

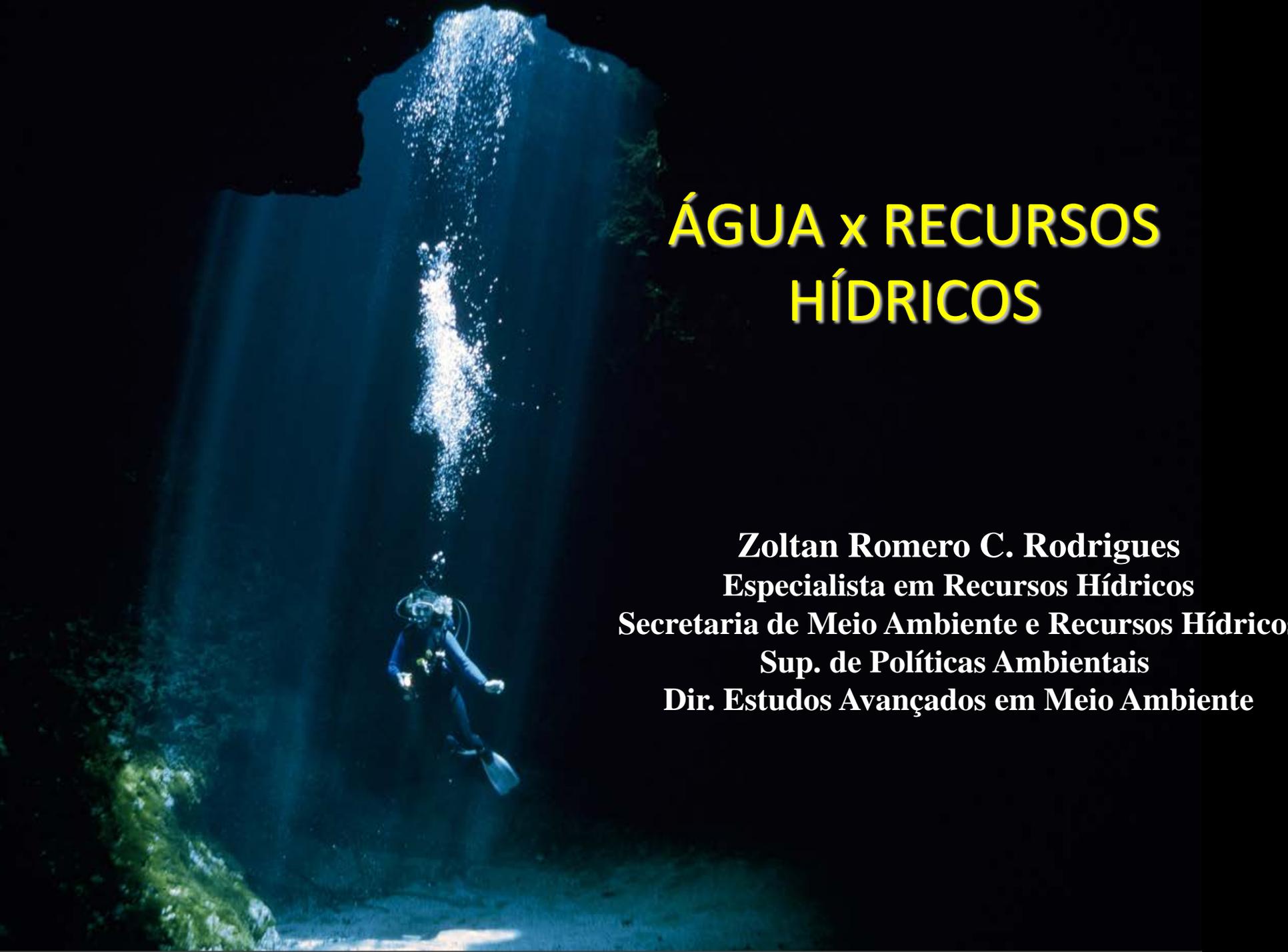


Gestão Integrada das Águas Superficiais e Subterrâneas – Por que? Como???



Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA

Diretoria de Estudos Avançados em Meio Ambiente - DEAMA

A diver in a dark blue suit is positioned in the lower-left quadrant of the frame, looking upwards. A thick column of white bubbles and light descends from the top center, creating a waterfall effect. The background is dark, with a beam of light from the left illuminating the scene.

ÁGUA x RECURSOS HÍDRICOS

Zoltan Romero C. Rodrigues
Especialista em Recursos Hídricos
Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
Sup. de Políticas Ambientais
Dir. Estudos Avançados em Meio Ambiente



SEMA/SER/DEAMA

Se Água é Igual a Recursos Hídricos os Conceitos Estão Todos Errados I

- A água existente no planeta Terra é mais antiga que o Sol e vai existir após o fim do Planeta;
- A água do Planeta não se esgotará em prazo menor que alguns bilhões de anos;
- A água está circulando constantemente, estima-se que flutuam permanentemente na atmosfera 12.000 bilhões de toneladas de água.
- **NÃO EXISTE QUALIDADE DA ÁGUA (ônibus x passageiros)**



Água é Igual a Recursos Hídricos Hídricos Conceitos Estão Todos Errados II

- Em cada copo de água, há gotas que já circularam no organismo de espécies passadas.
- Temos cada vez mais água potável no planeta.
- A água para todos os fins práticos, é ilimitada (nunca vai acabar).
- A superfície da Terra a cada dia recebe mais água do espaço e do vulcanismo.
- Se há aquecimento global, teremos mais água....

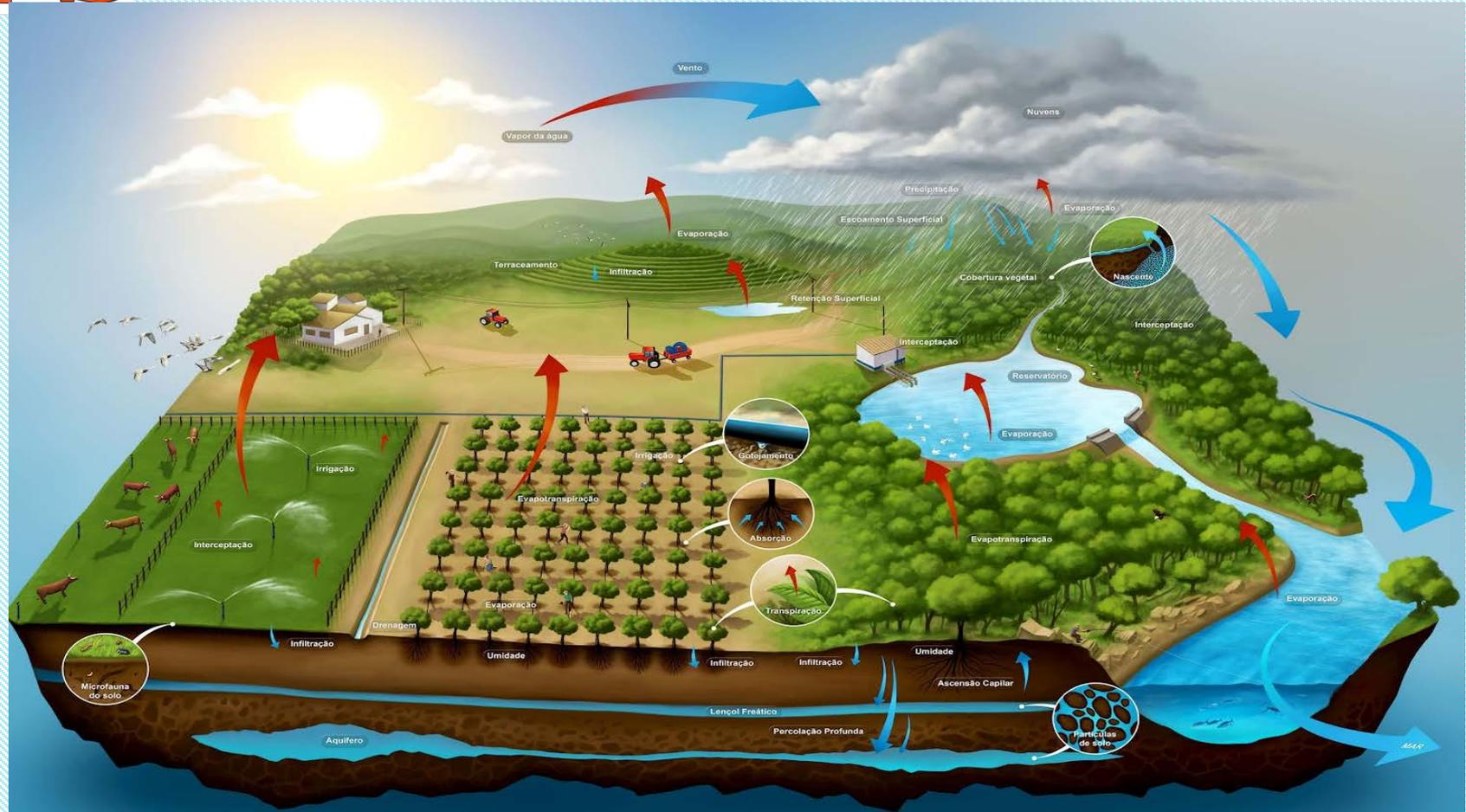


Esta Cidade Está Sem Água???





Falam, Mas Não Entendem o Ciclo Hidrológico

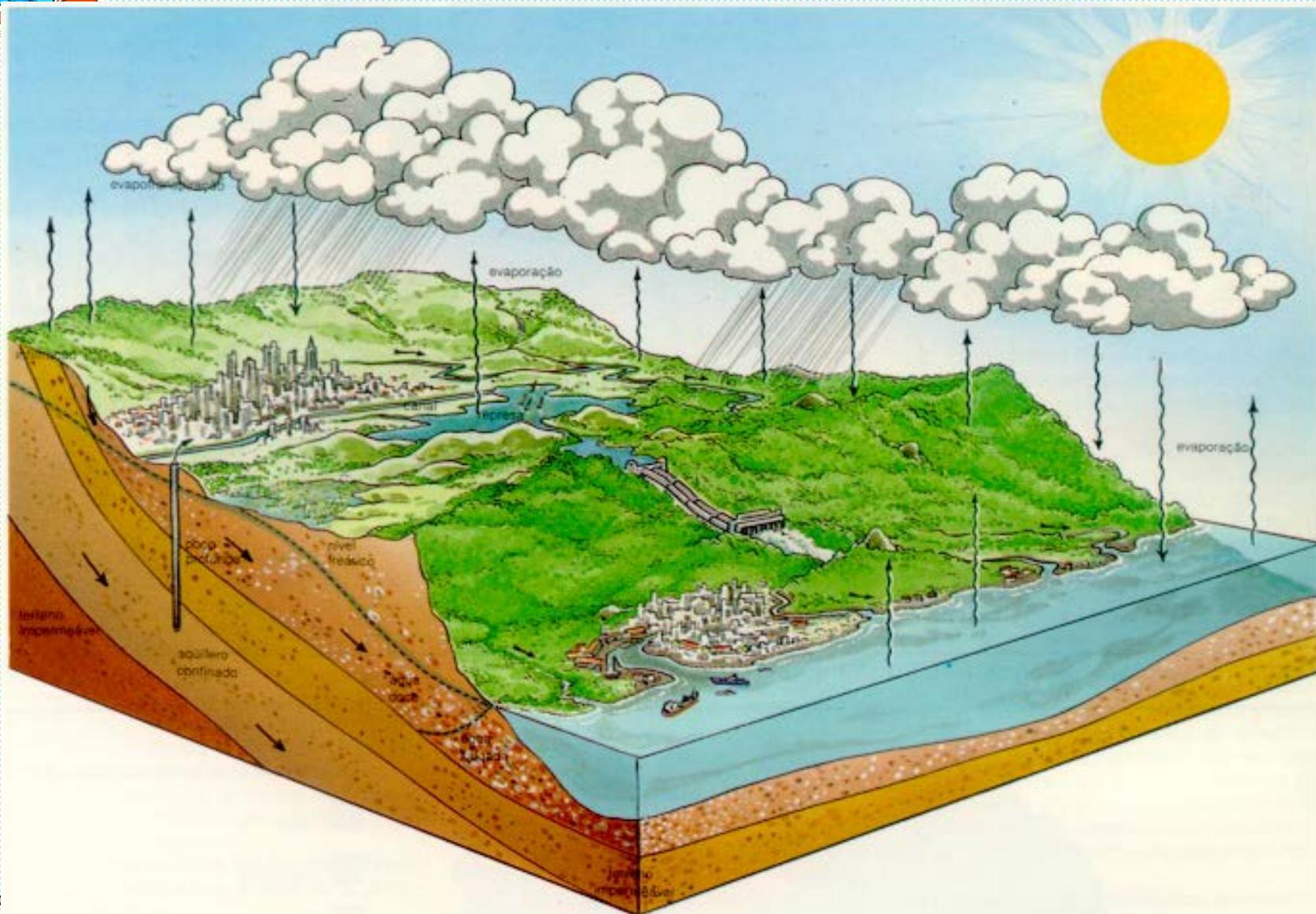


A água não acaba e está sempre sendo limpa...



CICLO HIDROLÓGICO SEMA/SPA/DEAMA

Simplificação Errônea (que leva a falsas conclusões)





Vazão = 200 m³/s

Sem
afluentes
aqui

Vazão = 400 m³/s

Como é possível?!



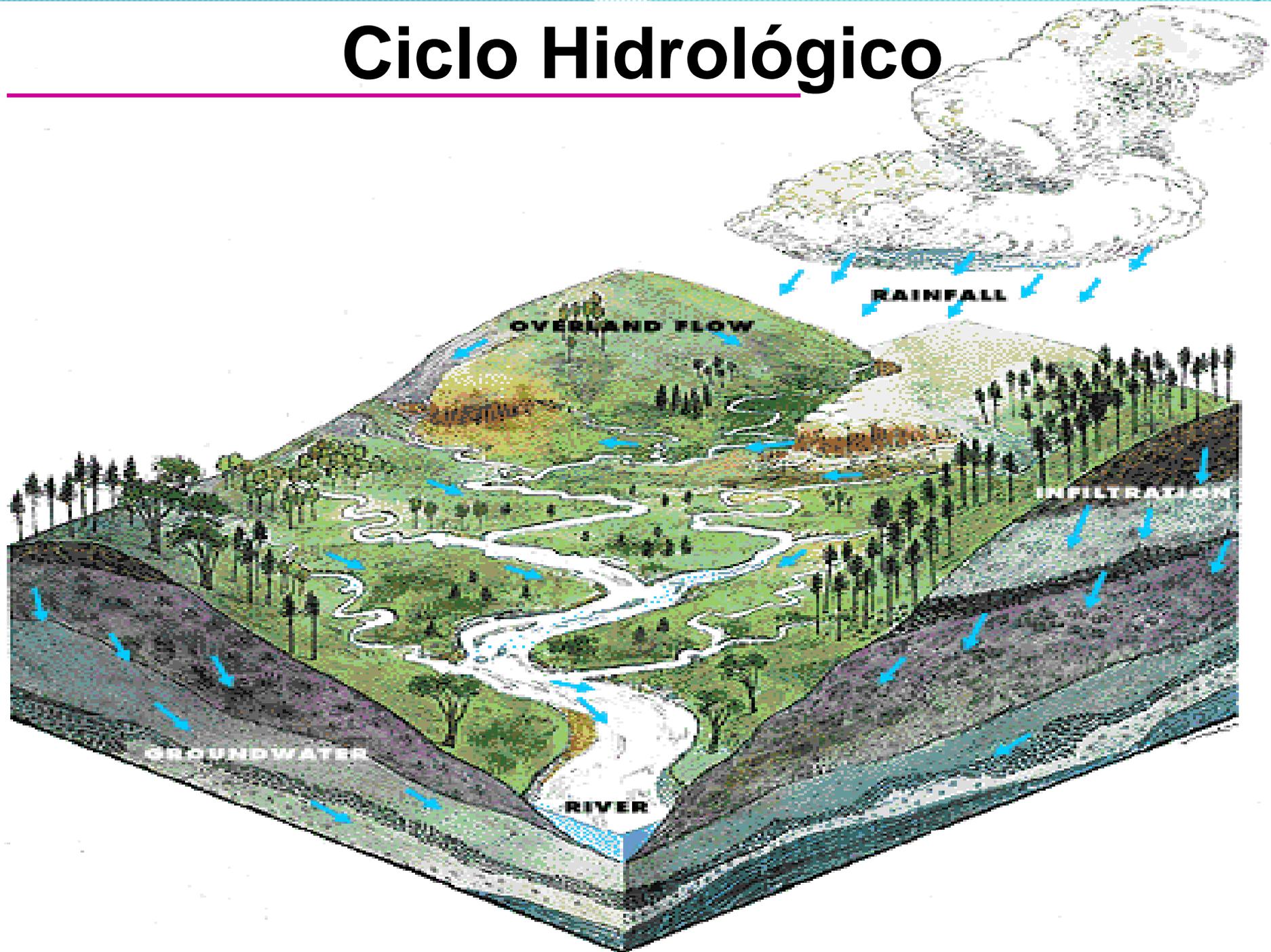
Período de seca
(sem chuva a 6
meses).

$$Q_{90} = 100 \text{ m}^3/\text{s}$$

Como é possível?!



Ciclo Hidrológico





Governo do Estado da Paraíba
 Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente - SECTMA
 Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba - AESA
 Sistemas Aquíferos do Estado da Paraíba

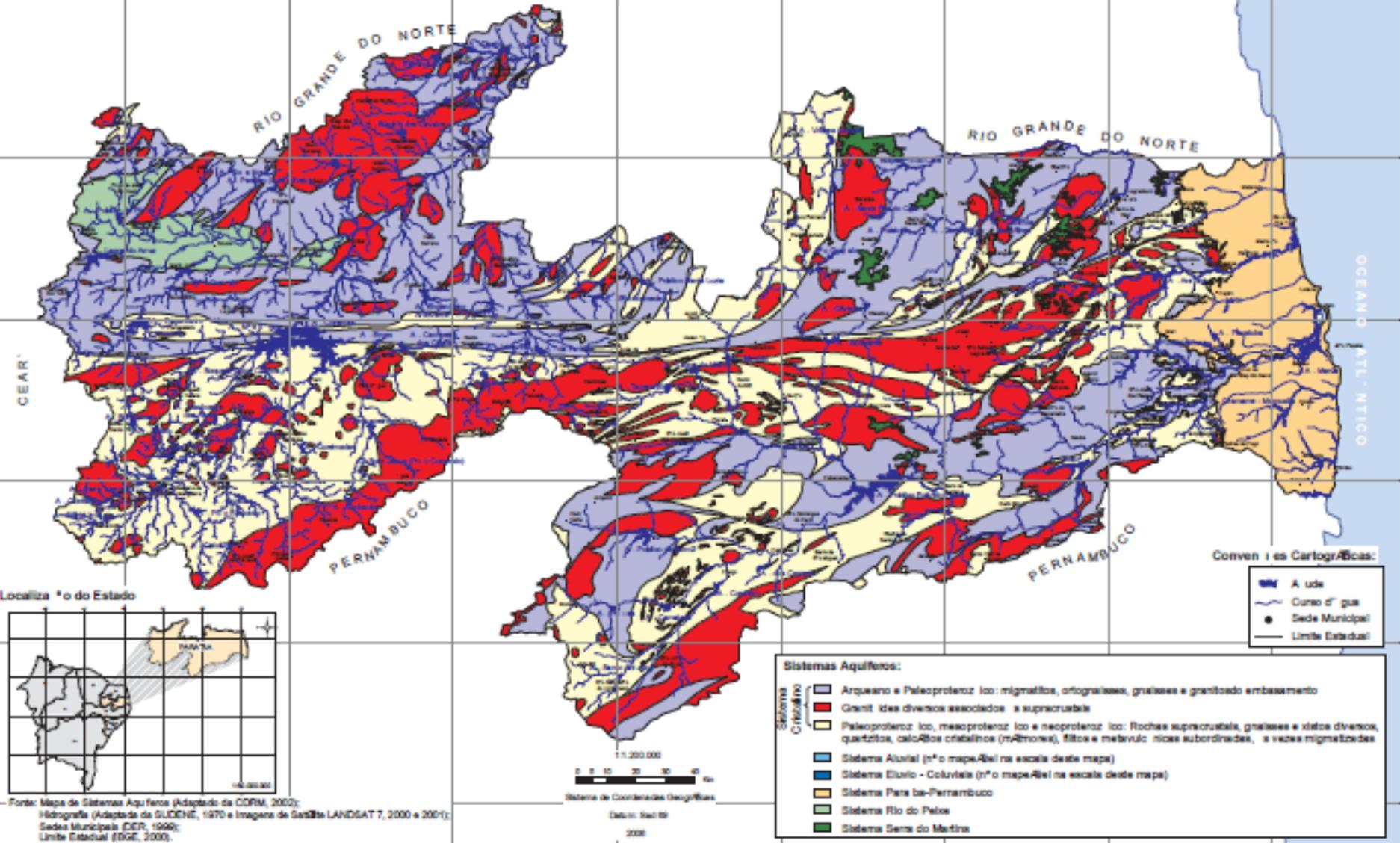
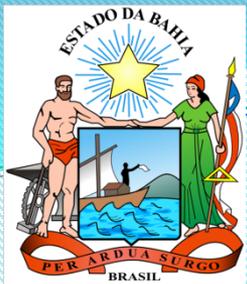


Figura 2 – Sistemas Aquíferos do Estado da Paraíba



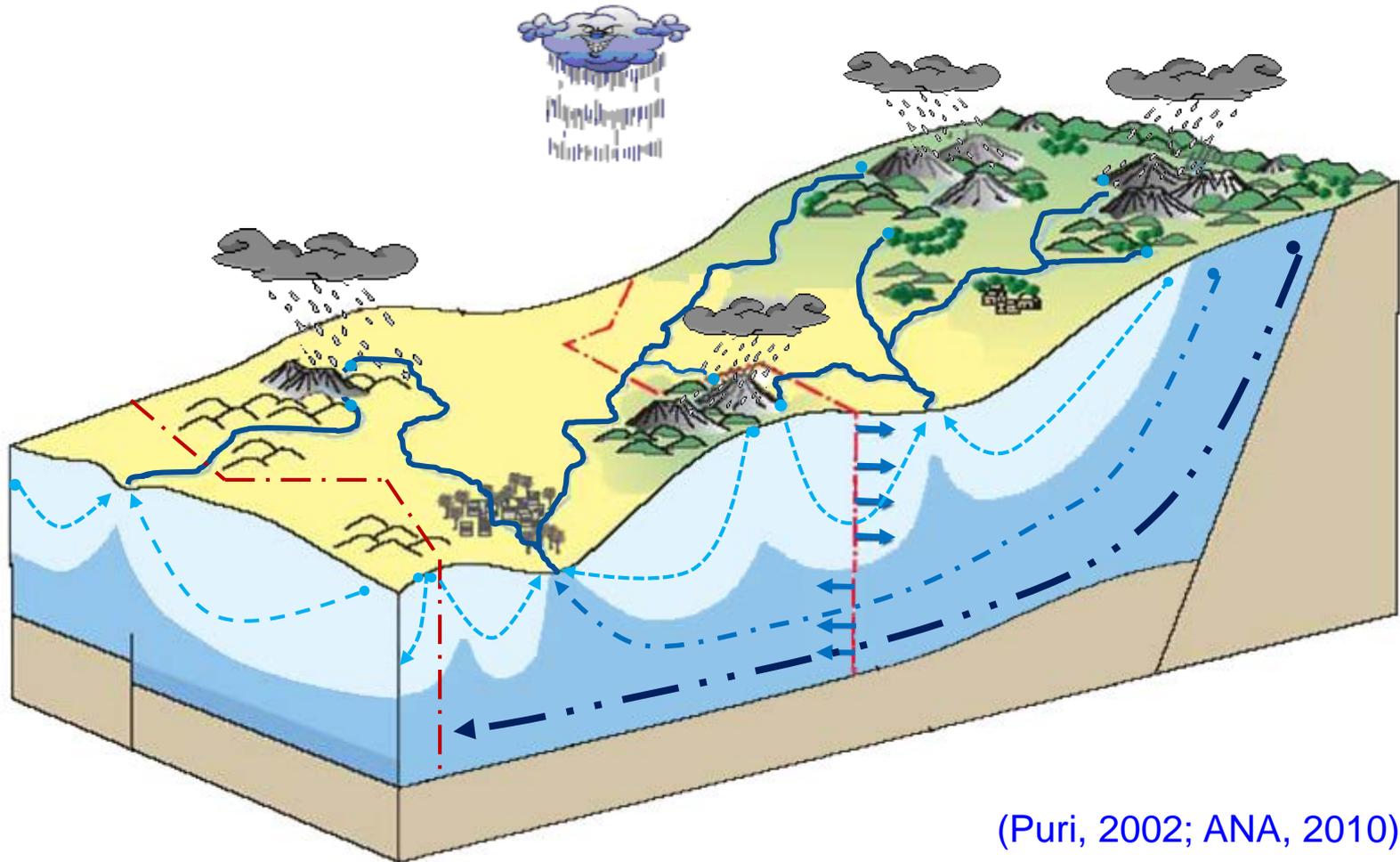
Movimento da Água Subterrânea

Flui pelos aquíferos para as nascentes, rios, lagos, etc.





Como ocorre essa interação entre os dois mananciais hídricos?

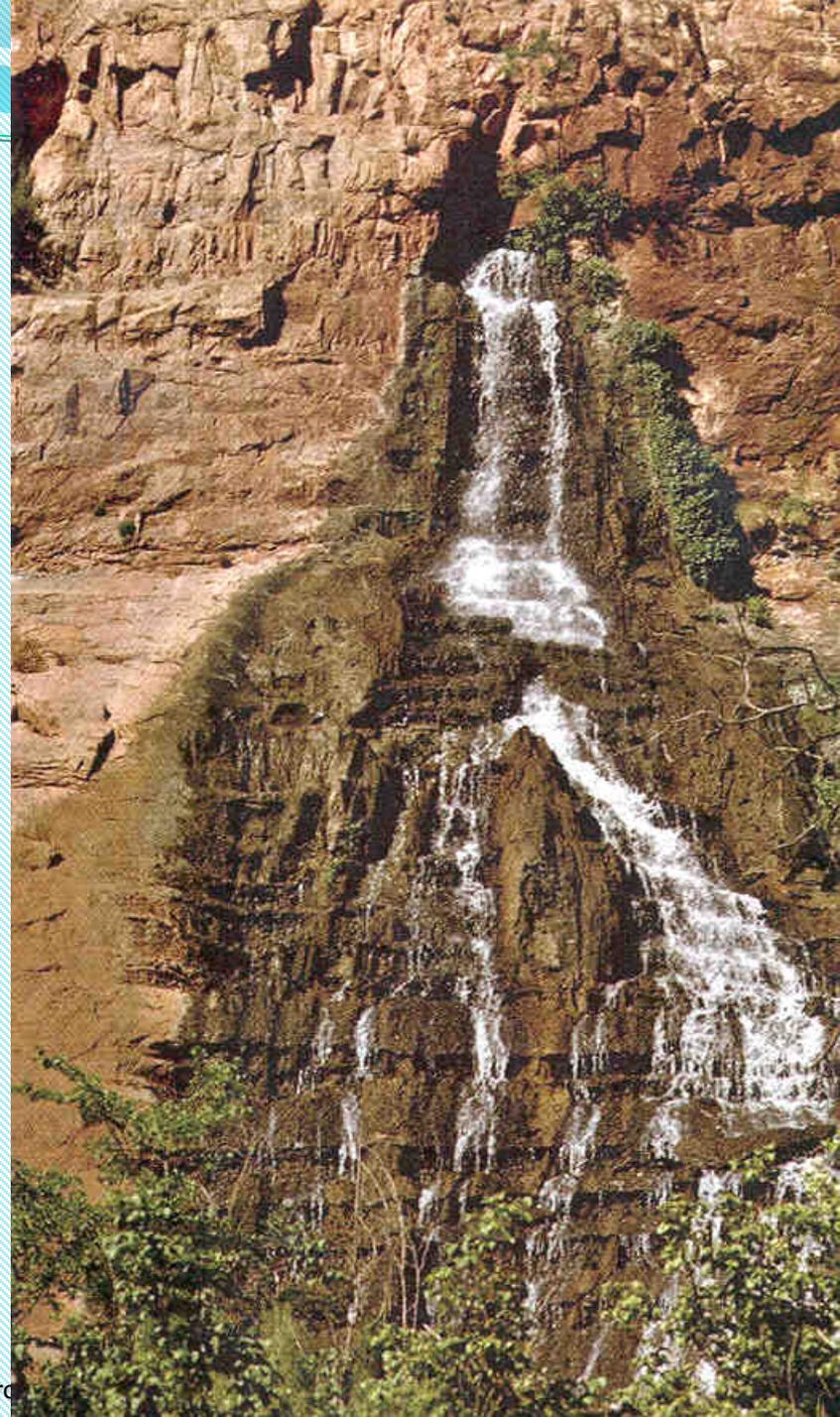


(Puri, 2002; ANA, 2010)



Fontes ou Nascentes

Locais onde a superfície freática encontra a superfície do terreno.

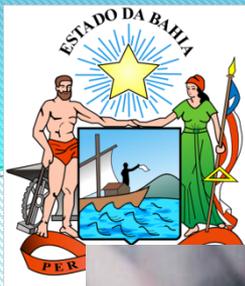




SEMA/SPA/DEAMA

Fontes ou Nascentes





SEMA/SER/DEAMA

O Que São Aquíferos...



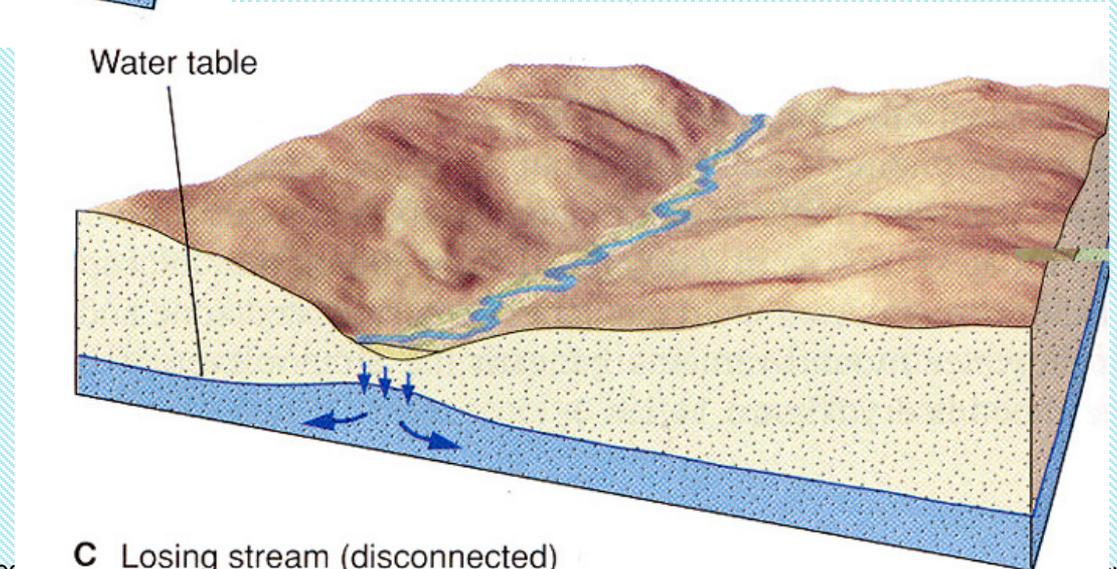
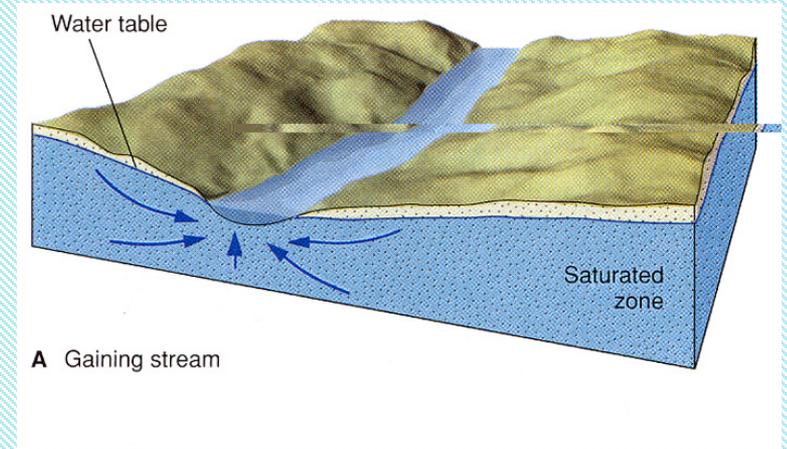
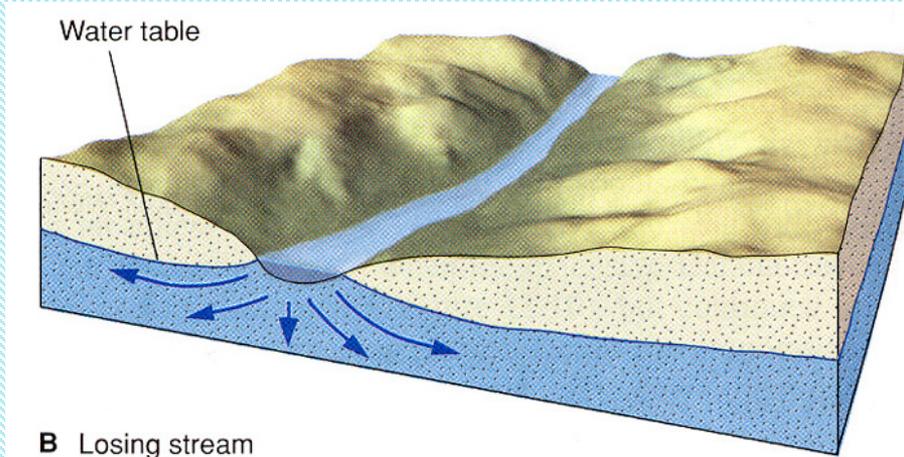
O Que São Aquíferos...

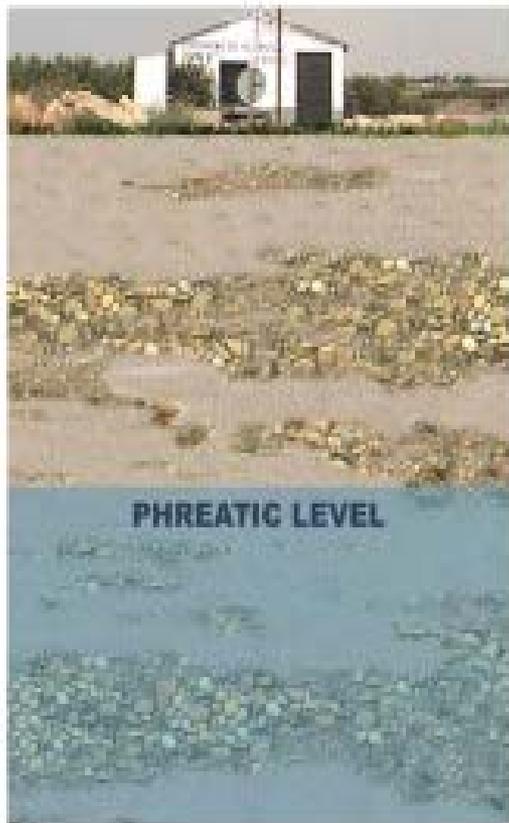
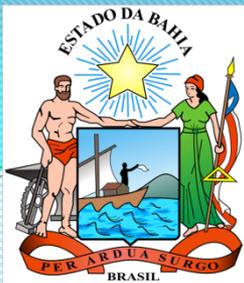


12.19 19:12

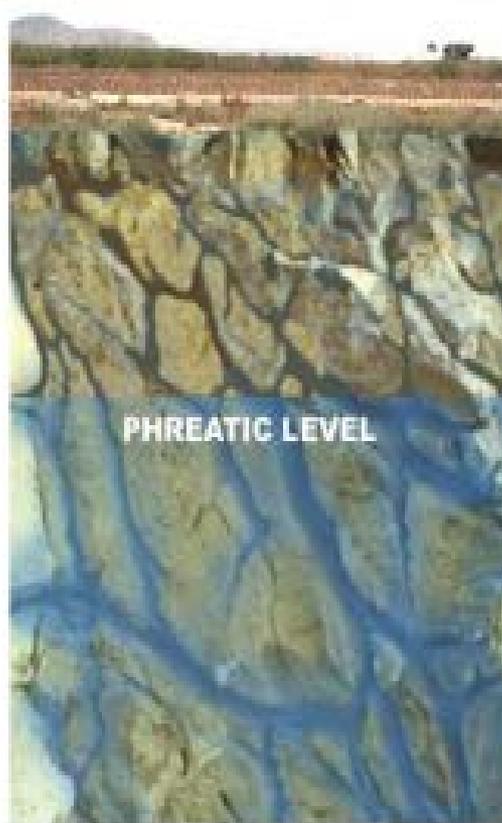


SEMA/SPA/DEAMA

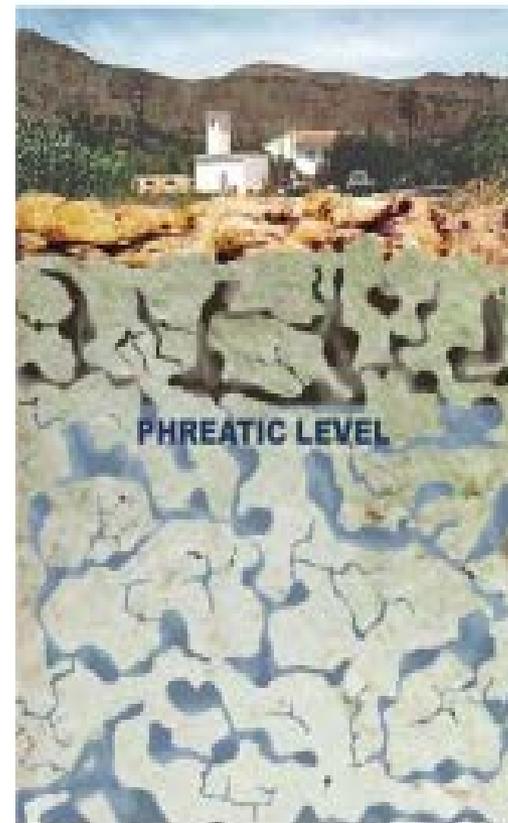




Detritic aquifer

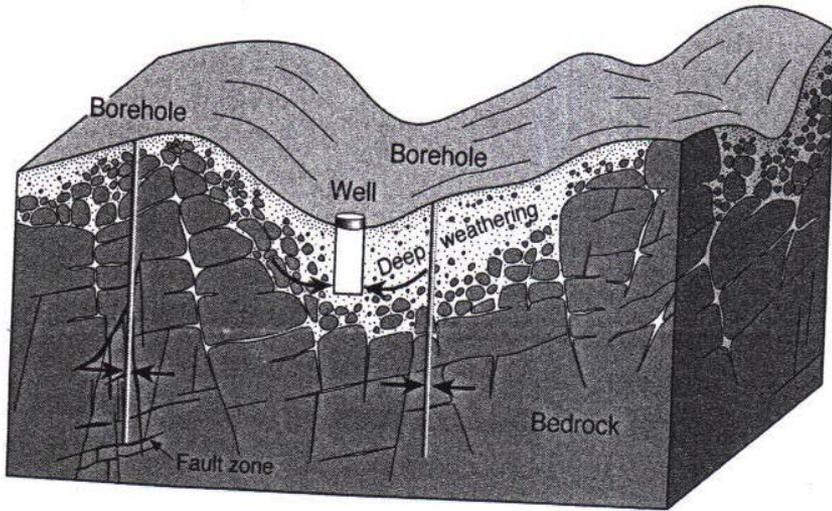


Fissured aquifer

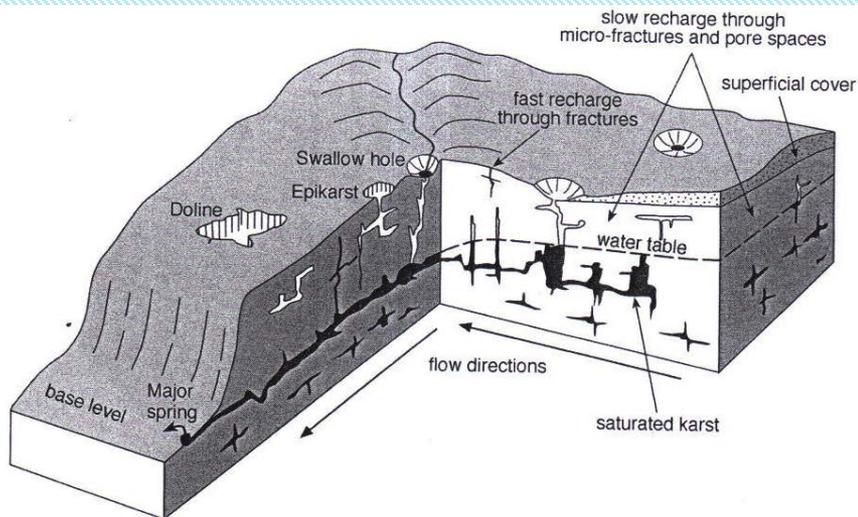
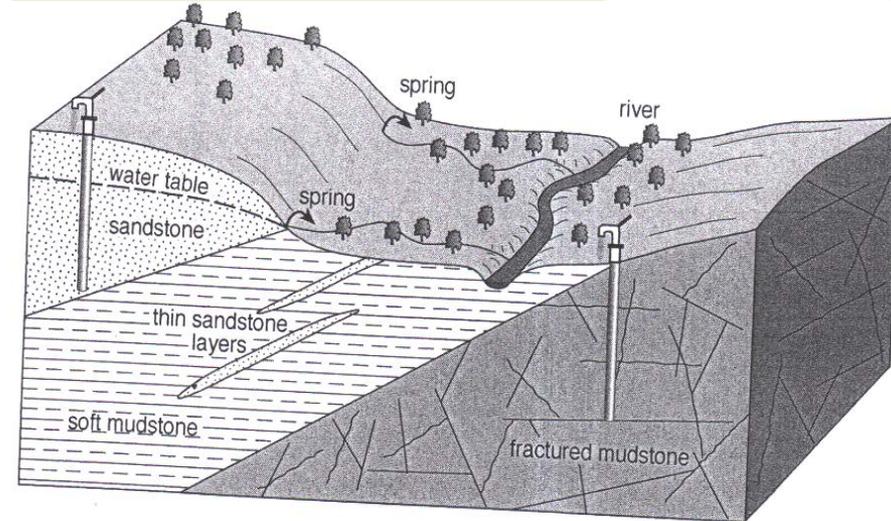


Karstic aquifer

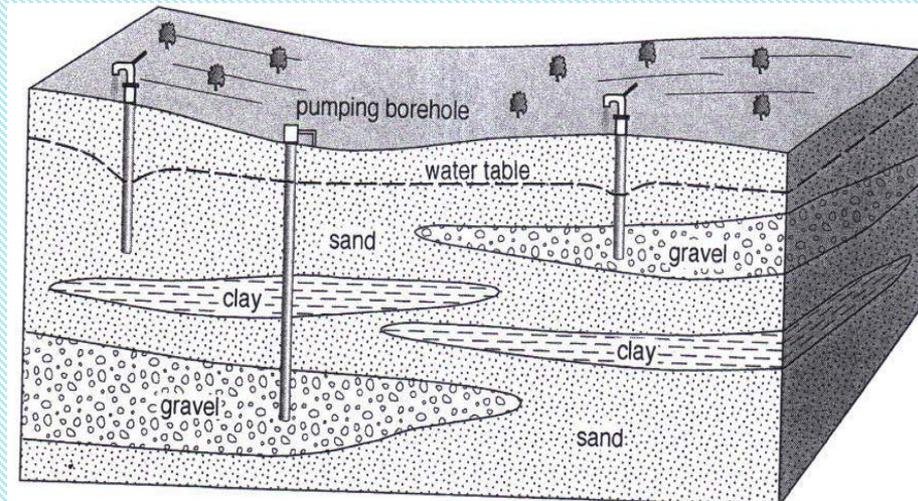
Crystalline rock with regolith



Sedimentary rocks of different types

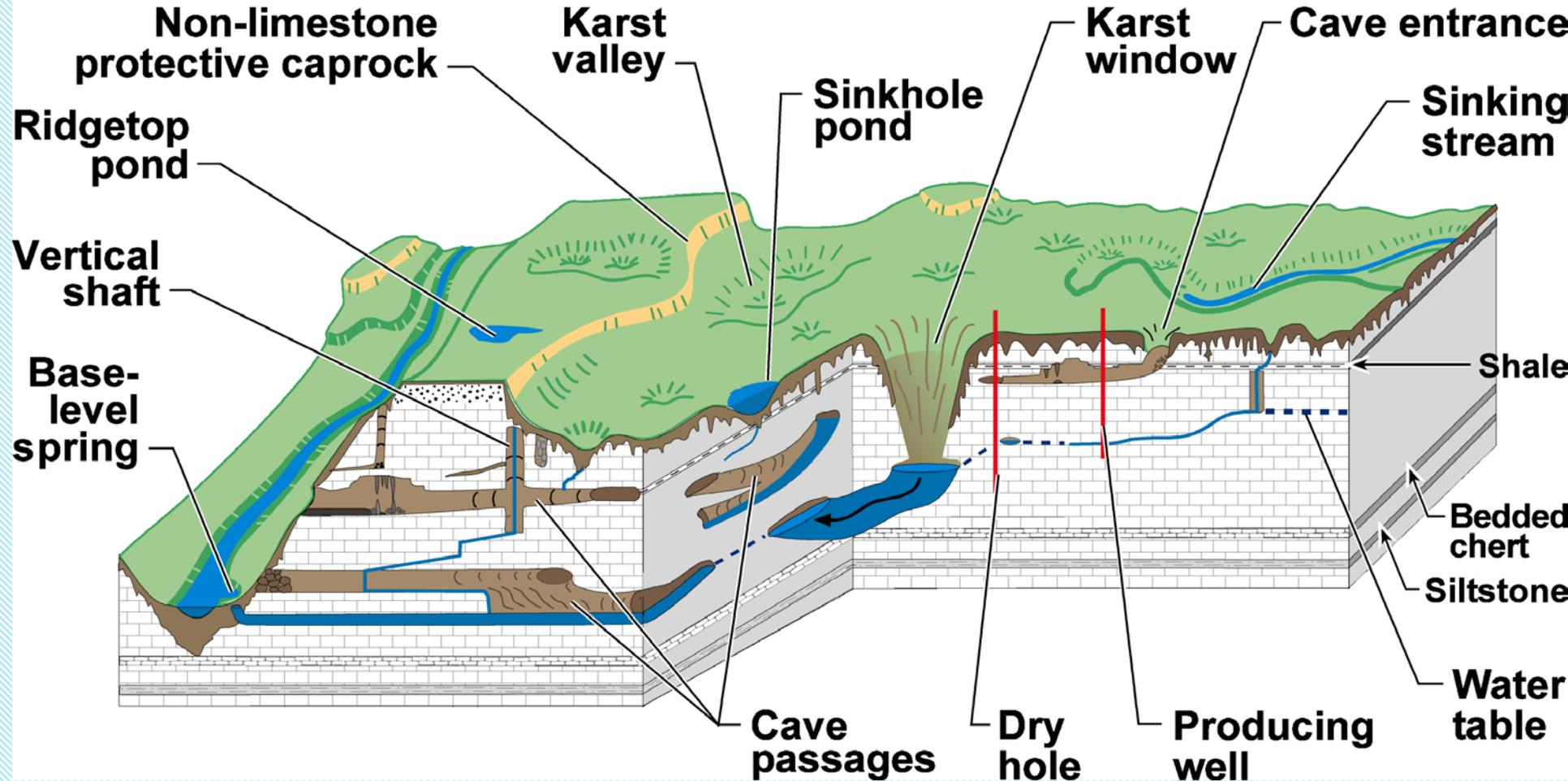


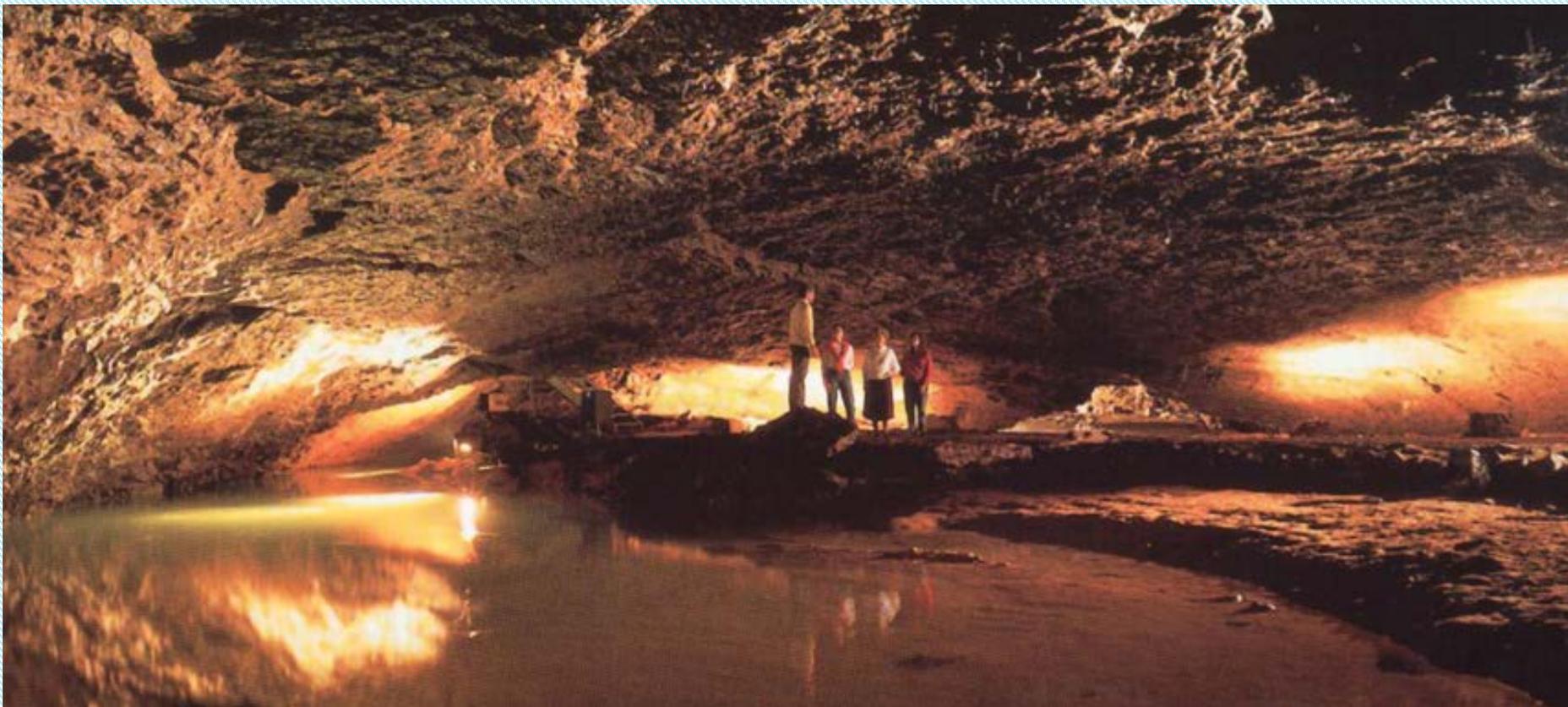
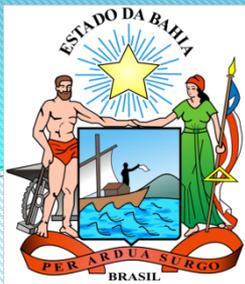
Karst limestone

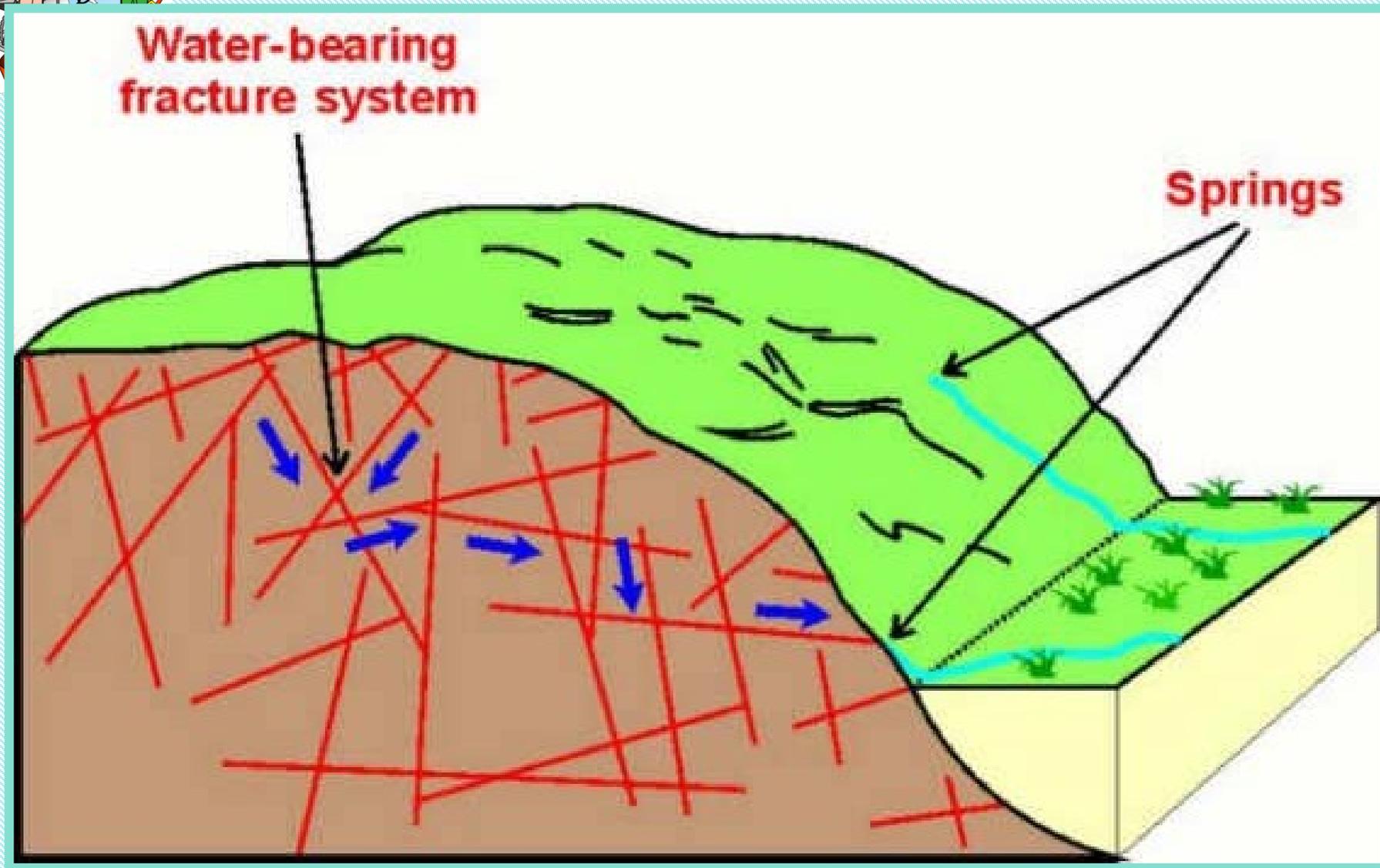


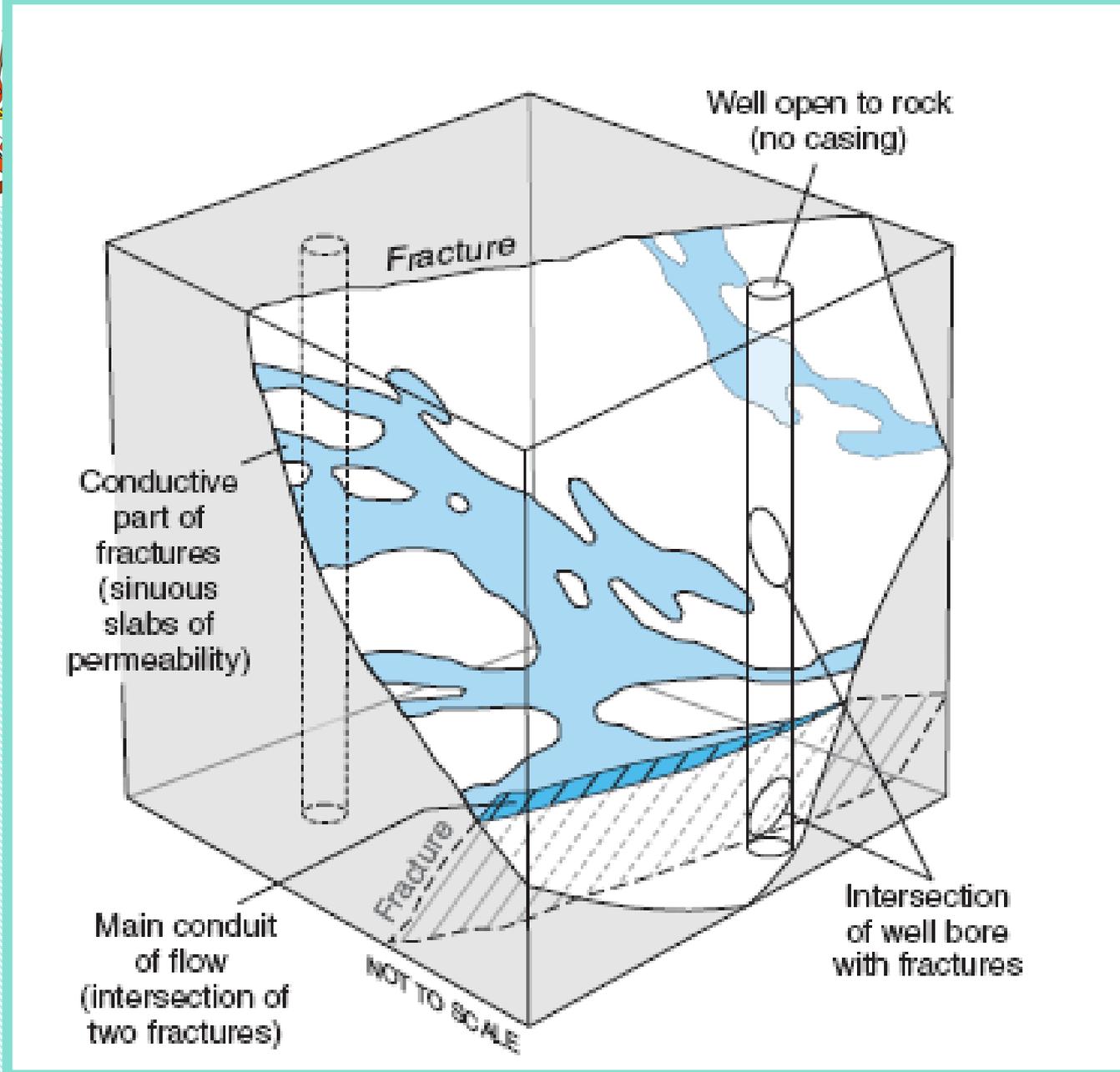
Unconsolidated sediments

Generalized Block Diagram of the Western Pennyroyal Karst

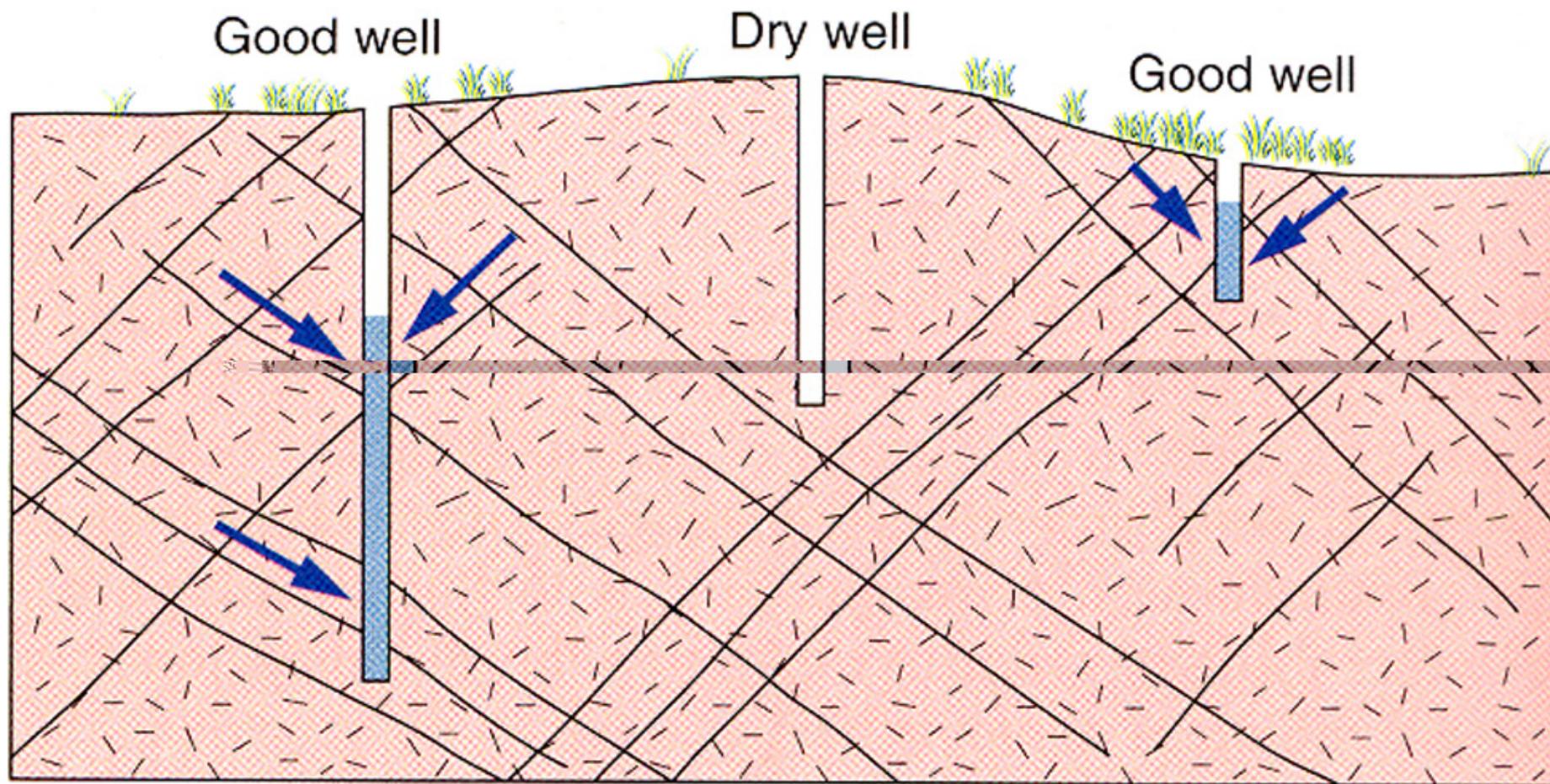
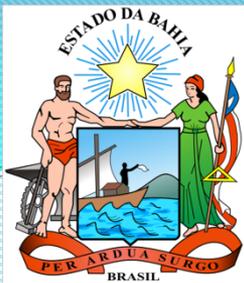






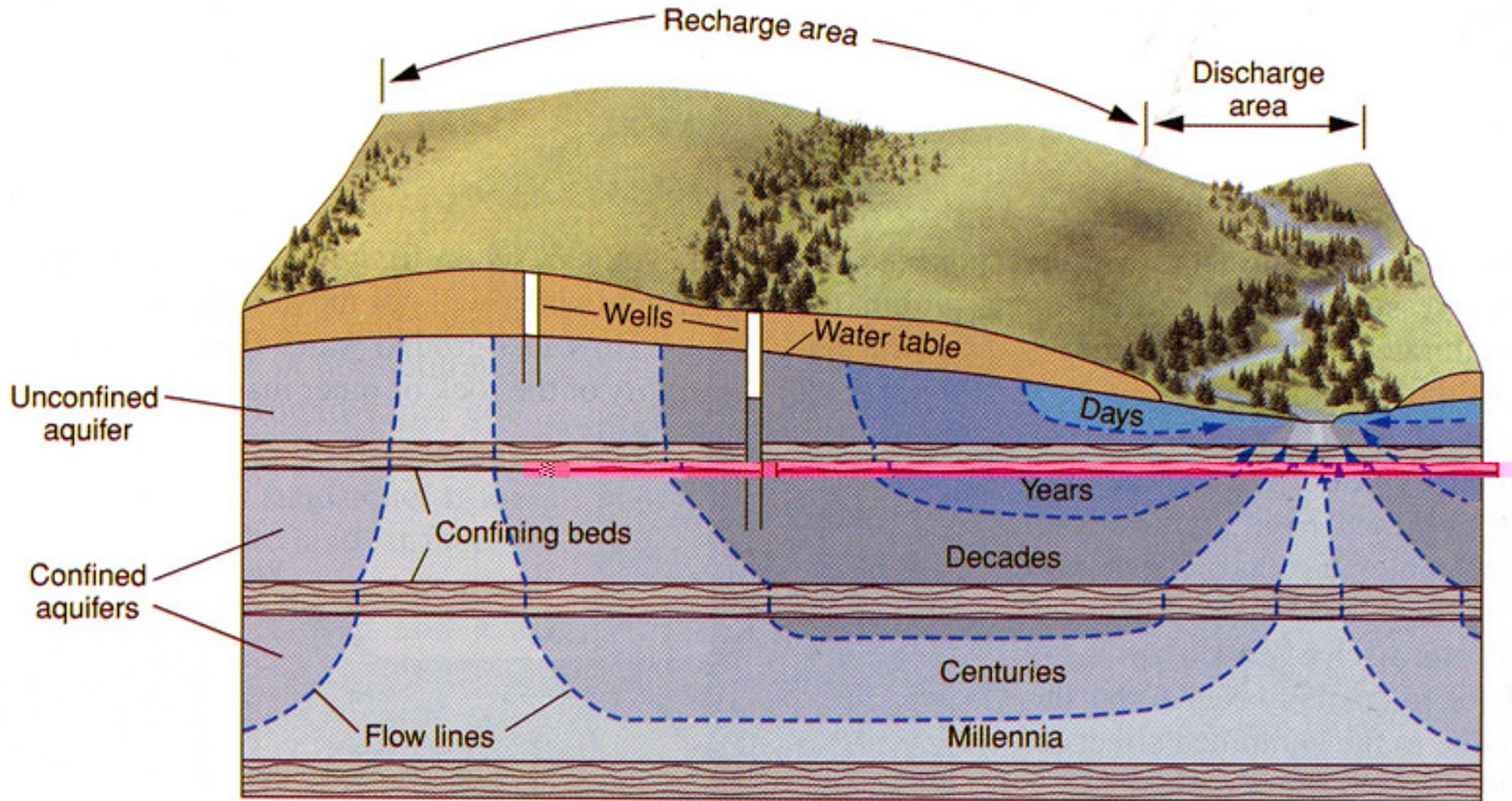


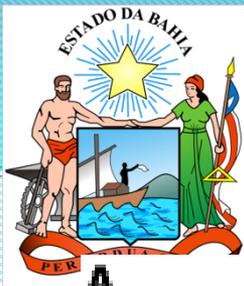




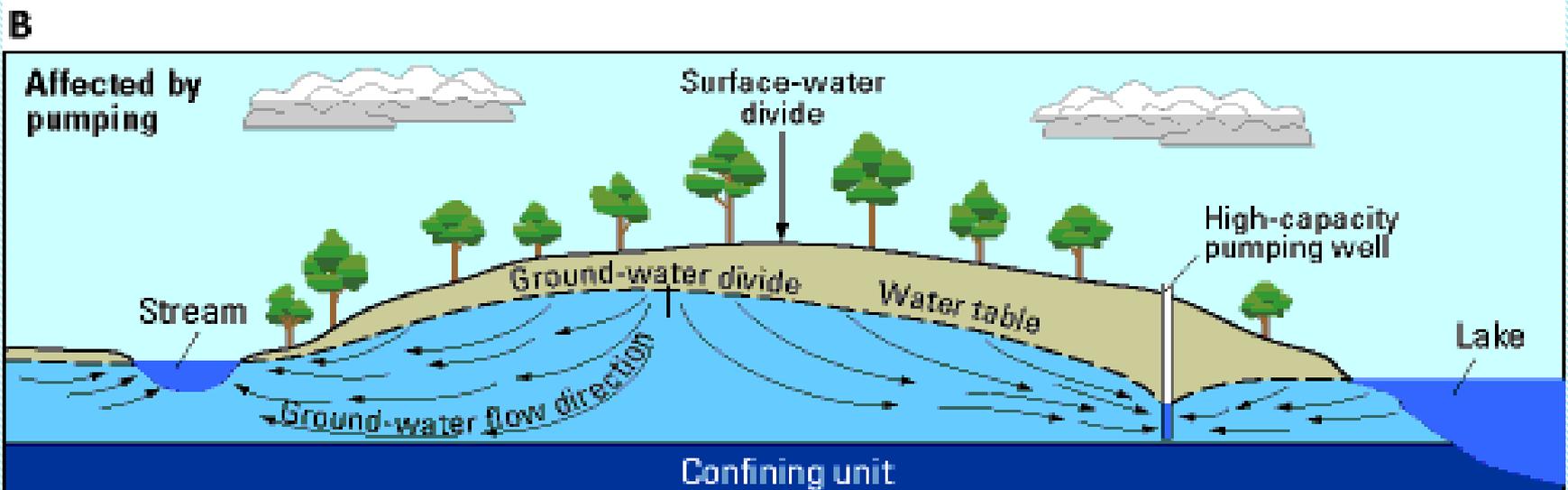
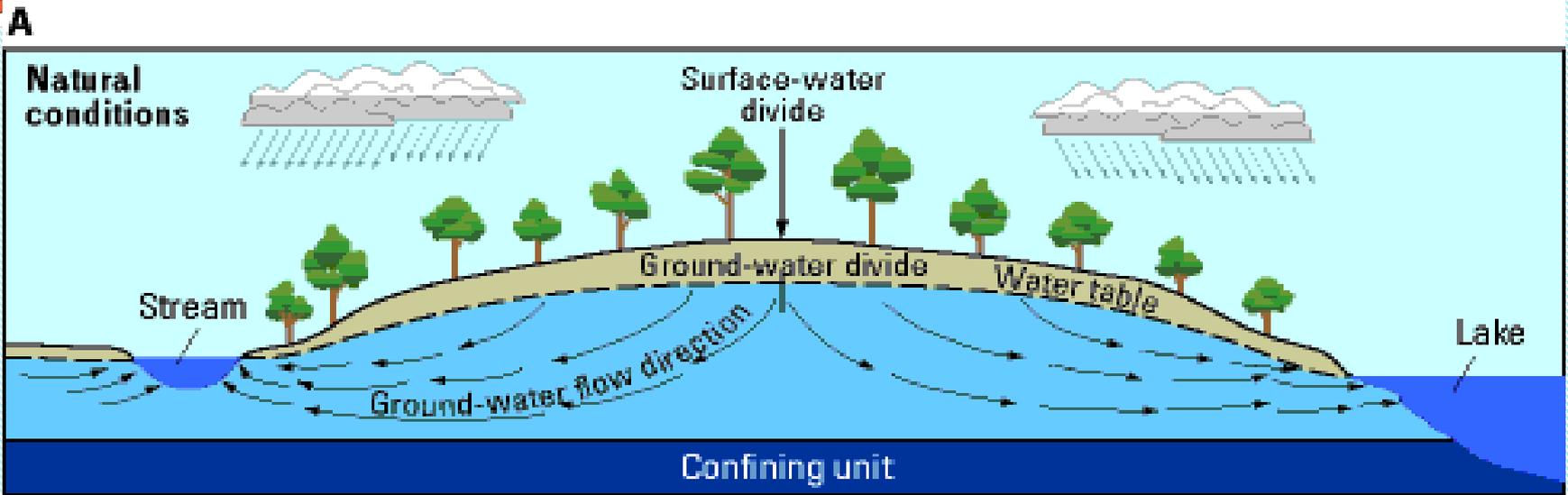


Confinamento



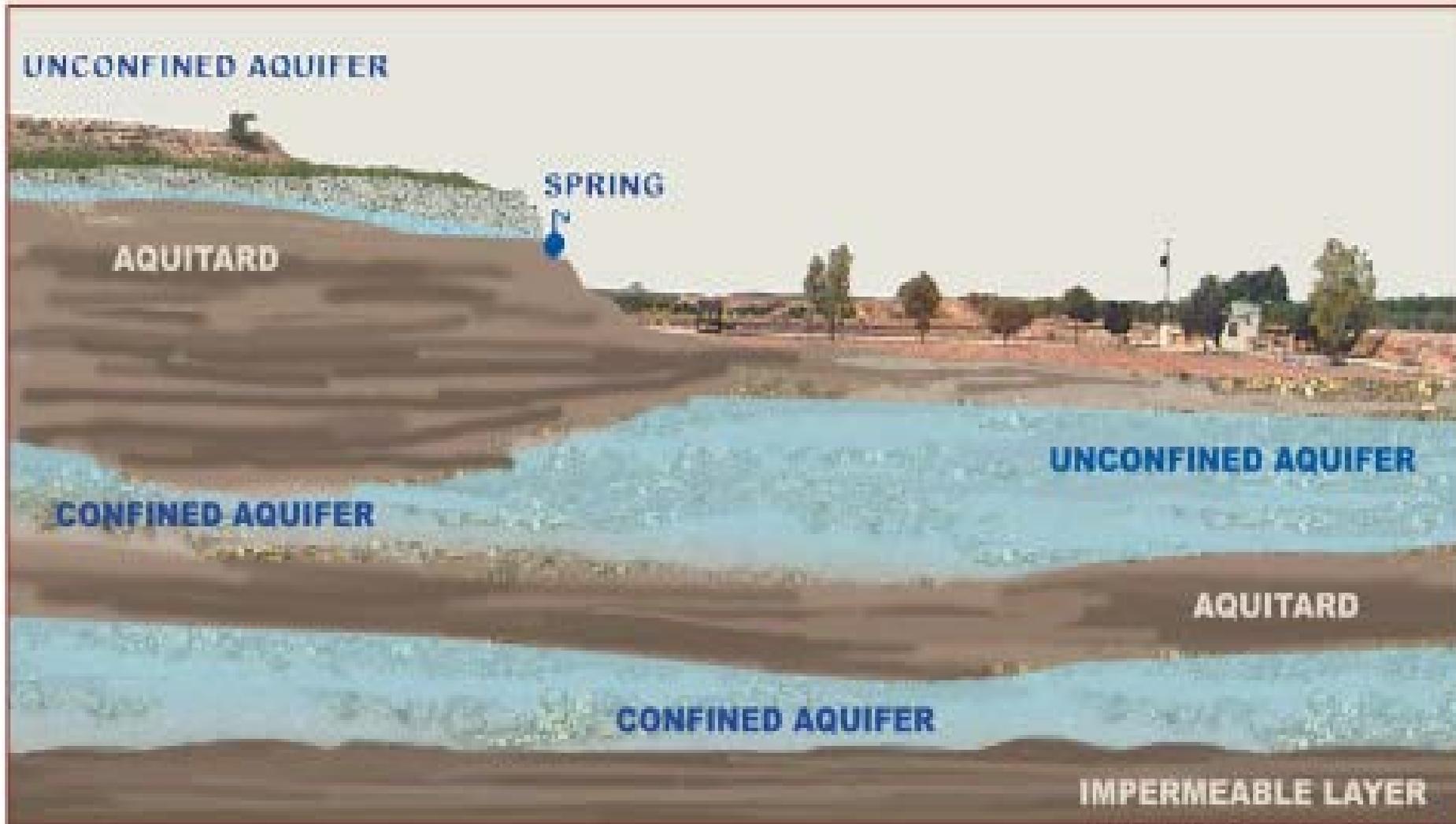


AQUÍFERO LIVRE



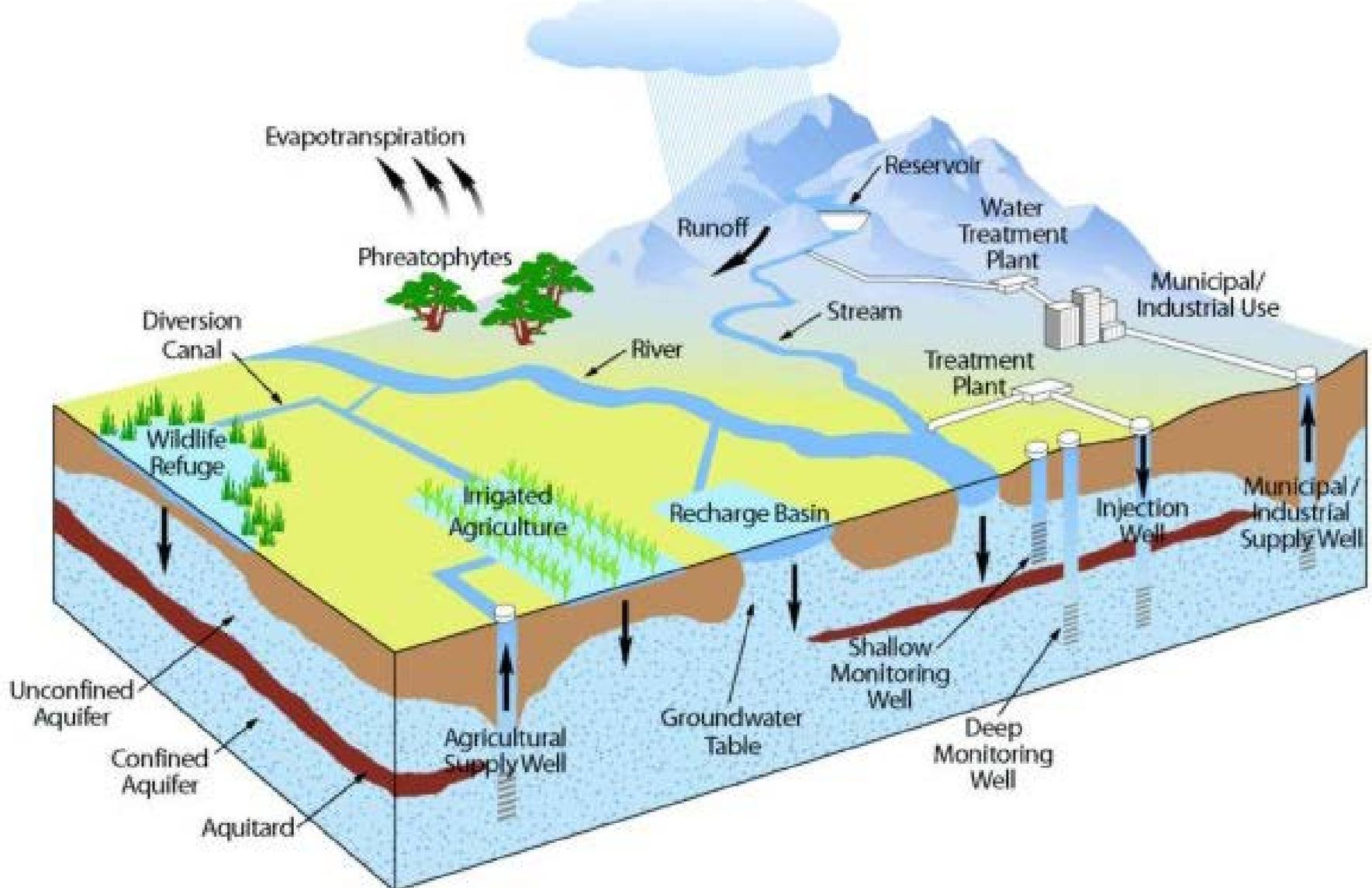


SISTEMA MÚLTIPLO



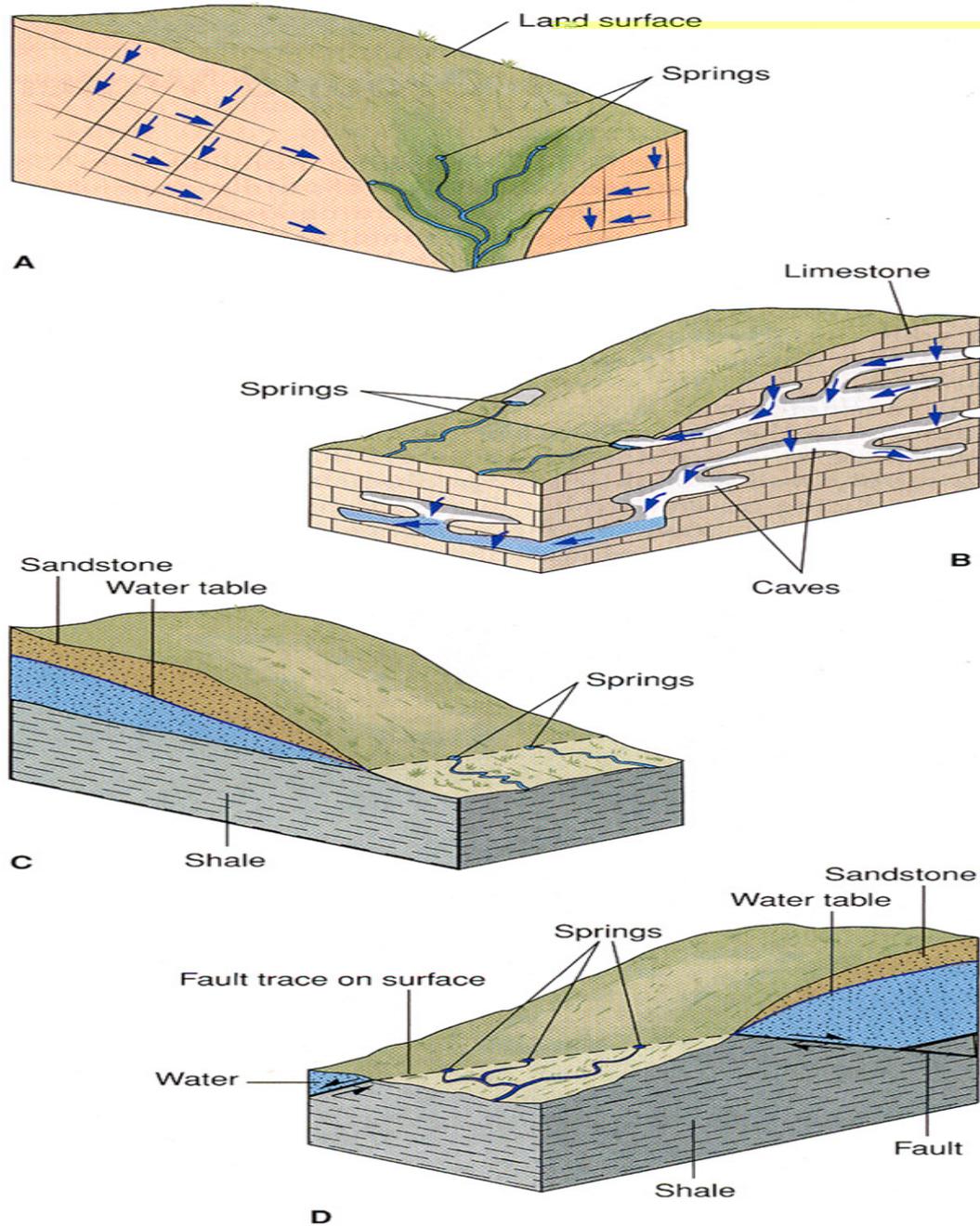


APROVEITAMENTO SISTEMA MÚLTIPLO



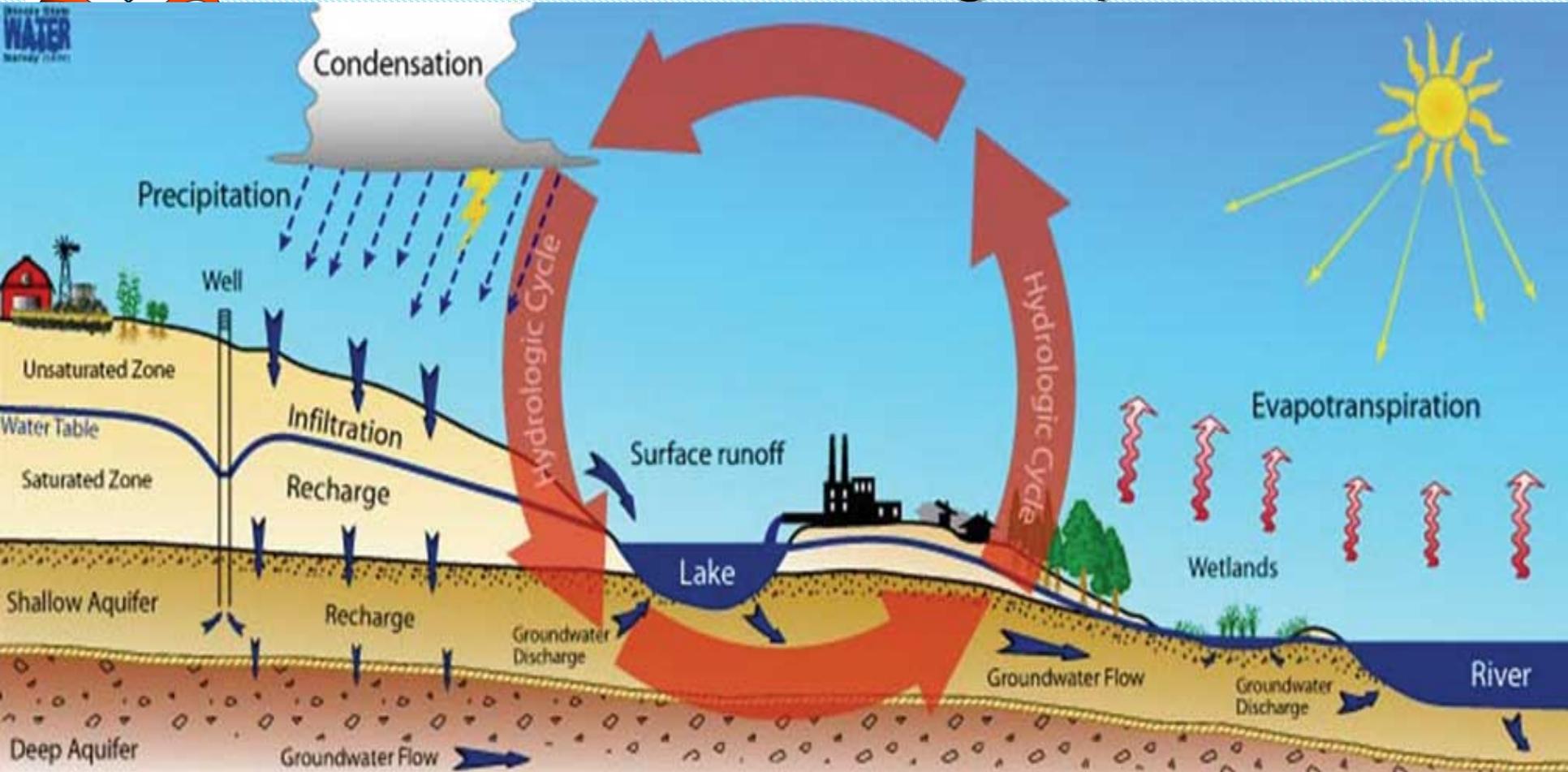


Nascentes





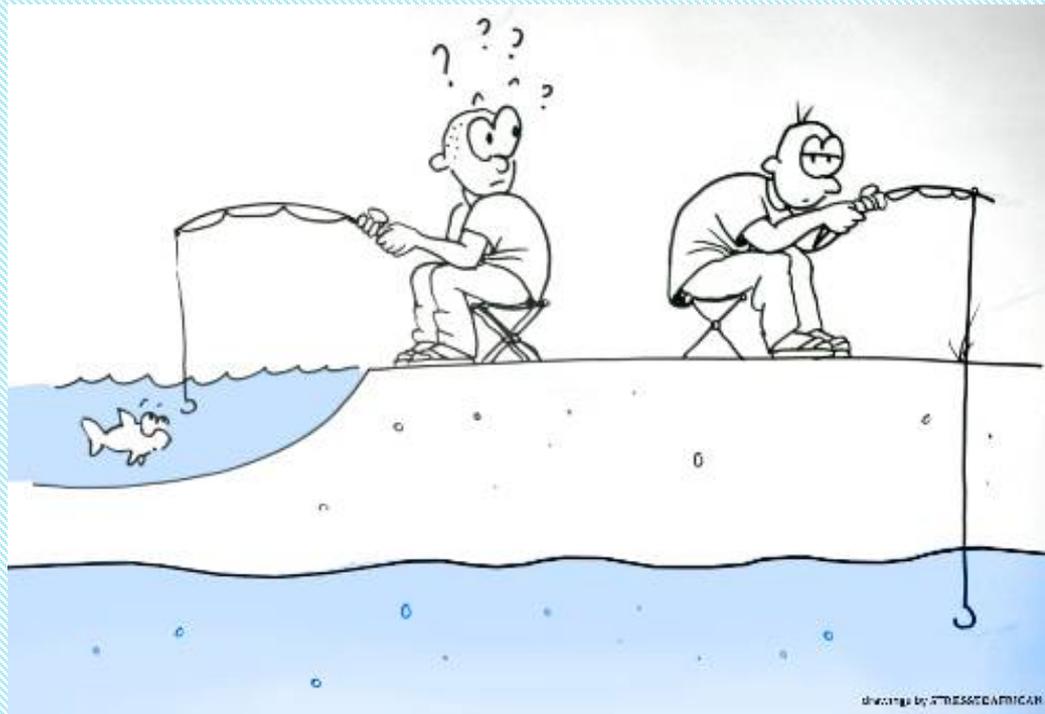
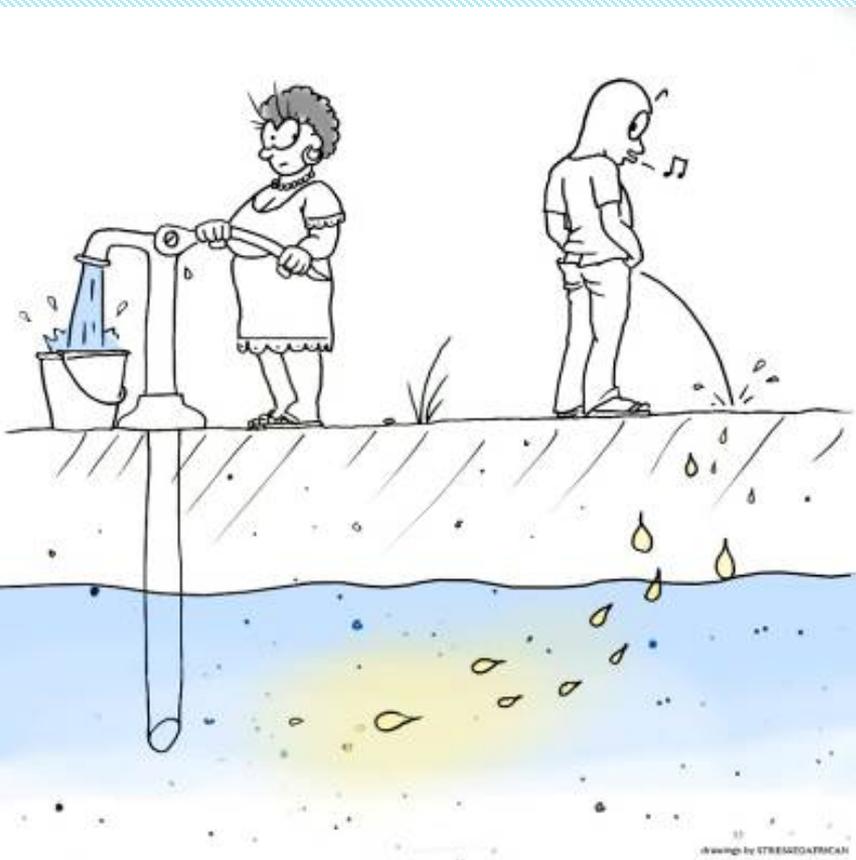
Então: há uma única água para todos



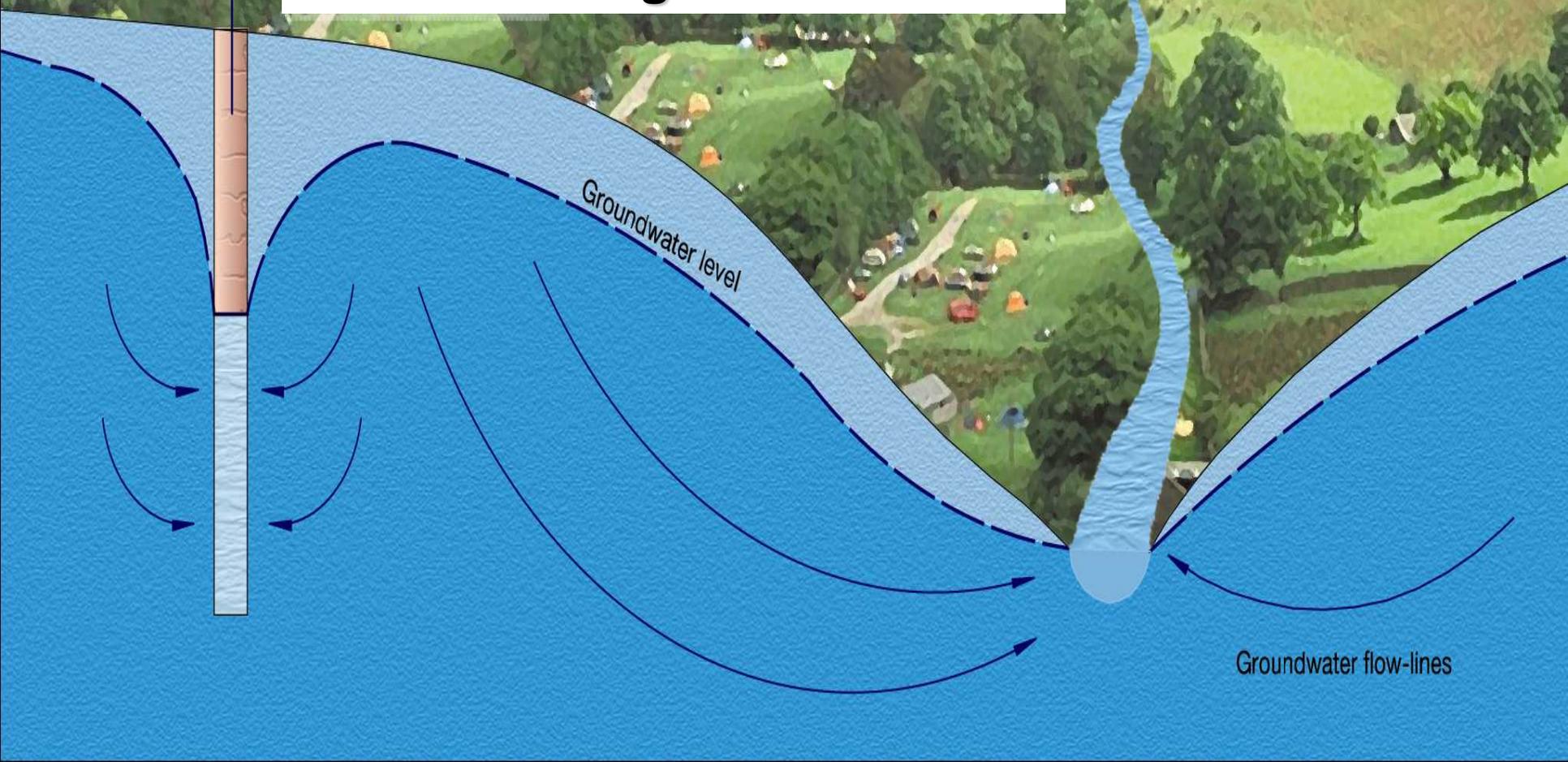
Interações entre água subterrânea e superficial.

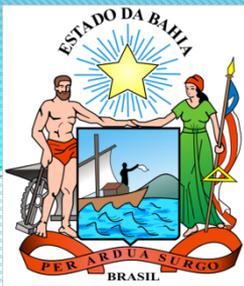


Mas Água Superficial = Água Subterrânea???



Os rios para a Gestão, são usuários de água subterrânea





INFILTRAÇÃO

**INFILTRATION PONDS
SPREADING BASINS**

**INFILTRATION
DITCHES**

**STREAM
CHANNELS**

**PLAYA
LAKES**

**LAND
APPLICATIONS**

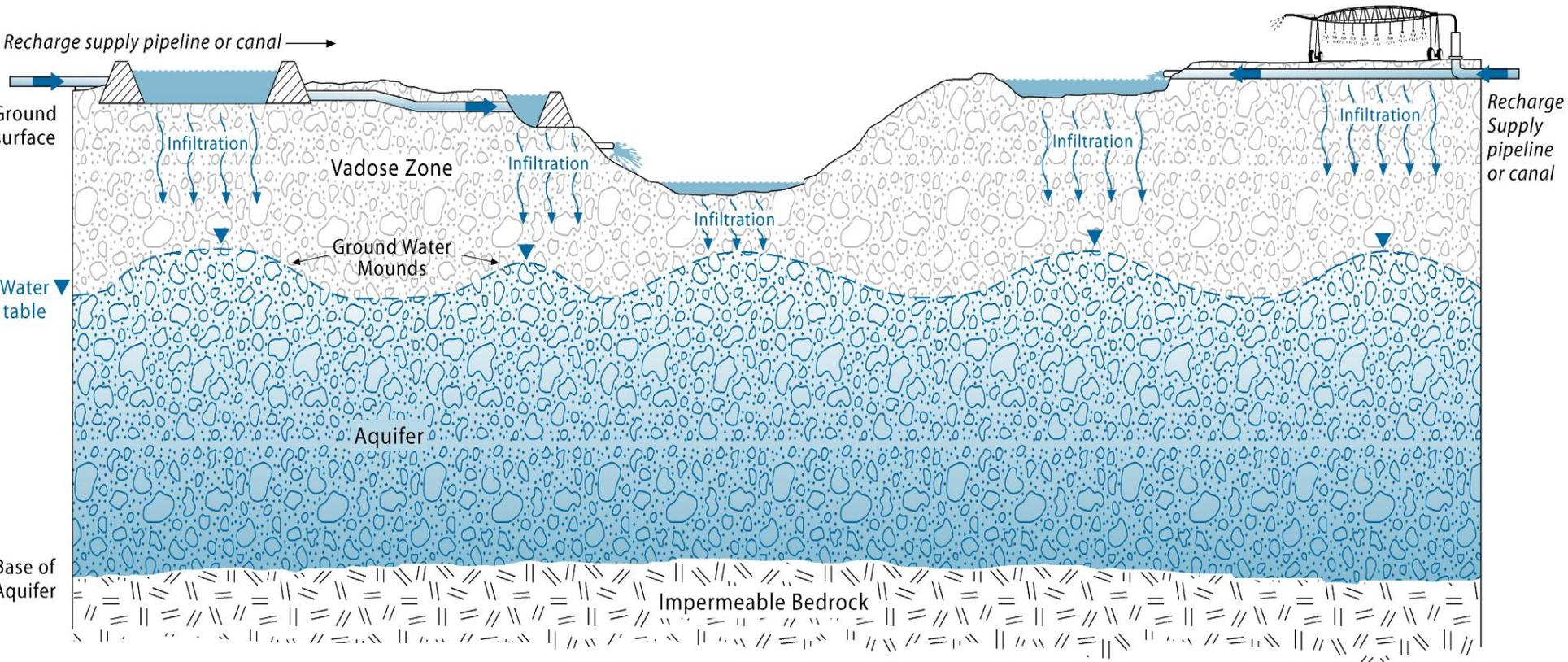


Figure IV-1 Surface infiltration technologies.

A gestão sustentável exige a habilidade de armazenar adequadamente a água.



Os aquíferos podem substituir reservatórios superficiais.





Gestão Integrada dos Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos

- Visão: Um processo que promova a utilização e o gerenciamento dos recursos hídricos, maximizando o resultante bem-estar econômico, social e ambiental.



Áreas onde a visão integrada apoia a gestão de água subterrânea

- Minimiza a tradicional **separação institucional** da água superficial e subterrânea que resulta fundamentalmente em **barreiras de comunicação e entendimento**.
- Reconhece que para haver sustentabilidade **deve-se permitir incrementos na demanda de água** para atividades econômicas e desenvolvimento humano.



Áreas onde a visão integrada apoia a gestão de água subterrânea

- Reduz **riscos nas decisões de gestão** – Qual a disponibilidade real de água na bacia? Como responder a retiradas excessivas? Como se preparar para secas prolongadas e severas???
- Reduz **problemas institucionais**, como fundos limitados, pouco pessoal, falta de capacitação ou simplesmente, **barreiras políticas** para a gestão.



PROPOSIÇÃO P/DISCUSSÃO

- *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).*



VANTAGENS DO PROGRAMA DE SUBSTITUIÇÃO DE OUTORGAS (Dissertação de 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	0,50%	2%

Triplicando a área irrigada...



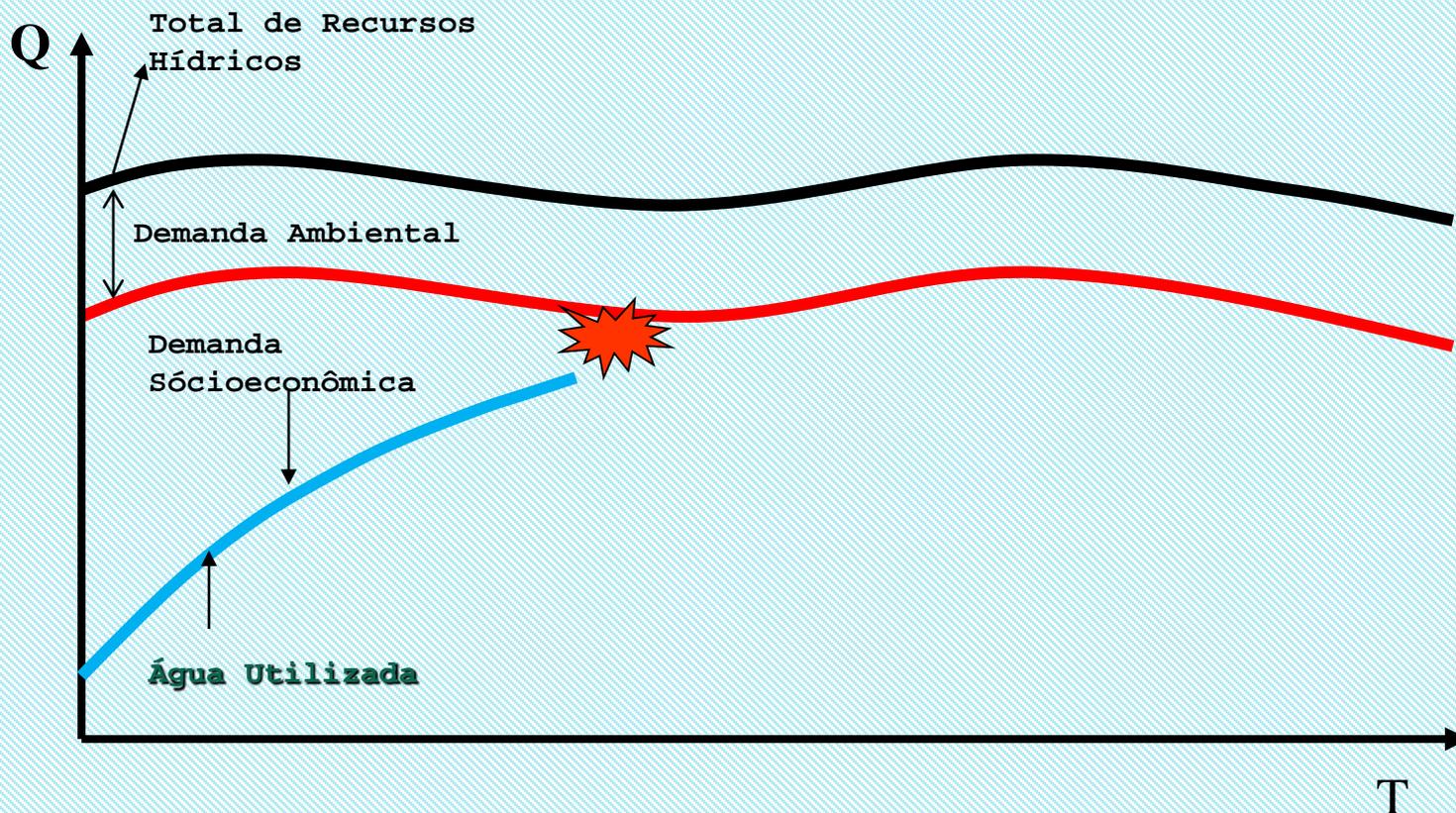
MAS NÃO SE CRIA ÁGUA, COM O TEMPO O SISTEMA VAI BAIXAR (Dissertação de Mestrado)

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%	13%
2.500	3%	6%
3.000	1%	5%
3.500	1%	5%
4.000	0,50%	2%

Solução : Utilizamos a água da cheia, incrementando a recarga....

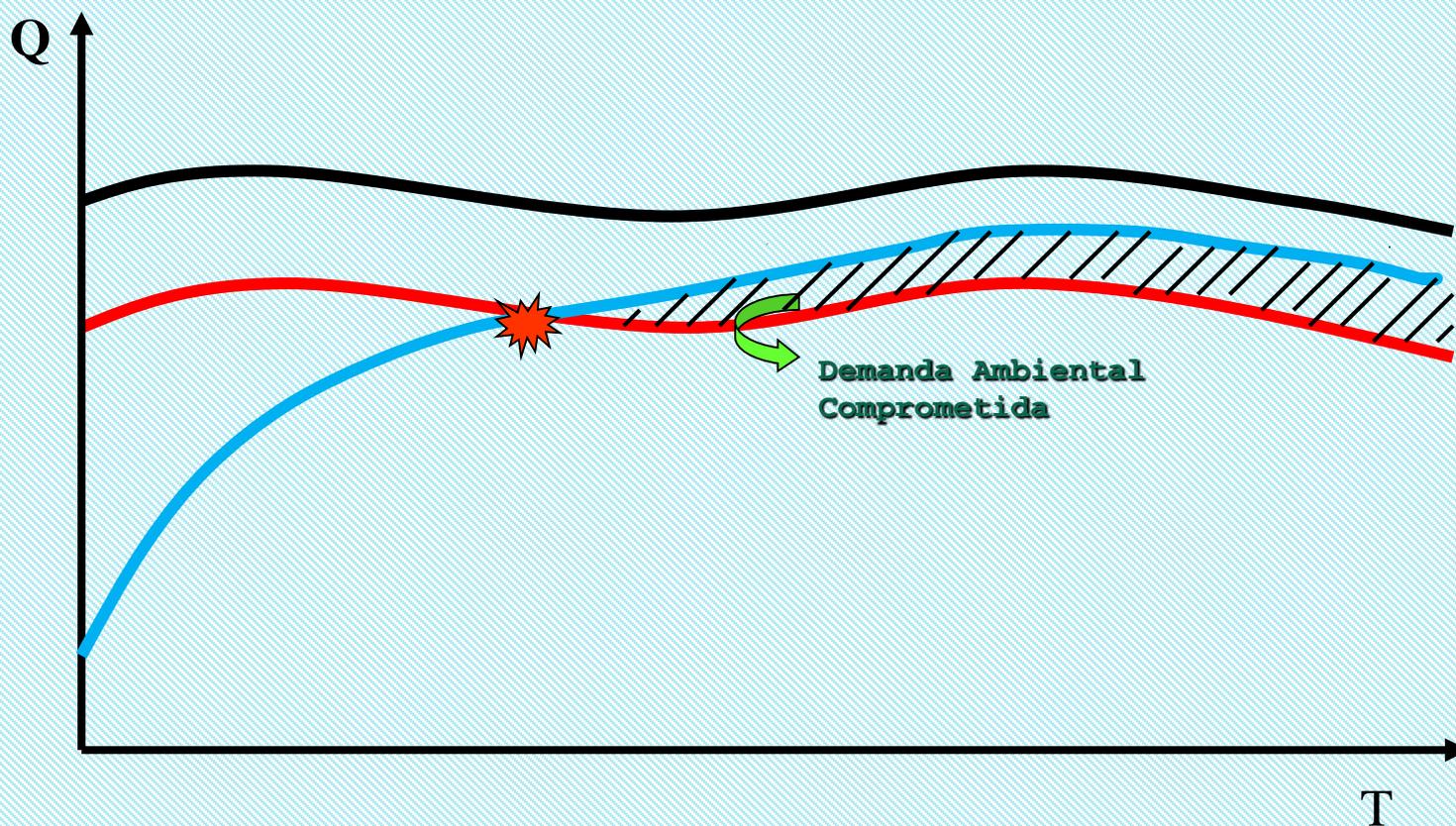


A demanda de água para atividades econômicas se aproxima da linha vermelha com o risco de comprometimento ambiental e econômico



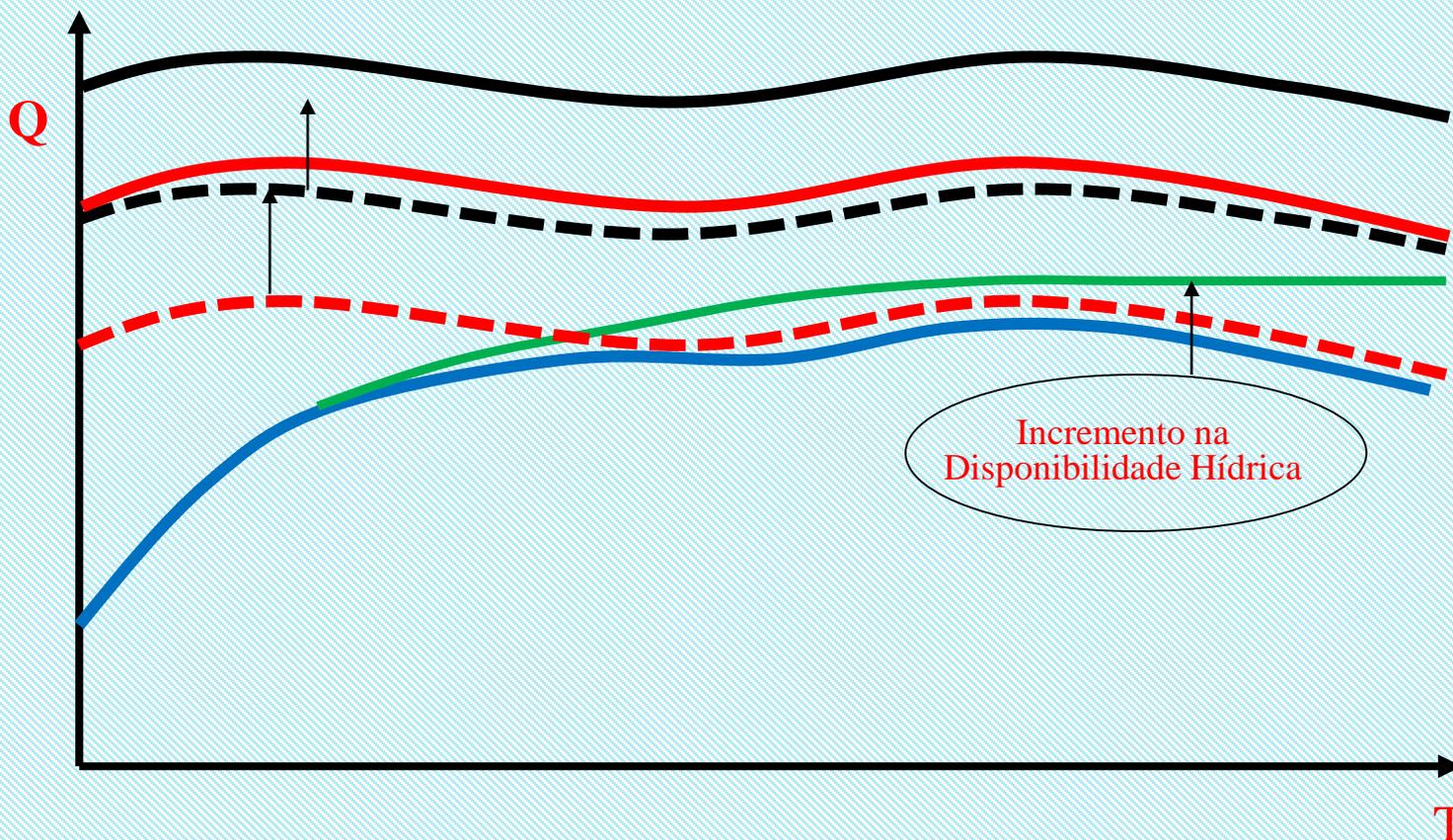


Com o desenvolvimento econômico rápido, a demanda por água aumenta rápido e os ecossistemas são penalizados. Como resultado, a gestão ambiental e de Recursos Hídricos fica mais complexa.





A Gestão Integrada de Água (Superficial e Subterrânea) e do Uso e Ocupação do Solo, Muda o Sistema





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	Coefficiente 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



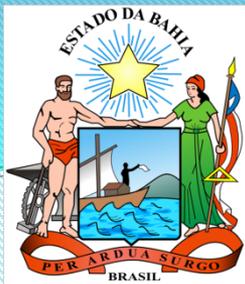
Resultados Esperados do PGI - 1

- **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***



Consequências do PGI na Gestão

- *Renovação do conceito de outorga, para um processo mais eficiente, do ponto de vista econômico, social e ambiental*
- *Alteração do conceito da cobrança, com o usuário podendo abater do uso sua contribuição para a recarga*
- *O usuário recebedor seria recompensado pelo incremento de água*



Ações em Desenvolvimento Para o PGI

- ***Desenvolvimento de novas macros para que as planilhas possam incluir a recarga proveniente de cada usuário (eventos com até 10 anos de recorrência)***
- ***Incluir contabilidade do volume utilizado e do impacto nos rios na cobrança***
- ***Cálculos da contribuição e da retribuição para o usuário receptor***

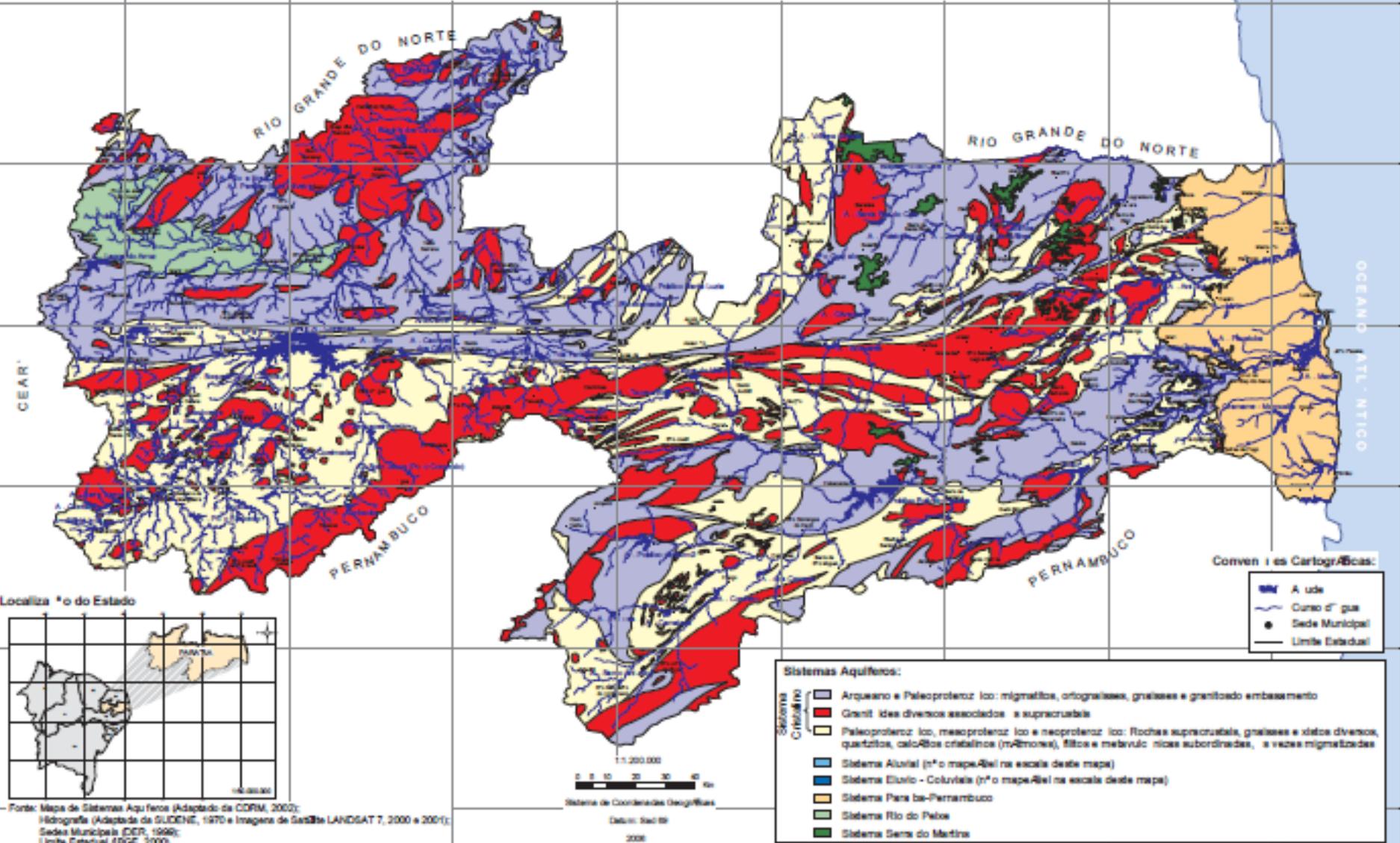


Problema/Justificativa I

- Quando uma região é abastecida por águas superficiais e subterrâneas, alguns problemas específicos podem surgir, associados à redução de vazão dos rios devido ao bombeamento de águas subterrâneas.
- A avaliação desta interação, em muitas situações, é fundamental para a gestão de recursos hídricos e a mesma pode ser quantificada pelos modelos analíticos.



Governo do Estado da Bahia
 Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente - SECTMA
 Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Bahia - AESA
 Sistemas Aquíferos do Estado da Bahia



Convenções Cartográficas:

- A rede
- Curso d'água
- Sede Municipal
- Limite Estadual

- Sistemas Aquíferos:**
- Sistema Cristalino**
- Arqueano e Paleoproterozóico: migmatitos, ortogneisses, gnaiesses e granitóides embasamento
 - Granitoides diversos associados à supracrustais
 - Paleoproterozóico, mesoproterozóico e neoproterozóico: Rochas supracrustais, gnaiesses e xistos diversos, quartzitos, calcários cristalinos (mármoreas), filitos e melavulcânicos subordinados, às vezes migmatizadas
- Sistema Aluvial** (nº 0 mapeável na escala deste mapa)
- Sistema Eluvio - Coluvial** (nº 0 mapeável na escala deste mapa)
- Sistema Paraíba-Pernambuco
 - Sistema Rio do Peixe
 - Sistema Serra do Mariz

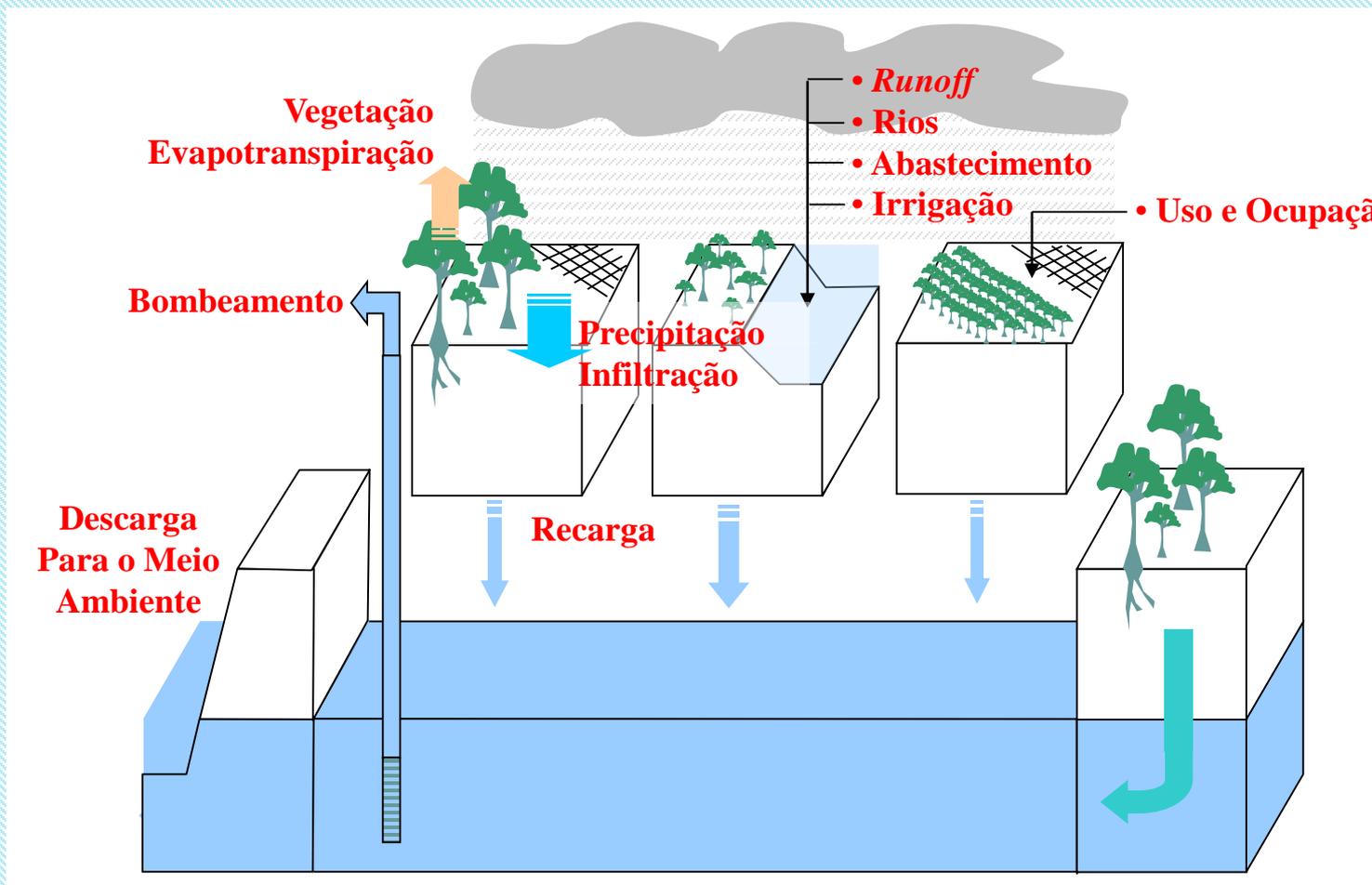


Fonte: Mapa de Sistemas Aquíferos (Adaptado da CPRM, 2002);
 Hidrografia (Adaptada de GUICHÉ, 1970 e Imagens de Satélite LANDSAT 7, 2000 e 2001);
 Sedes Municipais (IBGE, 1998);
 Limite Estadual (IBGE, 2000).

Figura 2 – Sistemas Aquíferos do Estado da Bahia



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





Diferenças entre águas superficiais e subterrâneas

Características	Água subterrânea & aquíferos	Água superficial & Reservatórios
Características Hidrológicas		
Armazenamento	Muito Grande	Pequeno a moderado
Area de influência	Local a regional	Restritos aos corpos d'água
Velocidade de fluxo	Muito baixo	Baixo a muito alto
Tempo de Residência	Décadas a milênios	Semanas a meses
Propensão a secas	Baixo	Alto
Perdas por evaporação	Baixo e localizado	Alto para os reservatórios
Persistência da poluição	Em geral extrema	Comumente transitória



Diferenças entre águas superficiais e subterrâneas

Características	Água subterrânea & aquíferos	Água superficial & Reservatórios
Características Hidrológicas		
Avaliação do manancial	Relativamente caro e com incertezas	Baixo custo e com menos incertezas
Impacto das retiradas	Retardado e disperso	Imediato
Qualidade natural	Geralmente excelente	Variável, raramente excelente
poluição vulnerabilidade	Varia com a proteção natural	Muito desprotegida



Chave para mudanças na gestão da água subterrânea

- Considerar os sistemas aquíferos, suas especificidades e susceptibilidades aos impactos negativos de bombeamentos intensos
- Interação entre água subterrânea e superficial e os efeitos das retiradas nos rios e nas áreas alagadas, além dos efeitos da redução da recarga pelo uso do solo.



Um Pouco de Cuidado

- O investimento em água subterrânea é em grande parte um investimento individual, em perfuração, instalação da bomba, energia, rede de distribuição e sistemas de produção.
- Enquanto a água subterrânea requer gestão, especialmente se está sob ameaça ou quando existe conflito, é vital que os gestores sejam cuidadosos, para não minarem os investimentos privados em água subterrânea.



Um Recurso Renovável

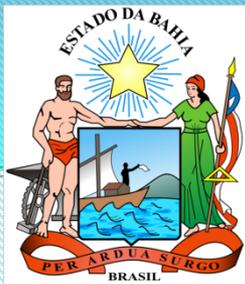
- Água subterrânea é capaz de produzir grandes benefícios para um vasto número de usuários;

Logo:

- Focar apenas no uso excessivo, na deterioração da qualidade, representa a impossibilidade de uso de um recurso natural e um empobrecimento da sociedade;

Portanto:

- Devemos gerenciar de uma forma sustentável para a sociedade.



Dificuldades e incertezas

- água subterrânea não pode ser observada diretamente;
- Ocorre em grandes e complexos sistemas aquíferos;
- Características dos aquíferos tem grande variabilidade espacial.





Questões críticas da caracterização da água subterrânea

- Quantificação da recarga
- Área de recarga x Uso do solo (proteção)
- Interações (quantidade/qualidade) com a água superficial
- Avaliação dos usos atuais e futuros
- Impactos do bombeamento

■ **Elementos Críticos:**
Aproveitamento seguro e super exploração (custo dos impactos negativos)

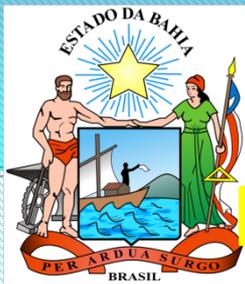




O estilo de gestão também é importante

Hah, hah,
hah...
Que grande
caminho
para infiltrar
uma nova
burocracia e
taxação...





Mapeamento Hidrogeológico e Recarga

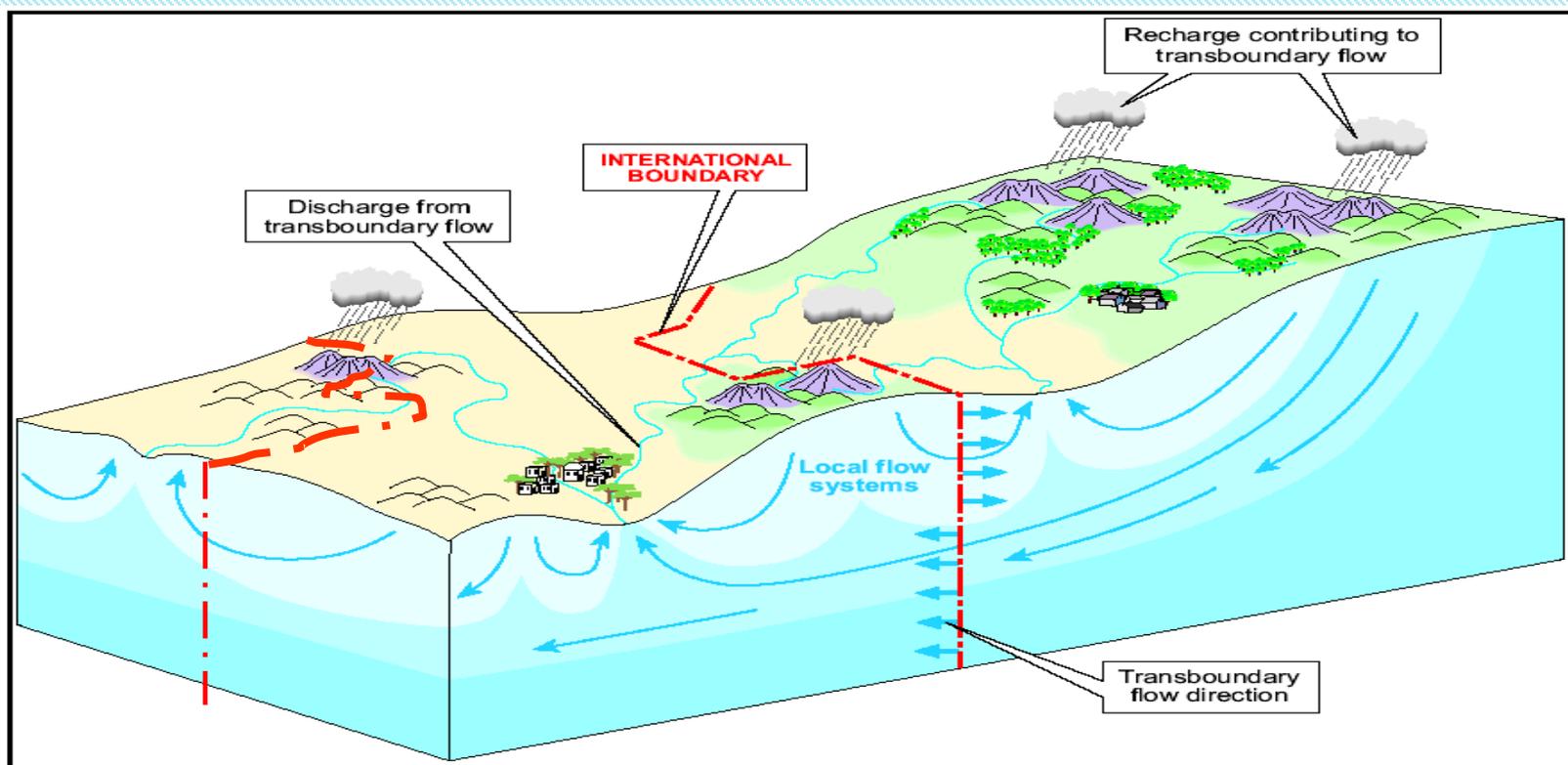
- A recarga assegura a renovação da água subterrânea!
- **Estimar a taxa de recarga** é crítico para a gestão
- **Mapeamento das áreas de recarga** é essencial para o planejamento do uso do solo
- Também é essencial determinar e mapear as descargas

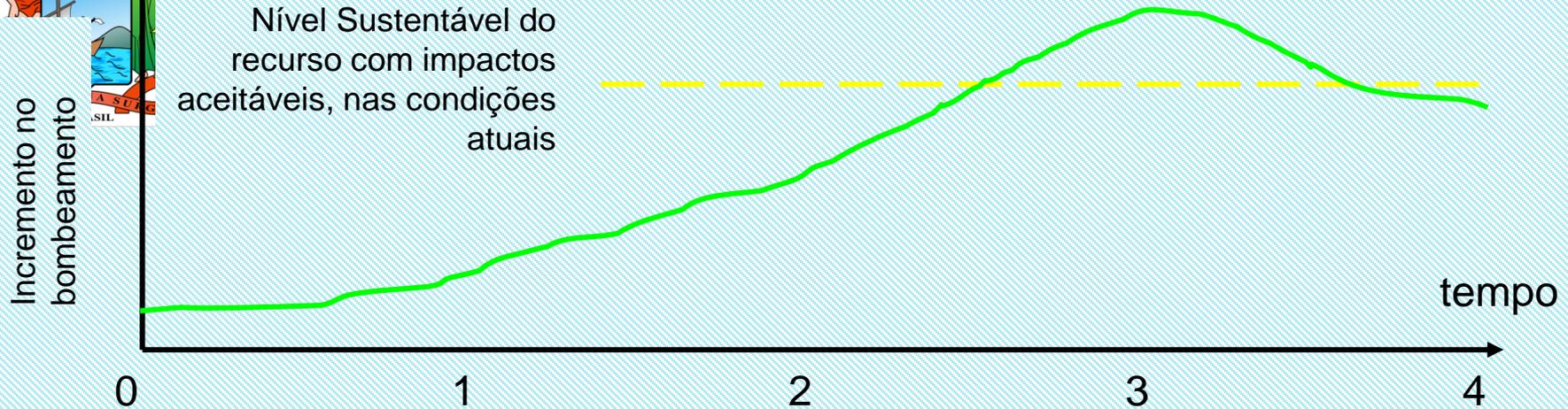




Mapear os Limites dos aquíferos

Os aquíferos consistem de estruturas geológicas hidraulicamente conectadas. Seus limites em subsuperfície, são definidos por estruturas geológicas físicas ou barreiras hidráulicas.





Linha de Base

Disponibilidade e acessibilidade de água subterrânea excede a pouca demanda

Outorga dos poços requeridos, junto com mapas geológicos e hidrogeológicos

Stress incipiente

Cresce o bombeamento, mas apenas com conflitos locais entre usuários vizinhos

Ferramentas simples (ex. Distância apropriada entre poços)

Stress significativo

Bombeamento cresce rapidamente, com impactos no regime natural e forte dependência dos investidores no recurso

Ação regulatória é essencial, baseada em visão estratégica

Insustentabilidade

Retiradas excessivas, com danos irreversíveis e conflitos entre metas estratégicas

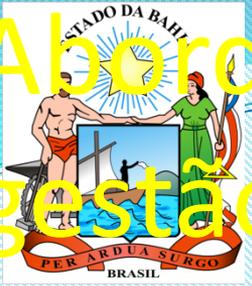
Ação regulatória com restrição de demandas e/ou recarga induzida é urgente

Condição de estabilidade

Elevada retirada, mas com equilíbrio entre interesses estratégicos e meio-ambiente

Gestão integrada com alto nível de regulação, monitoramento e avaliações periódicas

Abordagens da água subterrânea



gestão

Recarga Artificial
(perdas da irrigação,
rede de água e
esgoto)

Recarga Natural
(chuvas, águas
superficiais)

Recarga Indireta
(aquitardes,
outras formações)

Armazenamento do aquífero
(água subterrânea)

Desenvolvimento sustentável

**Benefícios
econômicos**

**Benefícios
ambientais**

Benefícios sociais



Áreas onde a visão integrada apoia a gestão de água subterrânea

- ▣ Minimizar a tradicional **separação institucional** da água superficial e subterrânea que resulta fundamentalmente em **barreiras de comunicação**.
- ▣ Reconhecer que a sustentabilidade deve permitir incrementos na **demand**a de água para atividades econômicas e desenvolvimento humano.



Áreas onde a visão integrada apoia a gestão de água subterrânea

SEMA/SPA/DEAMA

- Reduzir riscos nas decisões de gestão – *como responder a retiradas excessivas e/ou severa poluição do aquífero*
- Falta de capacidade institucional, fundos limitados, pouco pessoal, falta de capacitação ou simplesmente, barreiras políticas para a gestão



Conclusões

- Água subterrânea representa parte considerável da água doce disponível
- Aspectos hidrogeológicos e sócio-econômicos são essenciais para sua gestão
- A gestão deve assumir a **conecção** entre as águas superficiais e subterrâneas, a menos que se prove o contrário.



Conclusões

- Onde fisicamente conectadas, a água superficial e a subterrânea devem ser gerenciadas como uma única entidade.
- Envolver a maior parte dos interessados na gestão, principalmente as autoridades, os políticos e os usuários, para que se estabeleçam metas o mais consensuais possíveis.
- A gestão demanda um bom conhecimento do aquífero.



Obrigado a
Todos!