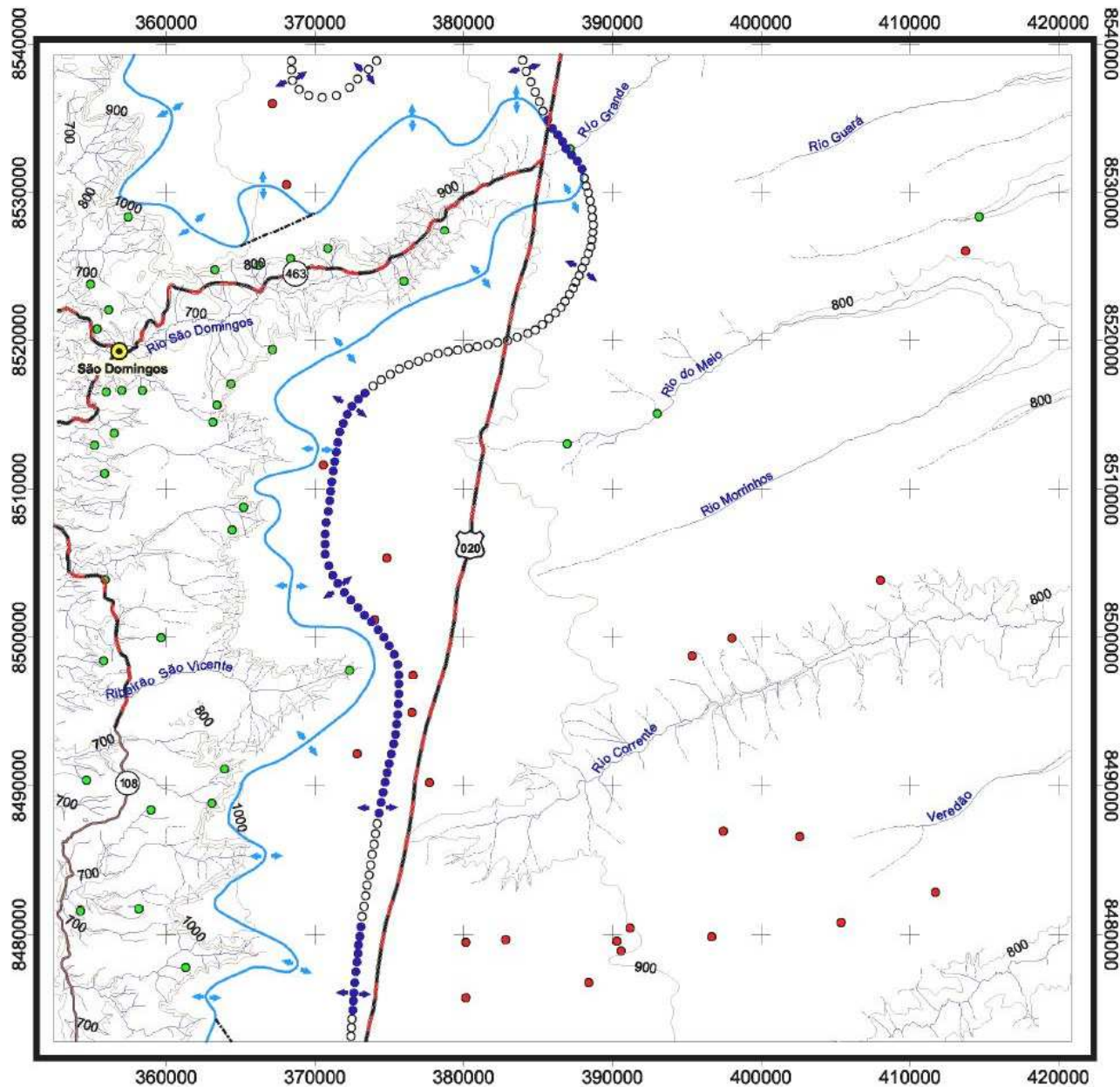
O mapa de nível potenciométrico mostrou que o divisor de águas subterrâneas situa-se a cerca de 20 km antes do limite topográfico, mais ou menos onde a rede de drenagem dos rios se forma.

A reserva reguladora, foi estimada em $1,57 \cdot 10^9$ m³/ano, cerca de 49,8 m³/s (estudos hidrogeológicos).

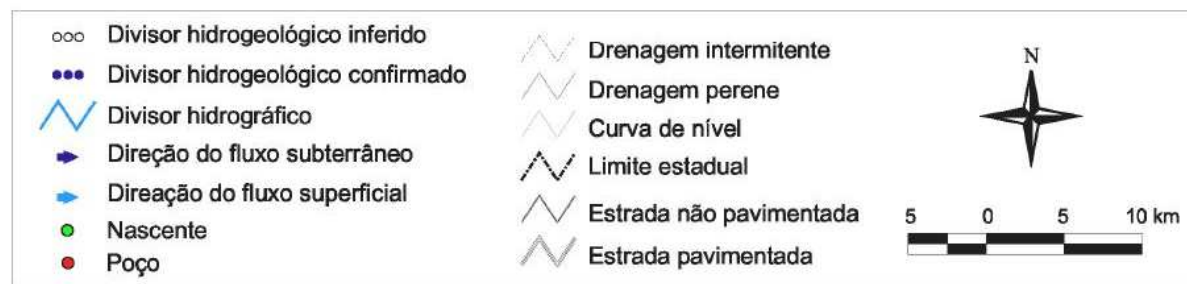


Mapa Potenciométrico





**Estudo Realizado
Por Tássia de Melo
Arraes e José Elói
Guimarães da UNB**





Aquífero Urucuia (Norma 0/03)



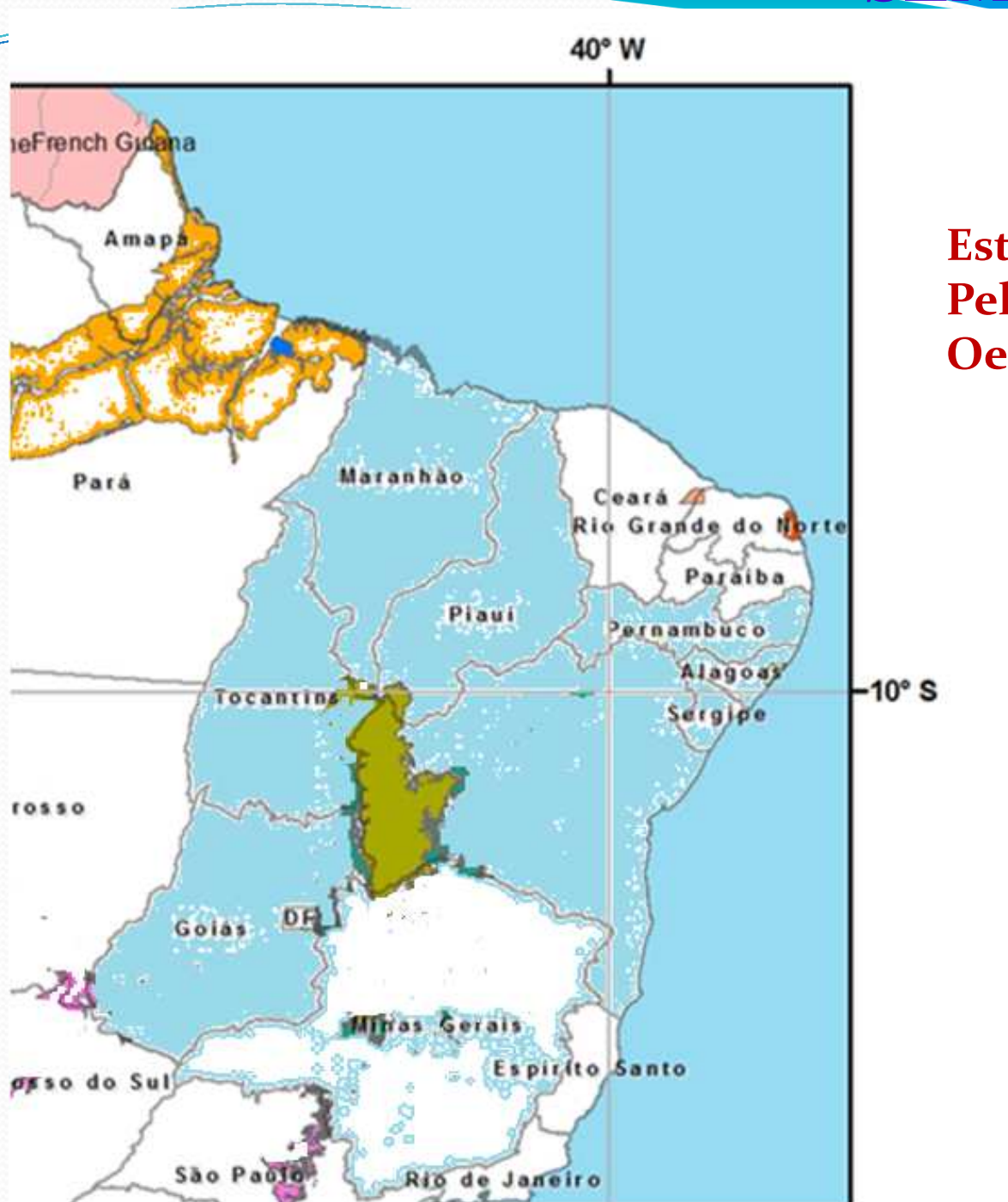
Os poços ficariam a 2.500 metros dos rios e a 5.000 metros entre si (18 hs/dia e 500 m³/h).

O aquífero funciona como um reservatório de regularização dos rios, garantido a preservação de suas vazões nos períodos de estiagem (conflito com outorgas superficiais).



INTERFERÊNCIA POÇO/RIO

✓ Resultados OBTIDOS pelo modelo numérico (pmwin) e analíticos (hunt), indicaram que um poço com vazão de 500 m³/h, situado a 2.500 m da margem de um rio, ao fim de 200 dias de bombeamento, em um regime de 18 h/dia reduz a vazão de base deste em menos de 5 m³/h.



**Estados Beneficiados
Pela Água do
Oeste Baiano**



Aonde Queríamos Chegar

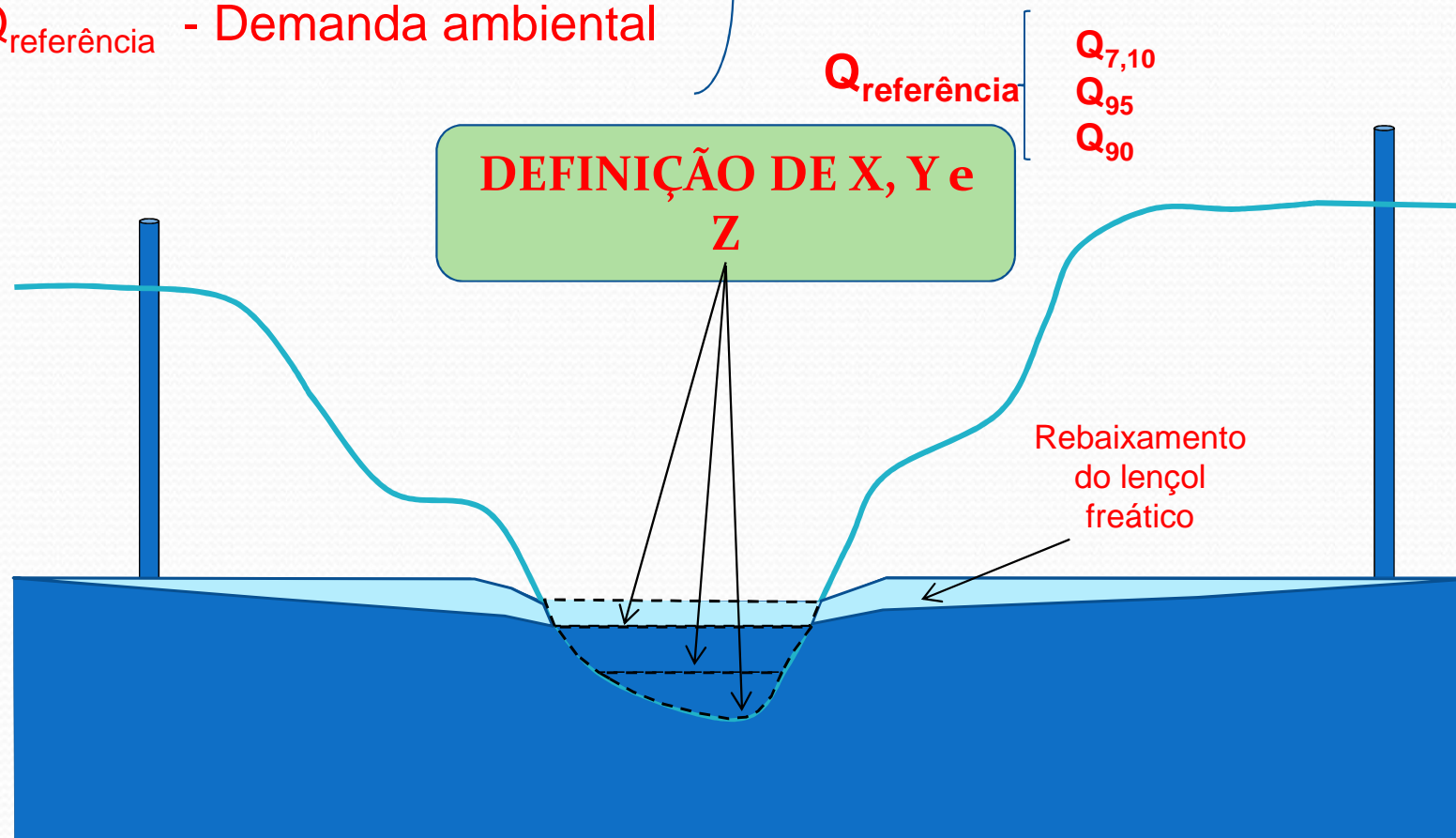
X % da $Q_{\text{referência}}$ - Outorga subterrânea

Y % da $Q_{\text{referência}}$ - Outorga superficial

Z % da $Q_{\text{referência}}$ - Demanda ambiental

$$\Sigma (X + Y + Z) = 100\% \text{ da } Q_{\text{referência}}$$

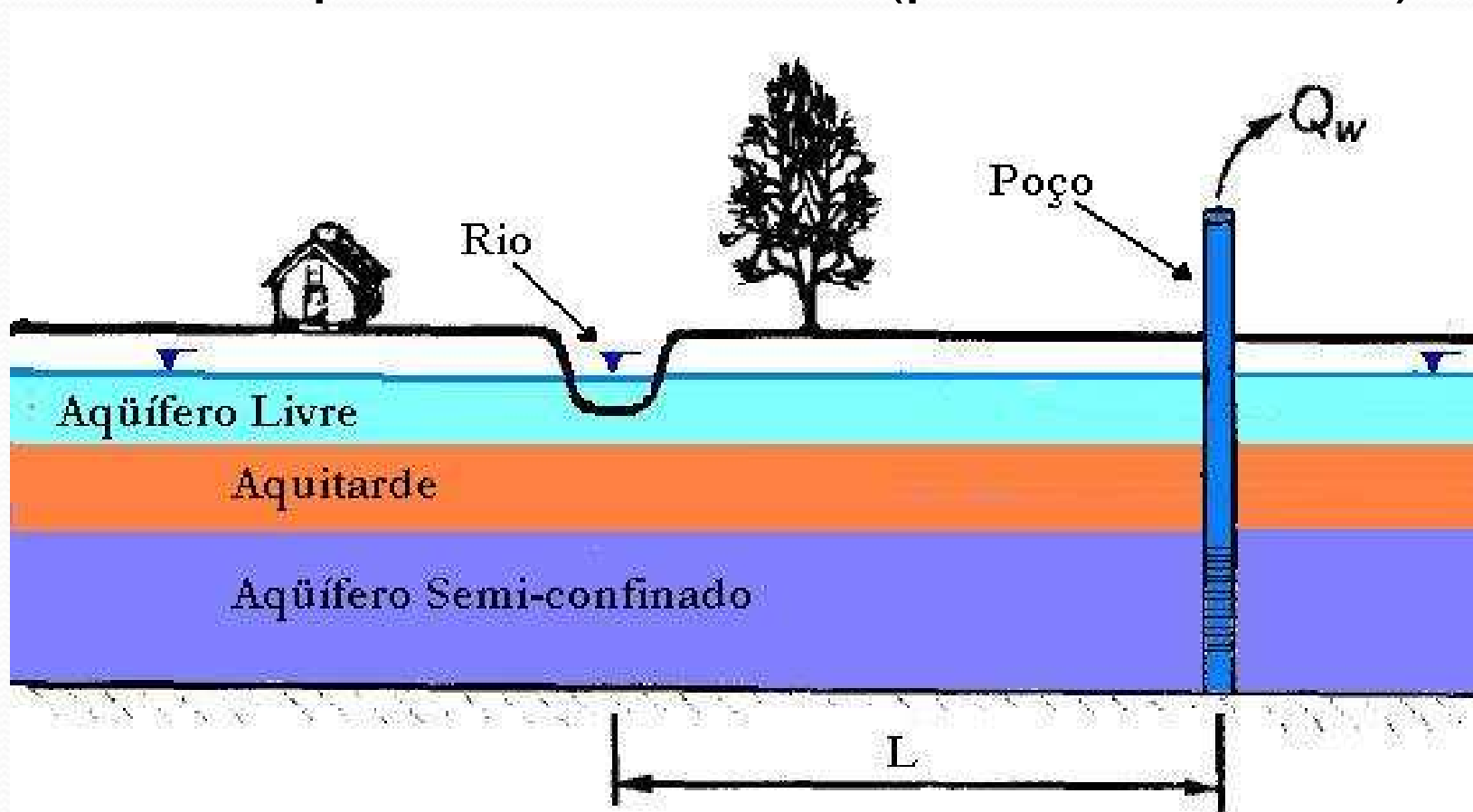
$$Q_{\text{referência}} = \text{Esc. de base} = \text{parcela da Recarga}$$





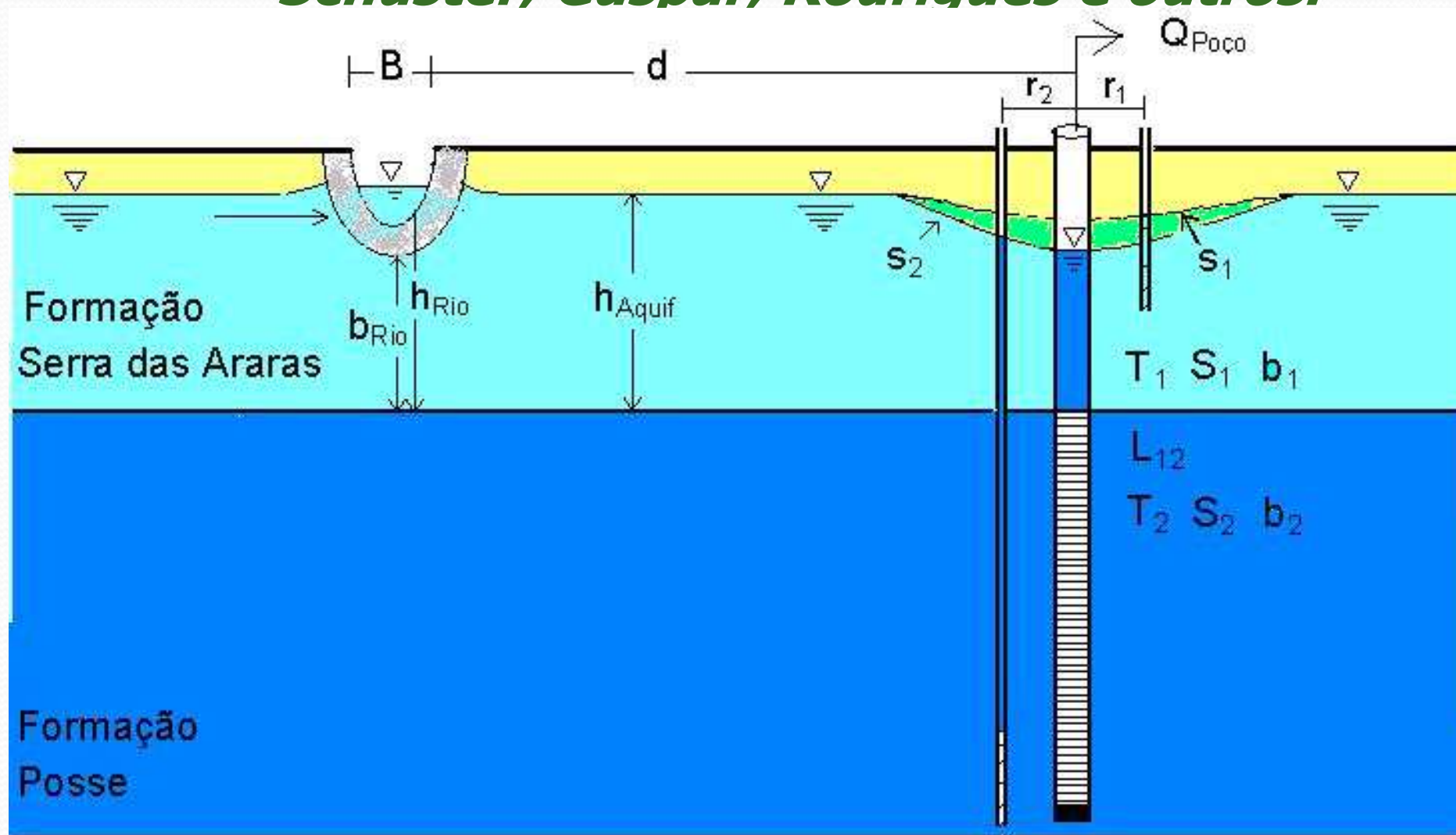
Soluções Analíticas/Uso Interno

Hunt 2004, que considera canais parcialmente penetrantes e camadas intermediárias com diferentes permeabilidades (planilhas excel).





Representação esquemática do sistema aquífero Urucuia na bacia do rio Grande (2004/06), Compilado de trabalhos de Schuster, Gaspar, Rodrigues e outros.

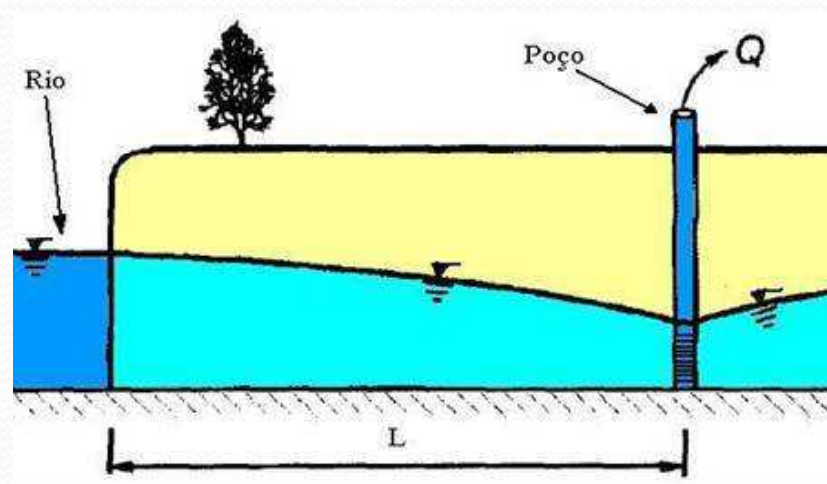




Cálculo da Interferência Rio/Aquífero

- Na prática internacional, vários órgãos gestores e processos judiciais relativos a direitos de uso da água, utilizam basicamente dois modelos. O primeiro, chamado aqui de Modelo de Theis, 1941 (Tipo 1) escrito desta forma por Glover & Balmer (1954), as vezes com o SDF de Jenkins (1977).

$$\frac{\Delta Q}{Q_w} = \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{SL^2}{4Tt}} \right)$$





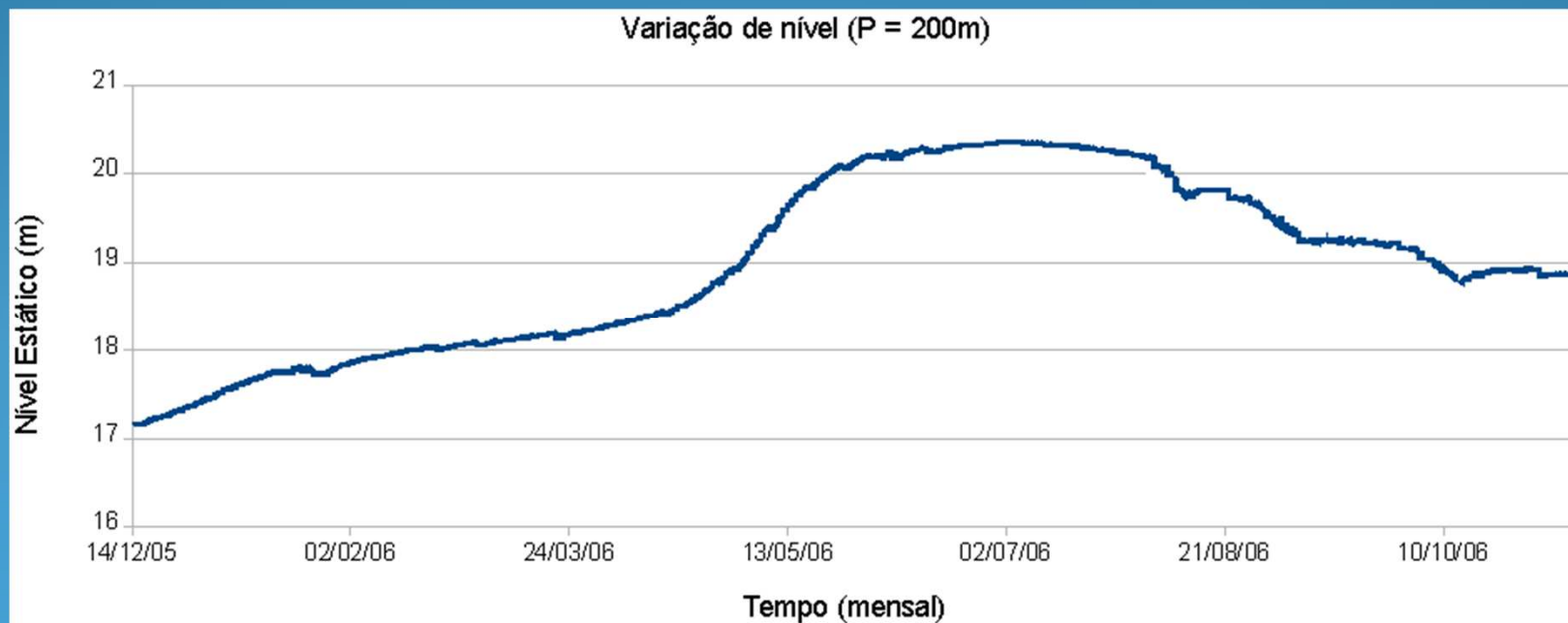
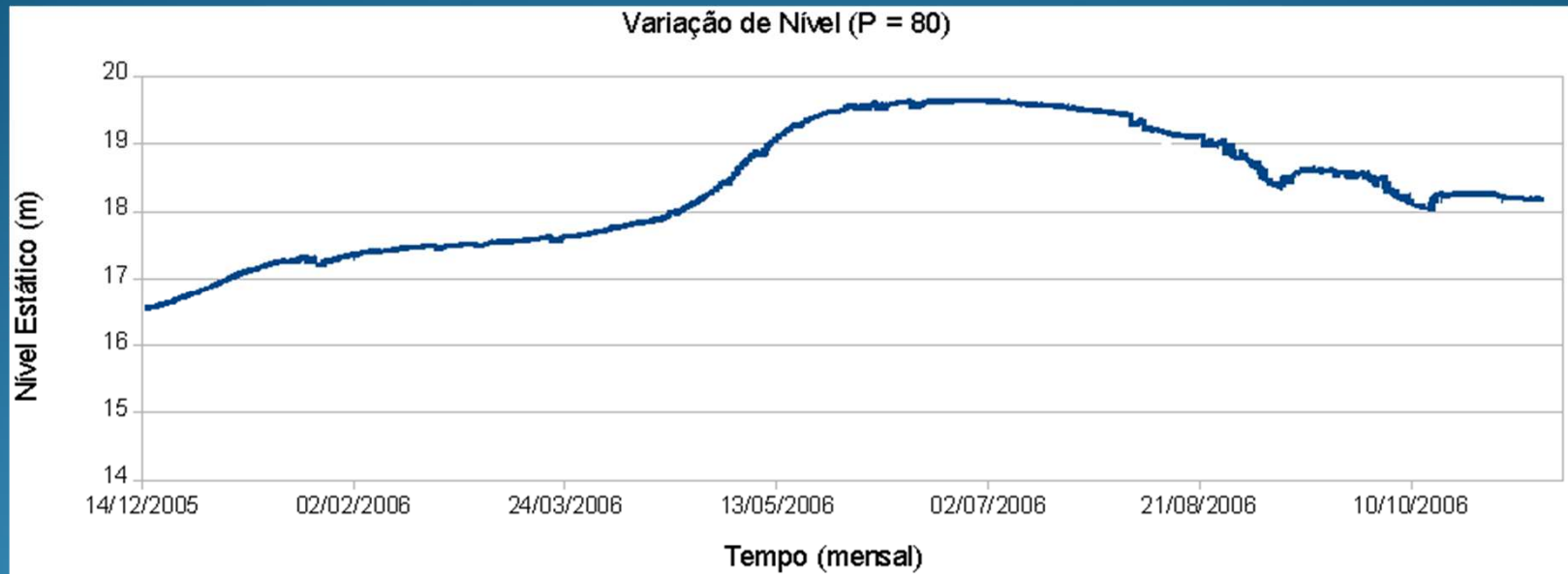
PROPOSIÇÃO EM 2010

- *A exploração das água subterrâneas no SAU situado na bacia do rio Grande fica limitada a 2.800.000 m³/dia (33 m³/s);*
- *Na bacia do rio Corrente: 3.000.000 m³/dia (35 m³/s);*
- *Na porção baiana da bacia do Carinhanha: 1.033.151 m³/dia (23 m³/s).*

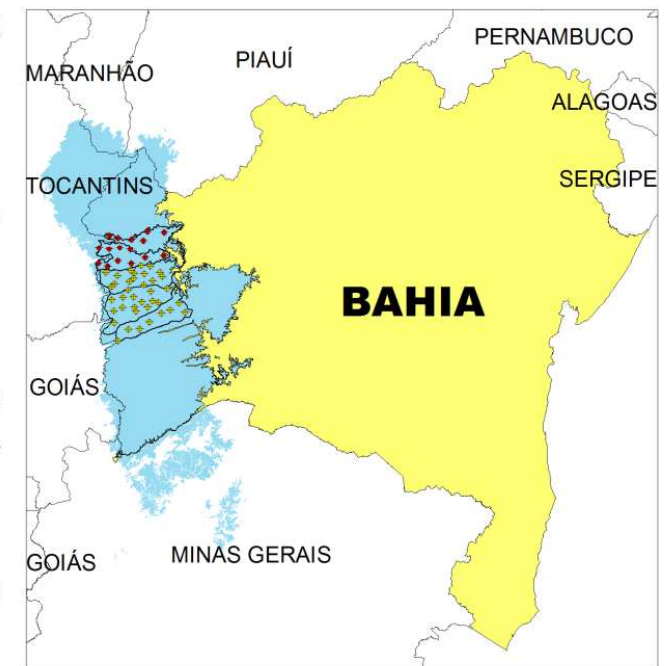
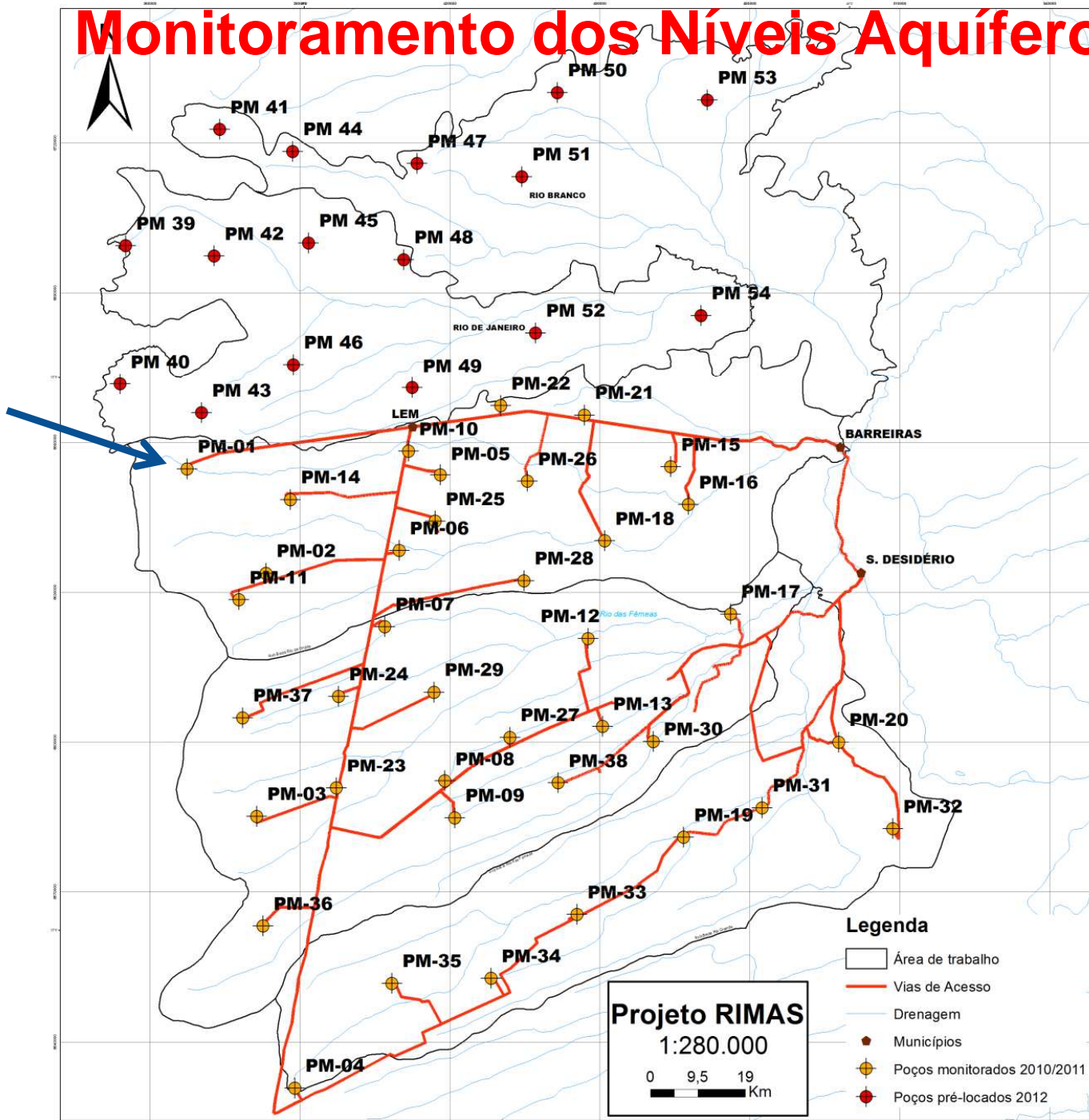
Monitoramento dos Níveis Aquíferos (2005 e 2006)

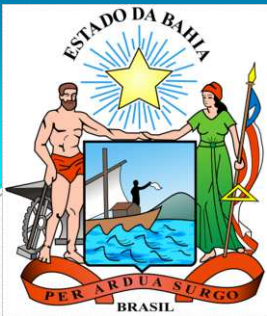
Entre dezembro de 2005 e novembro de 2006, foram monitorados vários poços, inclusive dois poços piezométricos, instalados na fazenda Campo Aberto. Um deles com profundidade de 80 metros e filtros apenas na Formação Serra das Araras e o outro com 200 metros de profundidade e filtros apenas na Formação Posse.

Monitoramento dos Níveis Aquíferos (12/05 a 10/06)

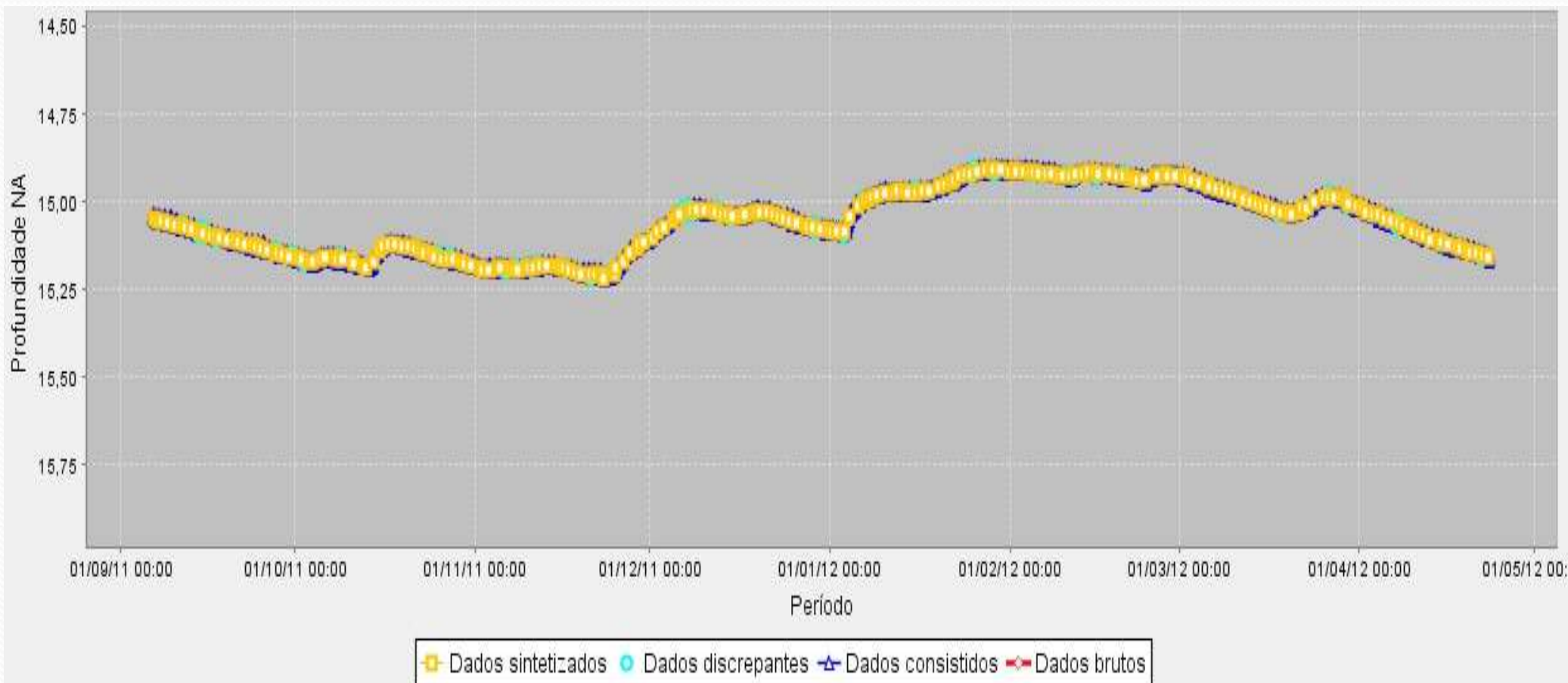


Monitoramento dos Níveis Aquíferos (CPRM)





PM 01 – SAVAI – CPRM (de 09/11 a 05/12)





Aquífero Urucuia (IN-15/10)

Distâncias:

a) Entre pocos tubulares:

I – Pocos com vazao menor que 30 m³/h: 600 m;

II – Pocos com vazao maior ou igual a 30 m³/h e menor que 100 m³/h: 1000 m;

III – Pocos com vazao maior ou igual a 100 m³/h e menor que 200 m³/h: 1500 m

IV – Pocos com vazao maior ou igual a 200 m³/h e menor que 300 m³/h: 2000 m;

VI – Pocos com vazao maior ou igual a 300 m³/h e menor ou igual a 500 m³/h: 2500 m.

b) Entre pocos tubulares e corpos hidricos superficiais:

I - Pocos com vazao menor que 20 m³/h: 500 m;

II - Pocos com vazao maior que 20 m³/h: 2.500 m.

Para cada poco de bombeamento devem ser obedecidos os seguintes limites:

I – Vazao maxima de bombeamento de 500 m³/h;

II – Periodo maximo de bombeio de 18 h/dia.

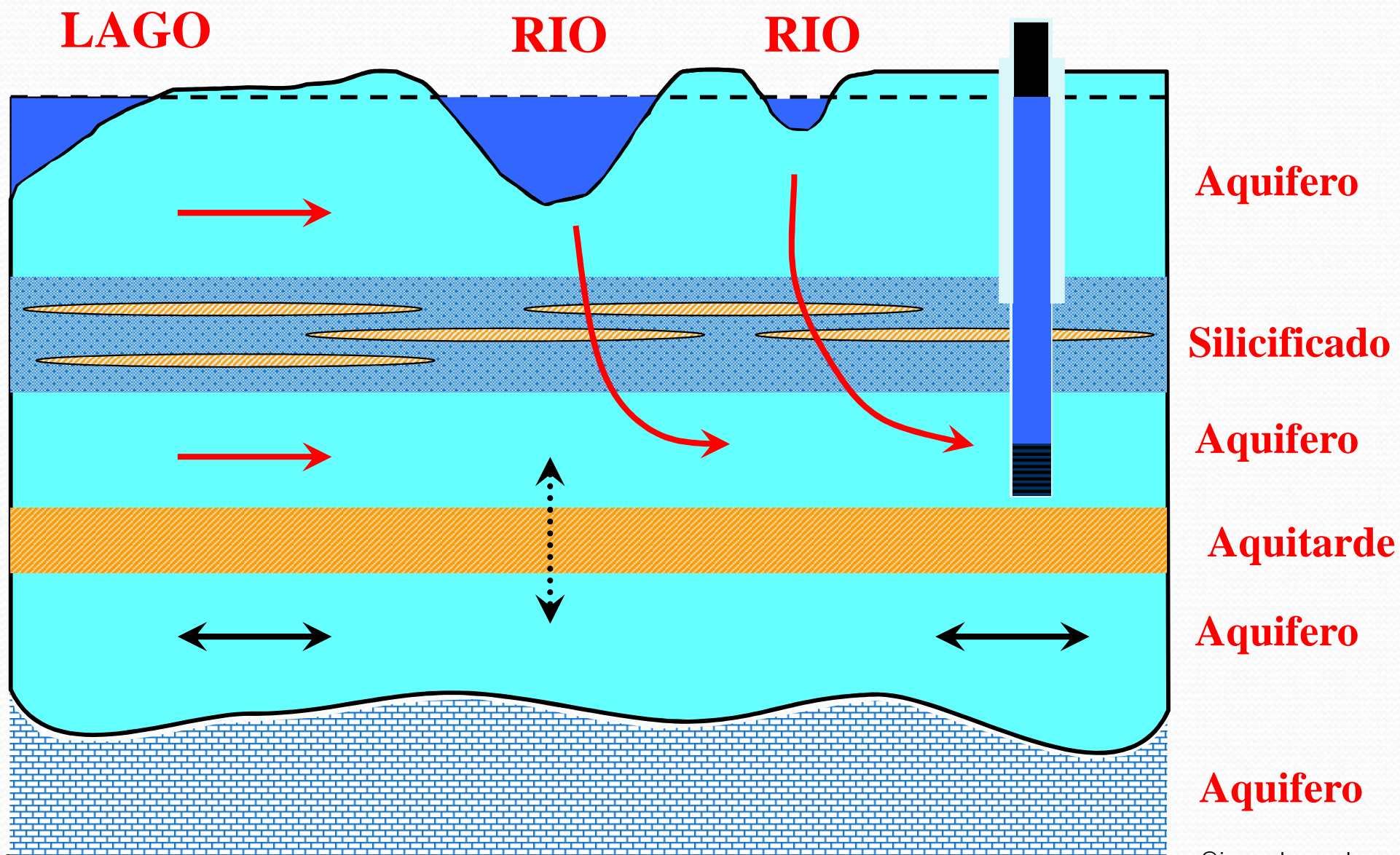
A capacidade de exploracao das aguas subterraneas no aquifero Urucuia fica limitada a

uma vazao maxima instantanea de 360.000 m³/h.





Representação Esquemática do Sistema Aquífero Urucuia (2012)





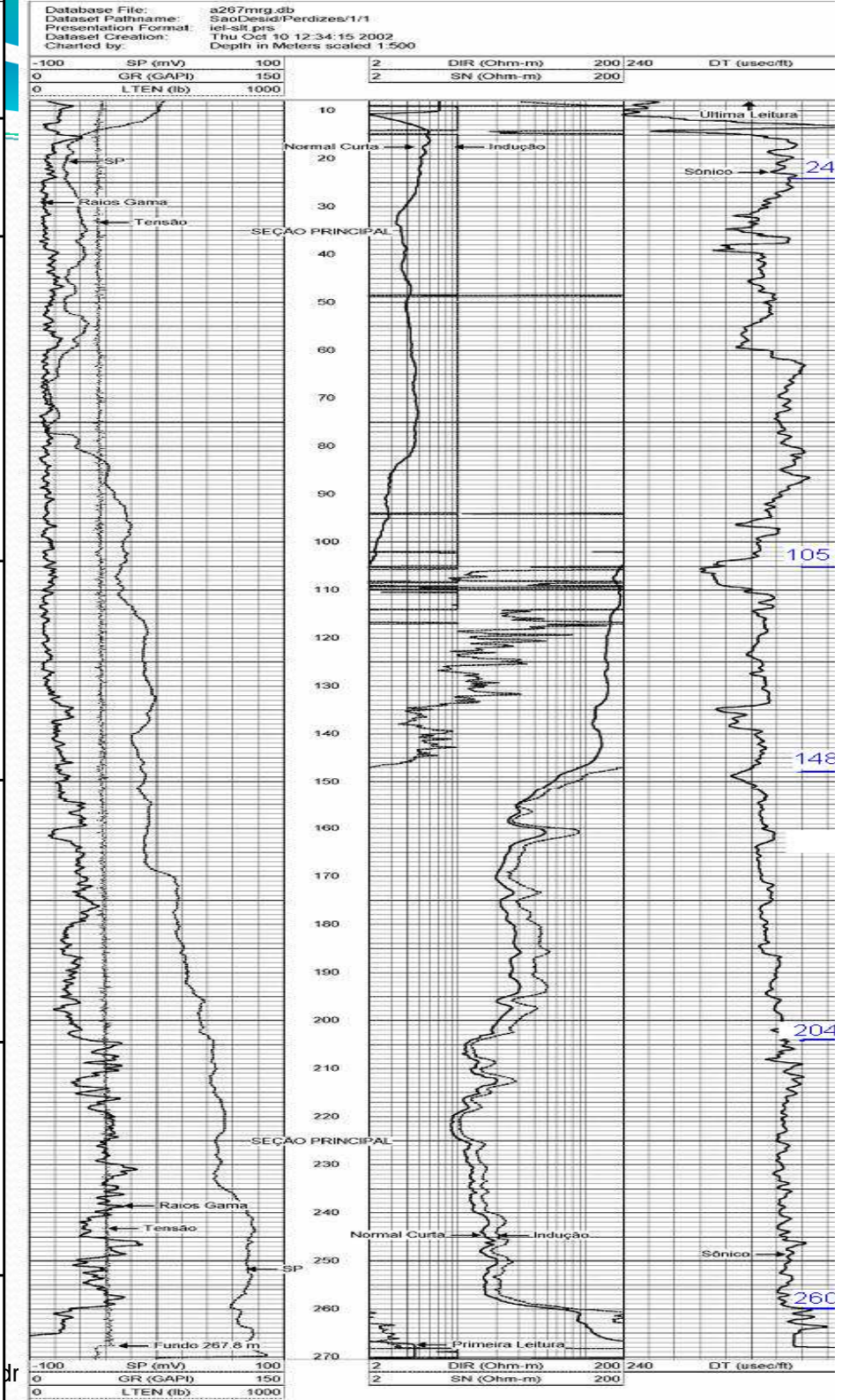
Justificativa

- Os dados do poço perfurado e perfilado em Perdizes no município de São Desidério suscitaram a reavaliação da estratigrafia do Grupo Urucuia;
- A Interpretação geológica a partir das eletrofácies, descrição de amostras de calha e visita a afloramentos, justificou a de uma nova Formação na base da seção.
- Os novos poços da CPRM têm corroborado esta teoria.



Resultados

Grupo Urucuia	Topo e Base (m)	Interpretação Faciológica
Formação Serra das Araras	0 – 24	Fluvio - Aluvial
Formação Posse	24 -105	Eólico
	105-148	Leques Aluviais / Depósitos de Wadis
Formação Perdizes	148-204	Fluvio - Estuarino
	204-260	Lacustre
	260-268	Leques Aluviais/ Depósitos de Wadis





Eletrofácie Superior

- Formação Serra das Araras- constituída por arenitos intercalados por argilitos creme alaranjado, apresentando grãos grosseiros bem arredondados na base, **sedimentos fluvio-aluviais** depositados em clima mais úmido;
- Formação Posse- constituída por arenitos com seixos de quartzo e de sílex na base, interpretada como **sedimentos eólicos** e depósitos de wadis típicos de desertos.



Eletrofácie inferior

- Formação Perdizes- constituída por arenitos intercalados por argilitos, depositados sobre argilitos marrons avermelhados, interpretados como ambiente fluvio estuarino e lacustre; sotoposto a seixos de quartzo e sílex, interpretados como leques aluviais e depósitos de wadis.



Aspectos Hidrogeológicos

- As águas das Formações Serra das Araras e Posse apresentam salinidade muito baixa com resistividade extrapolando os limites da escala do perfil.
- Estas águas possuem assinatura isotópica semelhante à água das chuvas e certamente apresentam uma maior interação com as águas superficiais;



Aspectos Hidrogeológicos

- As águas da Formação **Perdizes** são **mais salinas**, evidenciadas por resistividades mais elevadas, provavelmente decorrente das interações com as águas do aquífero Bambui e com os minerais de argila presentes em sua seção basal;



Nova Gestão Integrada - Uso Conjunto das águas superficiais e subterrâneas incluindo ações de Uso e Ocupação do Solo

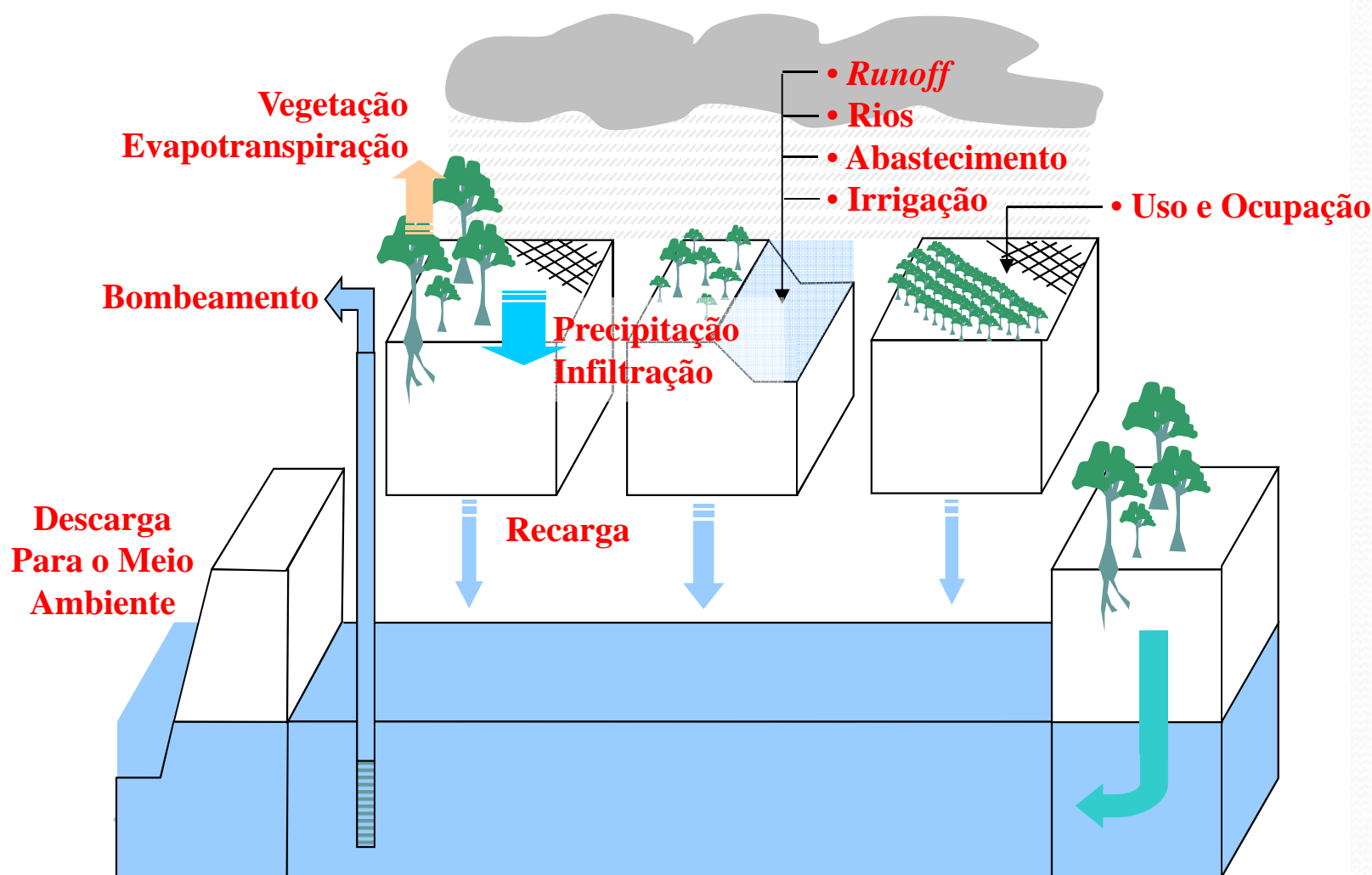
SEMA/SEP/DEAMA



sub-bacia do rio das Fêmeas (BA)



Sistema de Gestão Integrada (Água Superficial/Subterrânea/Usos e Ocupação do Solo)





Programa de Gestão Integrada - PGI

- **Primeiro Passo – substituir as outorgas superficiais por outorgas para águas subterrâneas:**
 - **Passamos a aproveitar o tempo de retardo da interferência superficial/ subterrânea em nosso benefício (o maior impacto é a retirada direta dos rios);**
 - **Dimensionamos a distância poço/rio, para que o impacto nos rios só ocorra no período de cheia.**



VANTAGENS DO PROGRAMA DE GESTÃO INTEGRADA (Mestrado)

Distância Poço/Rio (metros)	Depleção no Rio Induzida Pelo Poço(%)	
	Regime de 18h/dia e 180dias/ano (ano normal)	Regime de 18h/dia e 365 dias/ano (seca severa)
1.000	25%	33%
1.500	13%	24%
2.000	7%	8%
2.500	3%	6%
3.000	1%	5%
3.500	1%	5%
4.000	0,7%	2%

Se todas as captações ficarem a mais de 1.500 metros dos rios, e triplicando o volume outorgado, o impacto ao longo de 1 ano inteiro sem chuva, será de aproximadamente 60% do Q₉₀...



Mas não se cria água (princípio da conservação da massa), o sistema (que é apenas um) vai ter menos água.

Solução: Utilizamos a água da cheia, incrementando a recarga do aquífero nas propriedades rurais....

Isto reduz a vazão dos rios nas cheias e aumenta nos períodos de seca (retardo temporal).



Infiltração de Água no Solo e Perdas de Solo por Erosão no Urucuia

SOLO	CONDIÇÃO	INTENSIDADE DA CHUVA	Declividade	Início do Escoamento	Coeficiente de Enxurrada	Infiltração Acumulada (estimada)	Perda de solo
		mm/hora	%	minutos	%	Litros/m ²	g/0,7 m ²
LA típico	VEGETAÇÃO NATURAL	89,6	2	43	22	<u>125</u>	0,1
LA típico	SISTEMA CONVENCIONAL	95	5	20	36	<u>56</u>	99,3
LA típico	PLANTIO DIRETO DE QUALIDADE	104	5	75	0,1	<u>135</u>	0

Testes conduzidos na fazenda seis irmãos em latossolo amarelo com vegetação natural do cerrado, com sistema convencional (aração e gradagem) e com o sistema plantio direto de qualidade (EMBRAPA).

Dissertação apresentada em junho de 2004 por André Luiz Coelho Matos sob a orientação do professor doutor Heraldo Peixoto da Silva Relo



Resultados Esperados do PGI - 1

- **Substituindo as outorgas superficiais por subterrâneas:**
 - **Tirar o impacto dos rios nas secas.**
- **Incrementando a recarga (reduzindo o escoamento superficial):**
 - **Incrementar a vazão dos rios nas secas.**
- **Tudo isto ao custo da vazão dos rios nos períodos de cheia.**

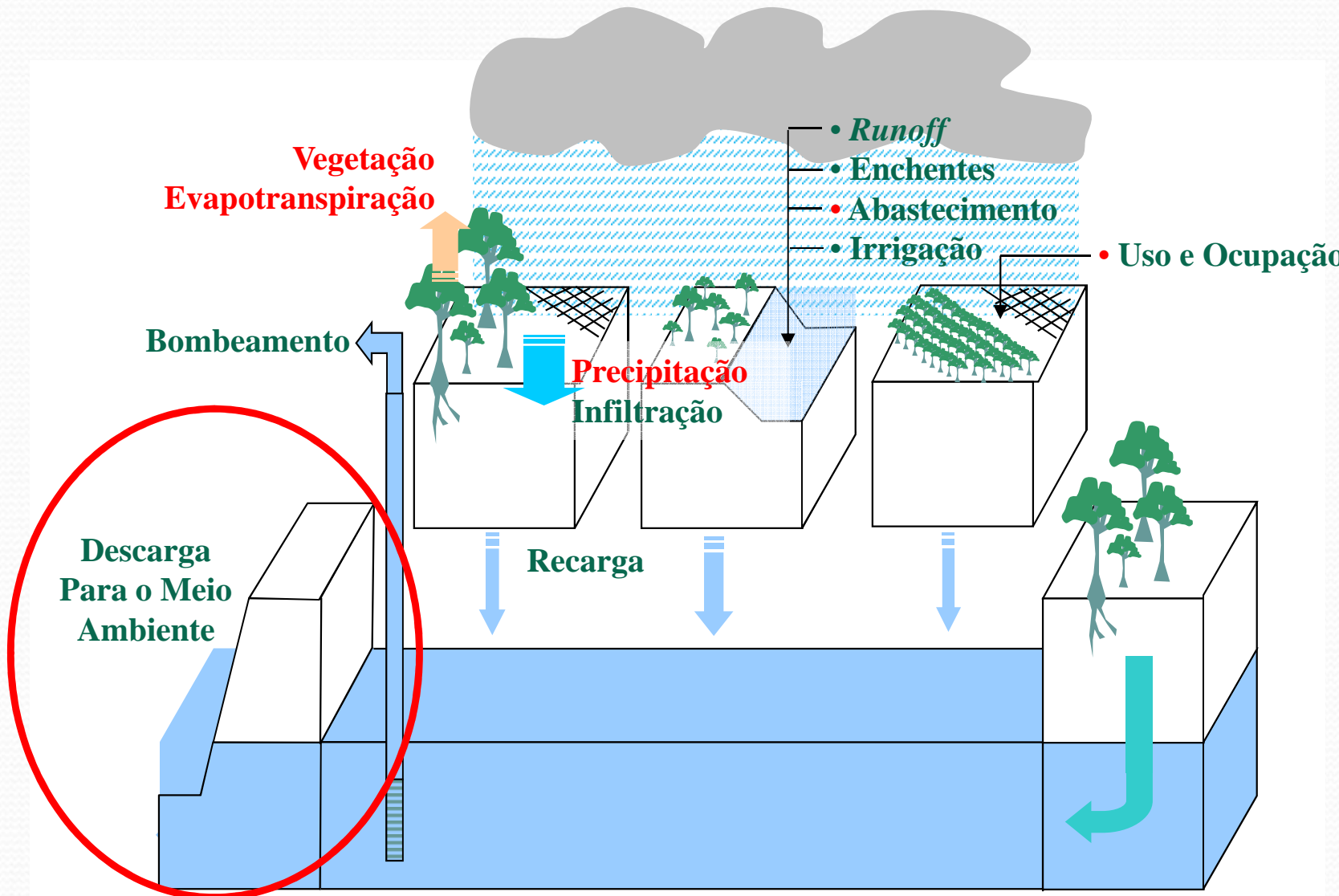


Resultados Esperados do PGI - 2

- ***Maiores volumes disponíveis para outorga, beneficiando a economia e a sociedade***
- ***Rios com maiores volumes nos períodos de seca, beneficiando a economia, a sociedade e o meio ambiente***
- ***Menor assoreamento e contaminação dos rios, além de menos enchentes***



Sistema de Gestão Integrada (Água Superficial/Subterrânea/ Uso e Ocupação do Solo)





Muito Obrigado



Zoltan Romero C. Rodrigues

***Diretoria de Estudos Avançados em Meio
Ambiente
(SEMA/SEP/DEAMA)***

zoltan.romero@inema.ba.gov.br

zoltanr@gmail.com

071-9611-7222