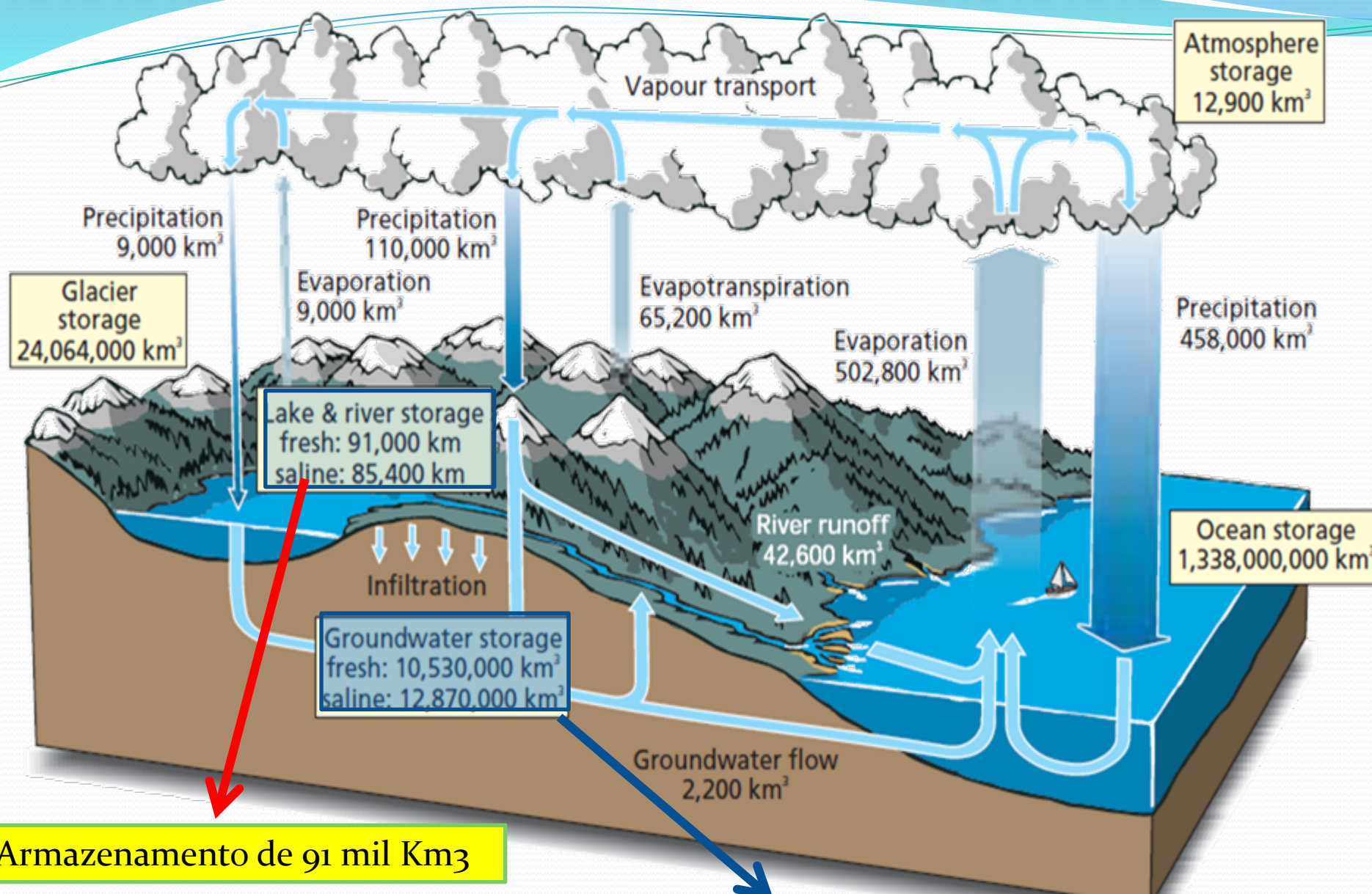




## Gestão integrada das Águas Subterrâneas e Águas Superficiais e os Planos de Bacias

Geólogo Emílio Prandi



Armazenamento de 91 mil Km<sup>3</sup>

Armazenamento de 10 milhões e quinhentos mil Km<sup>3</sup>

# As águas subterrâneas na política nacional de recursos hídricos (Ana, 2022)

- As águas no ciclo HIDROSSOCIAL, além do ciclo biofísico.

- encanamentos,
- transposições,
- vazamentos,
- direitos jurídicos,
- rede de transporte;

- **Mercados e consumidores**

# Para definirmos a disponibilidade hídrica é preciso perguntar:

- Quem e como se utilizam as águas?
- Quem tem acesso ou controle sobre a água?
- Como as perguntas acima influenciam as relações de poder?
- Como a sociedade se comporta frente a excesso ou escassez de água?
- Como o fluxo de dinheiro interfere no fluxo das águas?
- Como a sociedade interfere no fluxo?
- Quem se beneficia com a infraestrutura hídrica?



# Bacia hidrográfica e os múltiplos usos da água





# Bacia hidrográfica e os múltiplos usos da água





# Bacia hidrográfica e os múltiplos usos da água



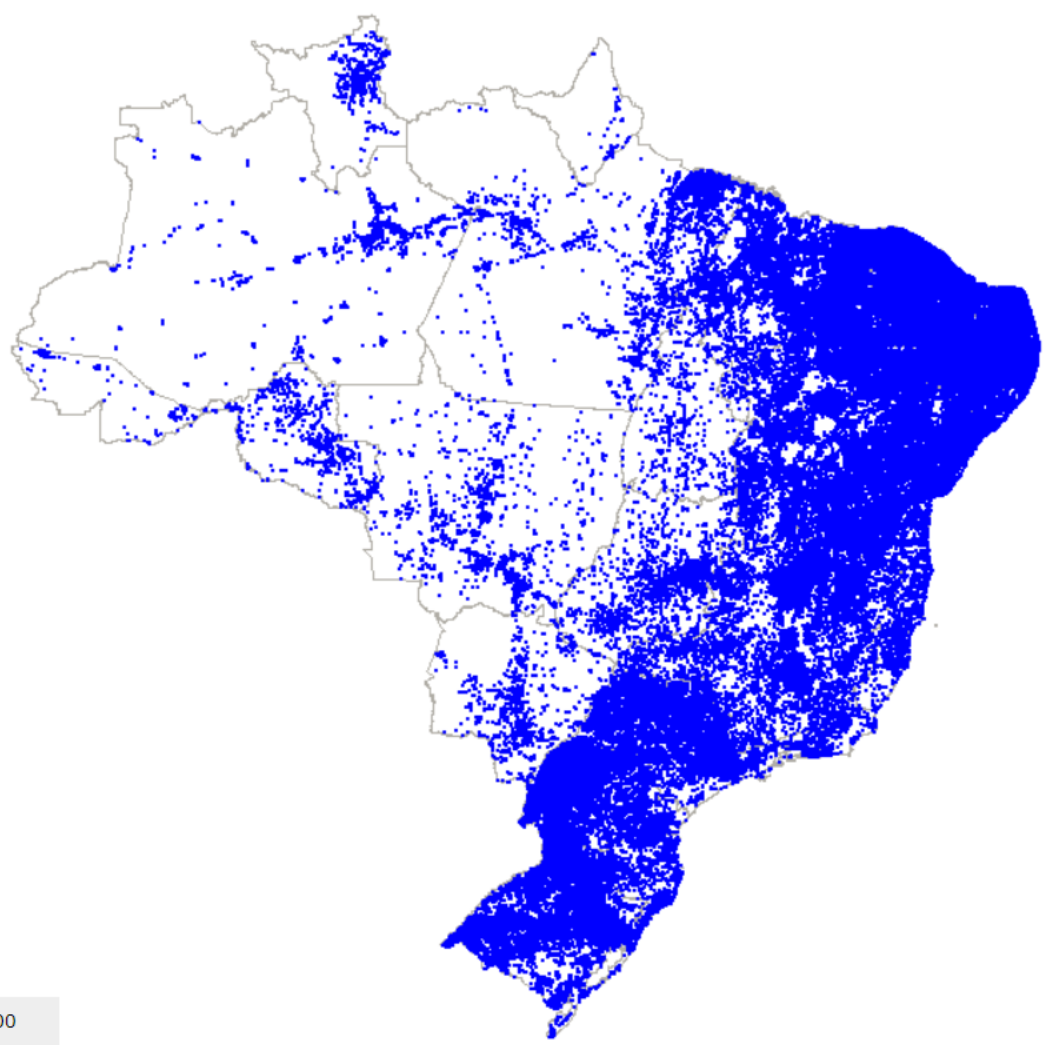


- Home
- Apresentação
- Visualizar Mapa
- Pesquisa
- Créditos
- Informações Complementares

Estados Bacias Hidrográficas

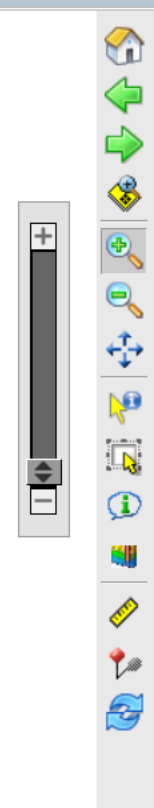


Escala 1: 26724240



X: -19.184886 Y: -32.183026

Link Print Salvar mapa Ajuda



- ☒ **Gerais**
  - ☒ Poços
  - ☐ Poços Rimas
  - ☐ Rios
  - ☐ Rodovias
  - ☐ Estados
  - ☐ Municípios
- ☒ **Diversas**
  - ☐ Geodiversidade
  - ☐ Domínios Hidrogeológicos
  - ☐ Mapa Hidrogeológico 1:1.000.000
- ☒ **Infra Estrutura**
  - ☐ Aldeias
  - ☐ Áreas Edificadas
  - ☐ Capitais
  - ☐ Cidades
  - ☐ Outras Localidades







[Link](#) [Print](#) [Salvar mapa](#) [? Ajuda](#)

- 

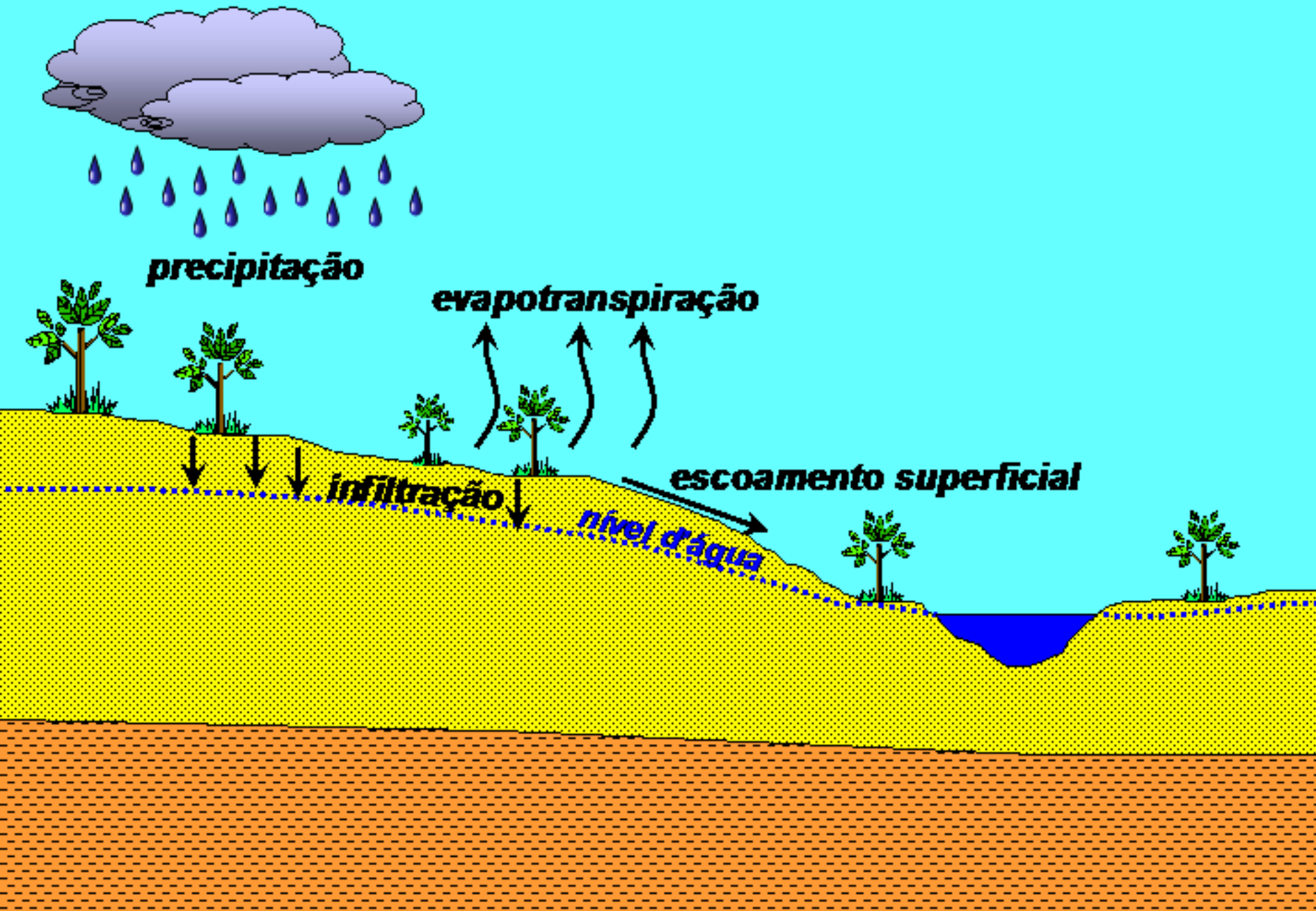
X: -48.921428    Y: -21.850008

# 1. Águas Subterrâneas

- Ocorre abaixo da superfície da Terra.
- Preenche poros ou vazios das rochas sedimentares ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas,
- Submetidas a duas forças (de adesão e de gravidade)
- Manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e pântanos.

# Fluxo das Águas Subterrâneas

unesp  
Braga, A.C.O.



- Quando a água se infiltra no solo, ela avança verticalmente por gravidade, através de poros (vazios) existentes entre os grãos, até chegar ao reservatório subterrâneo.



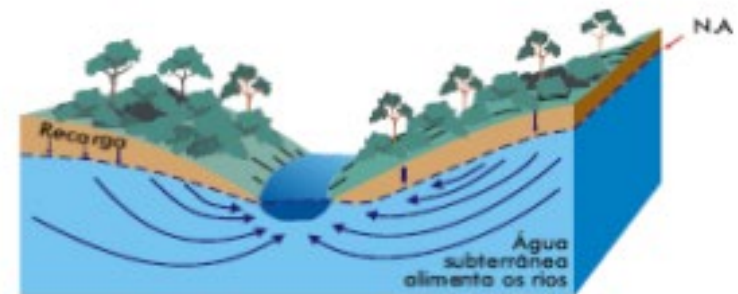
# IMPORTÂNCIA NA NATUREZA



Foto cedida por Claudia Varnier

O fluxo de base de muitos rios brasileiros são mantidos pelo **fluxo subterrâneo**

As águas subterrâneas exercem importante **papel ecológico**, uma vez que mantêm os corpos d'água superficiais e vidas a eles associadas



Fonte: Karmann (2000)



# Glossário

**Águas de Domínio Estadual** - São águas estaduais os rios, riachos, lagos e lagoas pertencentes às bacias dos rios e afluentes dos rios federais, além das águas acumuladas nos aquíferos em todo território nacional **“ÁGUAS SUBTERRÂNEAS”**.

**Águas de Domínio Federal** - São águas de domínio da União para os rios (portanto, águas superficiais) quando atravessam mais de um Estado e/ou são fronteiras com outros Estados ou países, ou águas acumuladas decorrentes de obras da União, tais como: os rios, além das águas acumuladas nos açudes construídos pelos DNOCS (Departamento de Obras Contra as Secas).

# Glossário

**Poço** - Obra de perfuração efetuada com o objetivo de extrair água subterrânea.

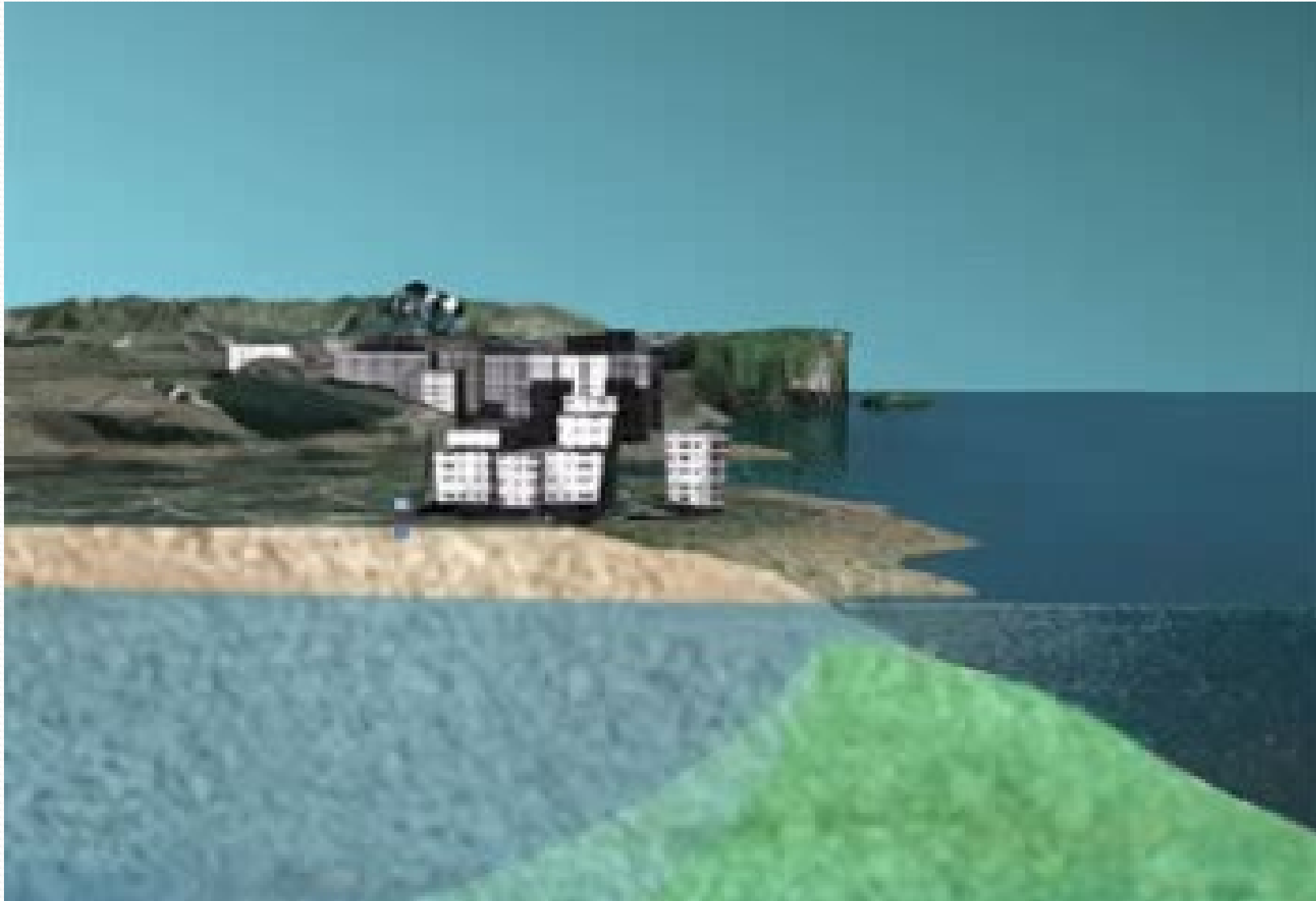
Se efetuada em profundidade denomina-se **POÇO TUBULAR PROFUNDO**.



Água, roldana, balde, poço



# Glossário



**Rebaixamento** - É a descida da superfície potenciométrica do aquífero abaixo do nível inicial.

**Recarga** - Introdução artificial de águas num aquífero, pós tratamento adequado.

NIVEL ESTÁTICO  
NÍVEL DINÂMICO

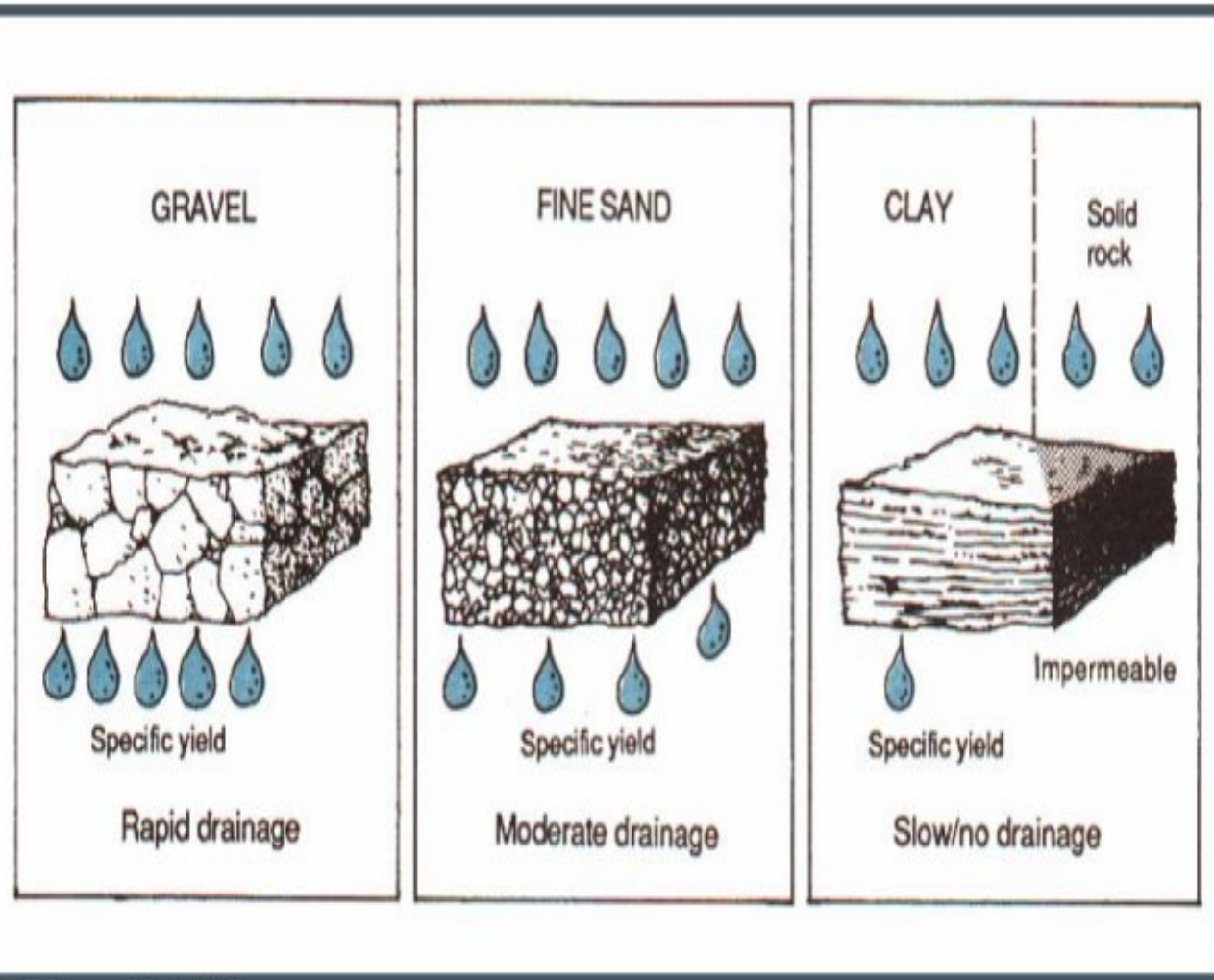






parte das águas que atinge o solo se infiltra no subsolo, dependendo de :

- porosidade do subsolo: argila diminui a permeabilidade ;
- cobertura vegetal: solo coberto por vegetação é mais permeável que solo desmatado;
- inclinação do terreno: declividades acentuadas diminuem a infiltração;
- tipo de chuva: chuvas intensas saturam rapidamente o solo, ao passo que chuvas finas e demoradas têm mais tempo para se infiltrarem.



Fonte: Raymond Jr. (1988)

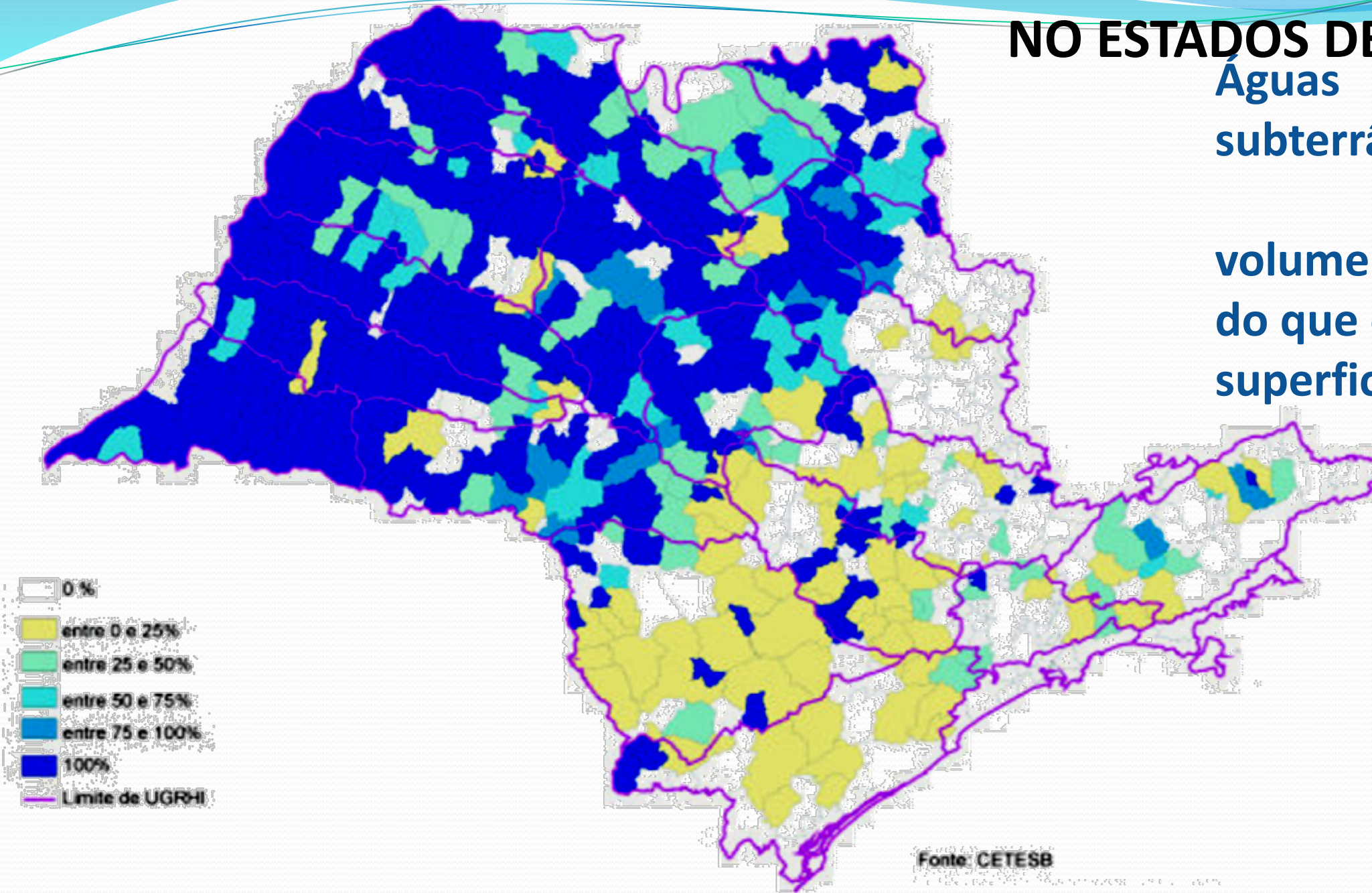


**Velocidades  
muito baixas**

# ÁGUAS SUBTERRÂNEAS COMO FONTE DE ABASTECIMENTO PÚBLICO NO ESTADOS DE SÃO PAULO

Águas  
subterrâneas:

volume 100 x maior  
do que o das águas  
superficiais





## QUAIS PERGUNTAS O PARA A GESTÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS O USUÁRIO DEVE RESPONDER?

1. Em que tipo de rocha a água subterrânea está armazenada? Rocha mole (rocha sedimentar) ou rocha cristalina dura (magmática ou metamórfica)?
2. Qual o tipo de aquífero? (livre, confinado)
3. Qual a profundidade do aquífero?
4. Qual a vazão a ser alcançada pelo poço?
5. Qual o diâmetro do poço?
6. Quais equipamentos usar na construção do poço e na captação de água (máquinas de perfuração e bombas submersas)?



## QUAIS PERGUNTAS O PARA A GESTÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS O USUÁRIO DEVE RESPONDER?

7. Até onde revestir para proteção sanitária?
8. Qual fluído de perfuração usar?
9. Que tipo de revestimento usar?
10. Onde instalar os filtros?
11. Qual a zona de influência do poço?
12. Onde se localiza a zona de recarga?
13. Qual o risco deste poço ter suas águas contaminadas?

1. Em que tipo de rocha a água subterrânea está armazenada? Rocha mole (rocha sedimentar) ou rocha cristalina dura (magmática ou metamórfica)?

Como evoluiu o arcabouço  
geológico na Bacia Sedimentar do  
Paraná  
Pós Cambriano?

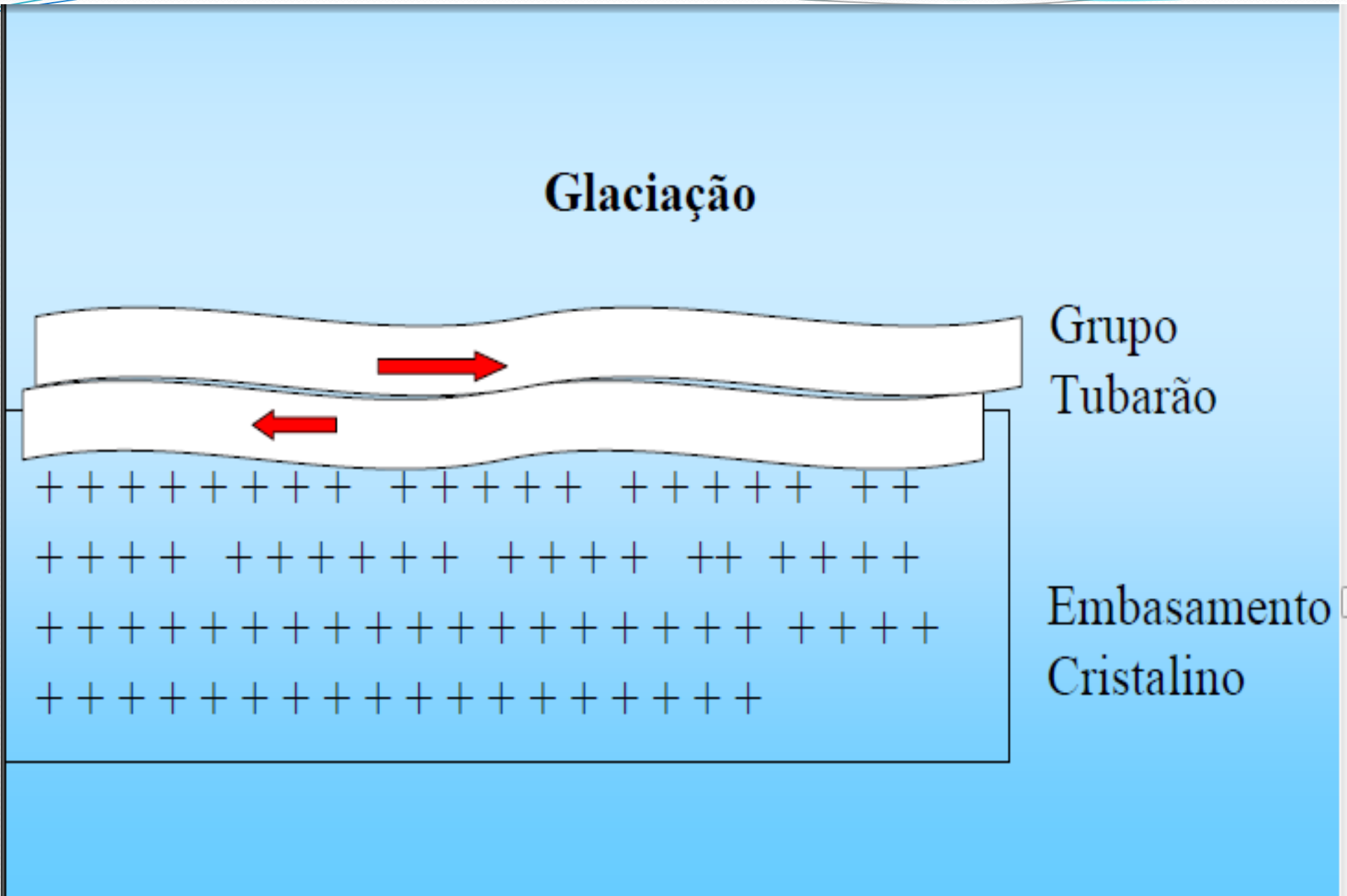




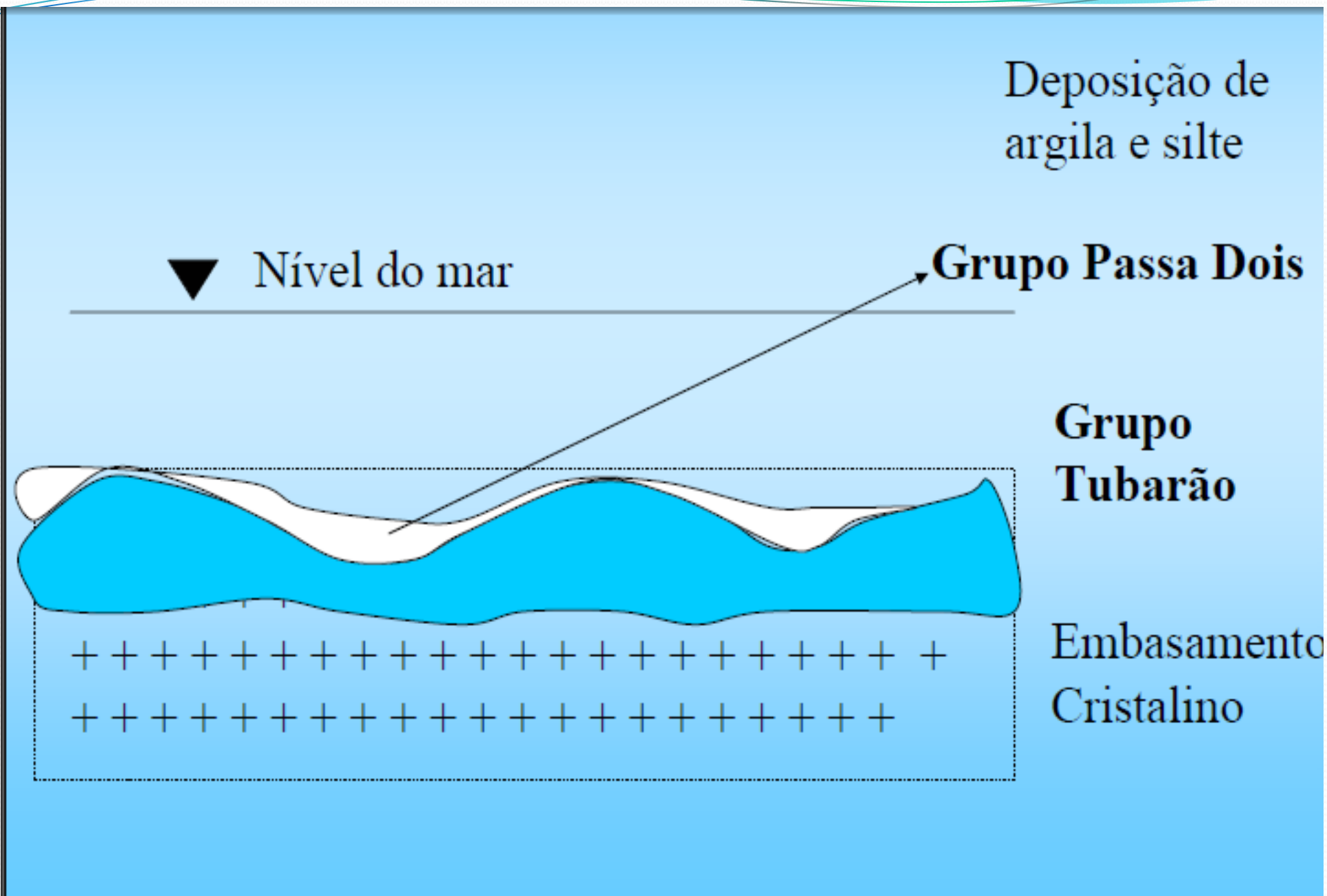


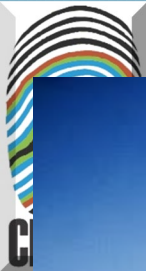


# Gênese das Formações Geológicas (fonte Casarini, D. C. P.)



## Gênese das Formações Geológicas (fonte Casarini, D. C. P.)





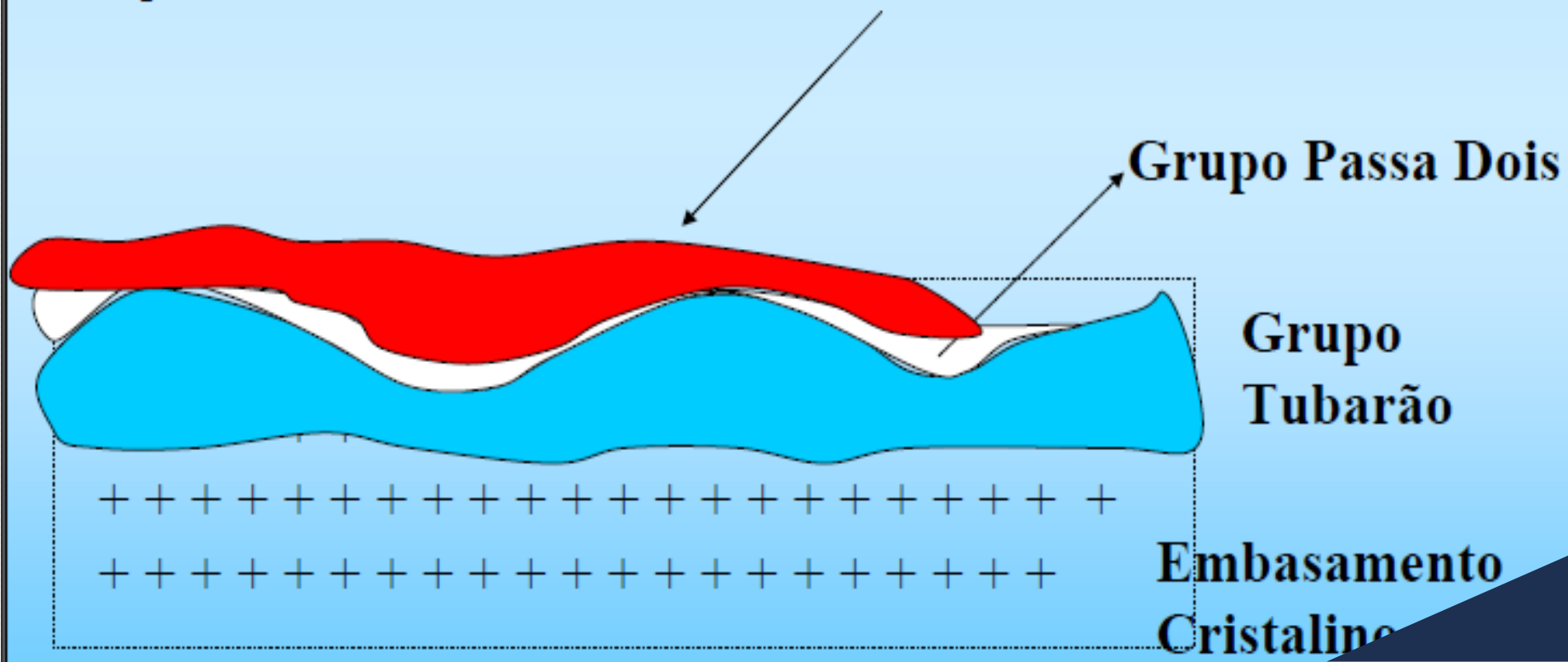


Início da Separação dos Continentes:

Soergimento do continente em relação ao nível do mar

Erosão fluvial (Piramboia) e Erosão eólica (Botucatu)

Deposição de sedimentos arenosos **Guarani**



## MAGMATISMO:

Derrota do Basalto recobrindo a superfície (com vulcanismo) decorrente

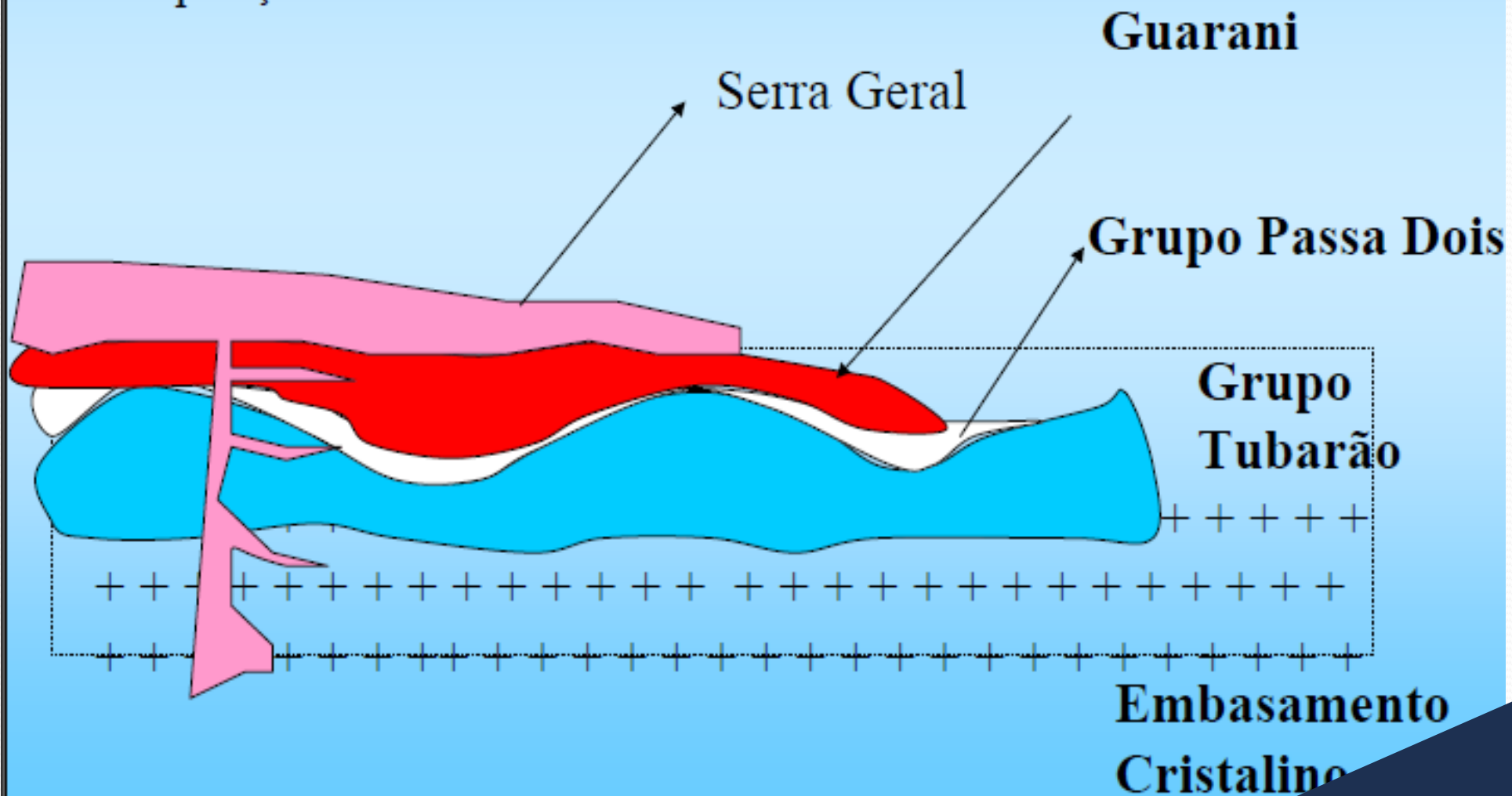


Embasamento  
Cristalino



## MAGMATISMO:

Derrame de Basalto recobrindo a superfície (sem vulcanismo) decorrente da separação dos Continentes

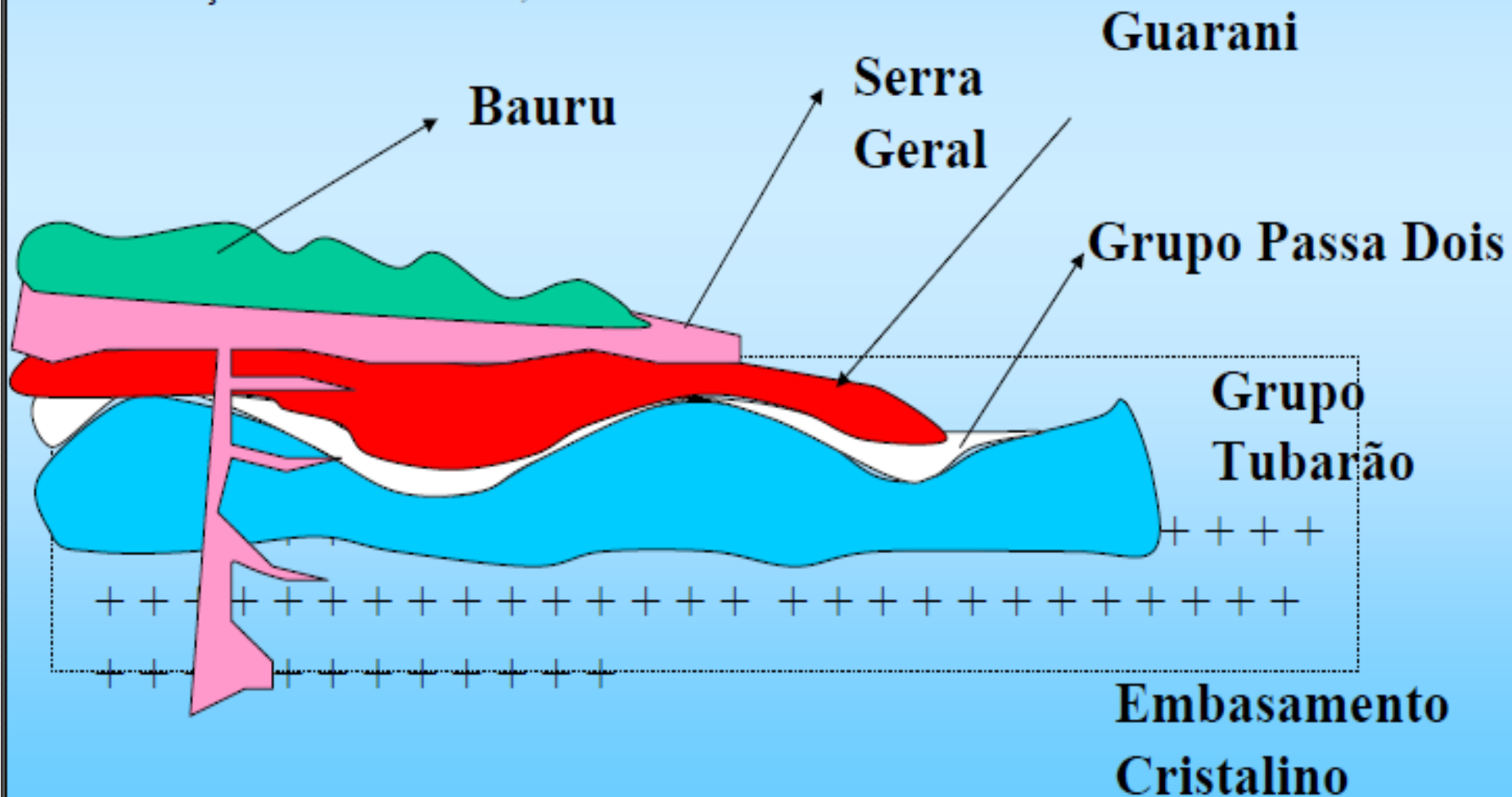






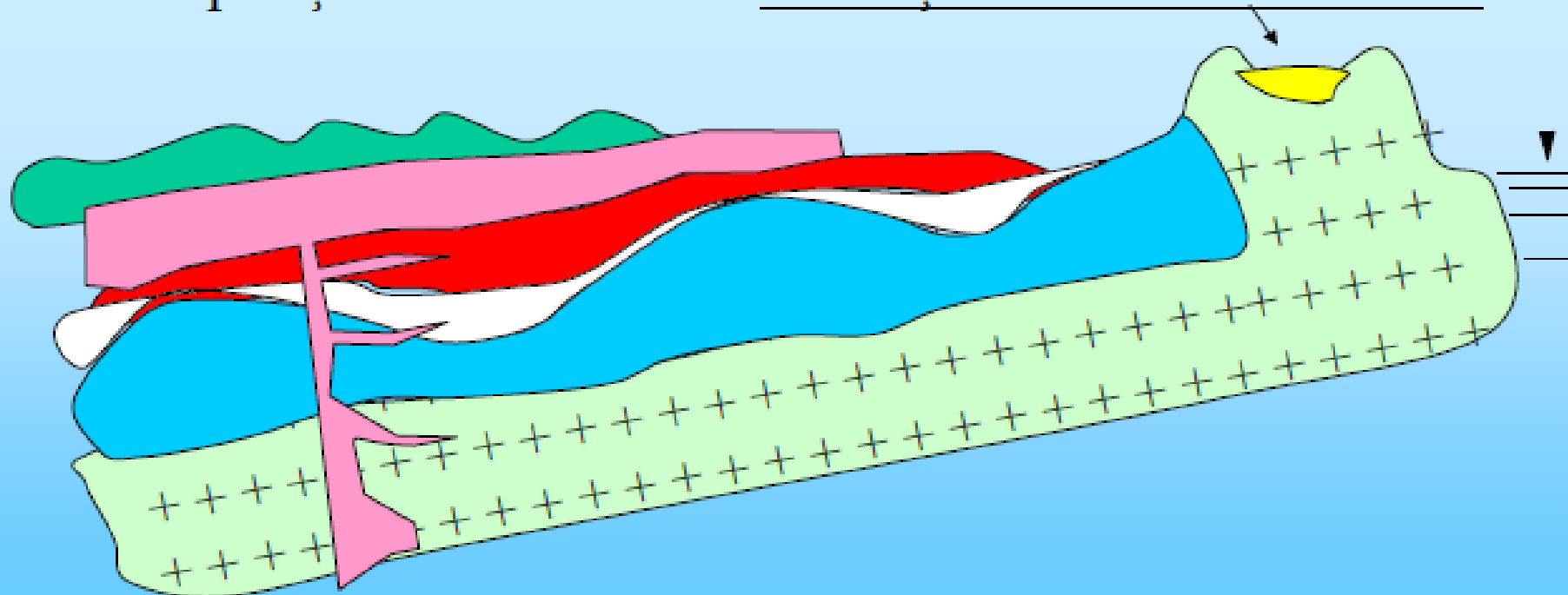
## Erosão do Basalto:

Ação fluvo-lacruste e eólica, dando origem a sedimentos arenosos das Formações Adamantina, Santo Anastácio e Caiuá



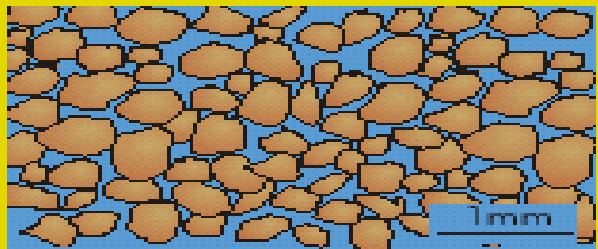
Devido a movimentos tectônicos houve :

- Soergimento das Serras da Mantiqueira e do Mar e abatimento do centro das Bacias de São Paulo e Paraíba do Sul
- Inclinação das camadas
- Deposição de sedimentos: Formação São Paulo e Taubaté

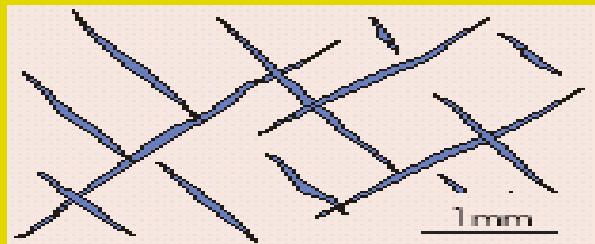




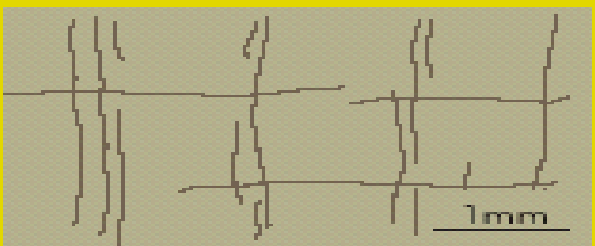
## Porosidade intergranular



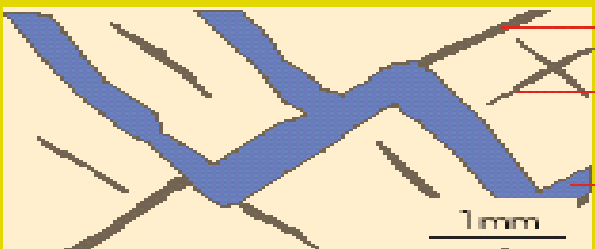
## Porosidade de fraturas: tectônicas



## de resfriamento



## Porosidade de condutos ( cárstica )



estratificação

fratura

conduto

Em que tipo de rocha a água subterrânea está armazenada? Rocha mole (rocha sedimentar) ou rocha cristalina dura (magmática ou metamórfica)?

Aquífero poroso, onde as águas fluem pelos poros das rochas





# Derrame basáltico



**1,7 km de espessura**  
**Lavas muito fluídas**  
**Derrame lento e**  
**extenso**



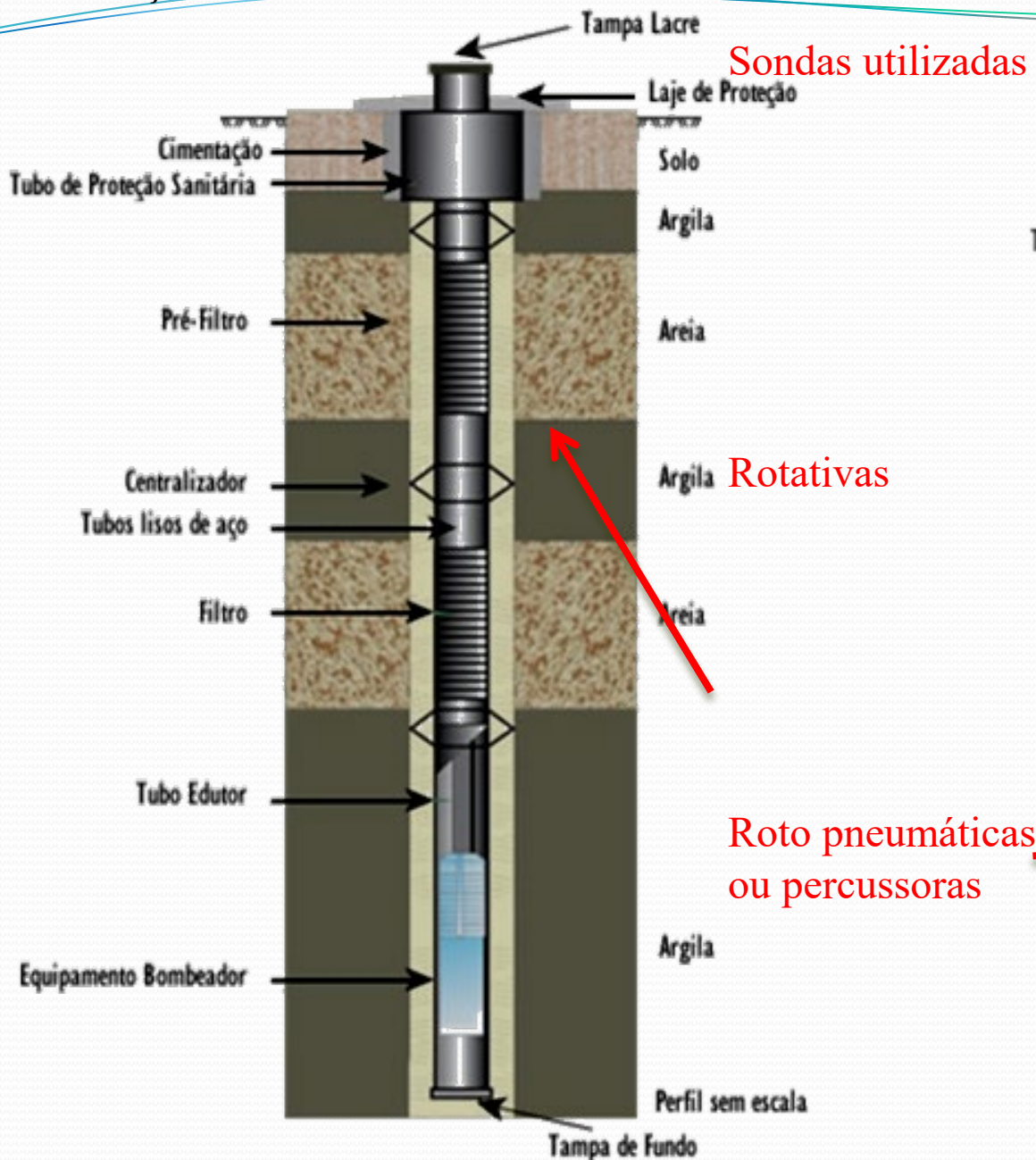


Rochas maciças que com a quebra destas rochas  
criam *“Veios de água”*

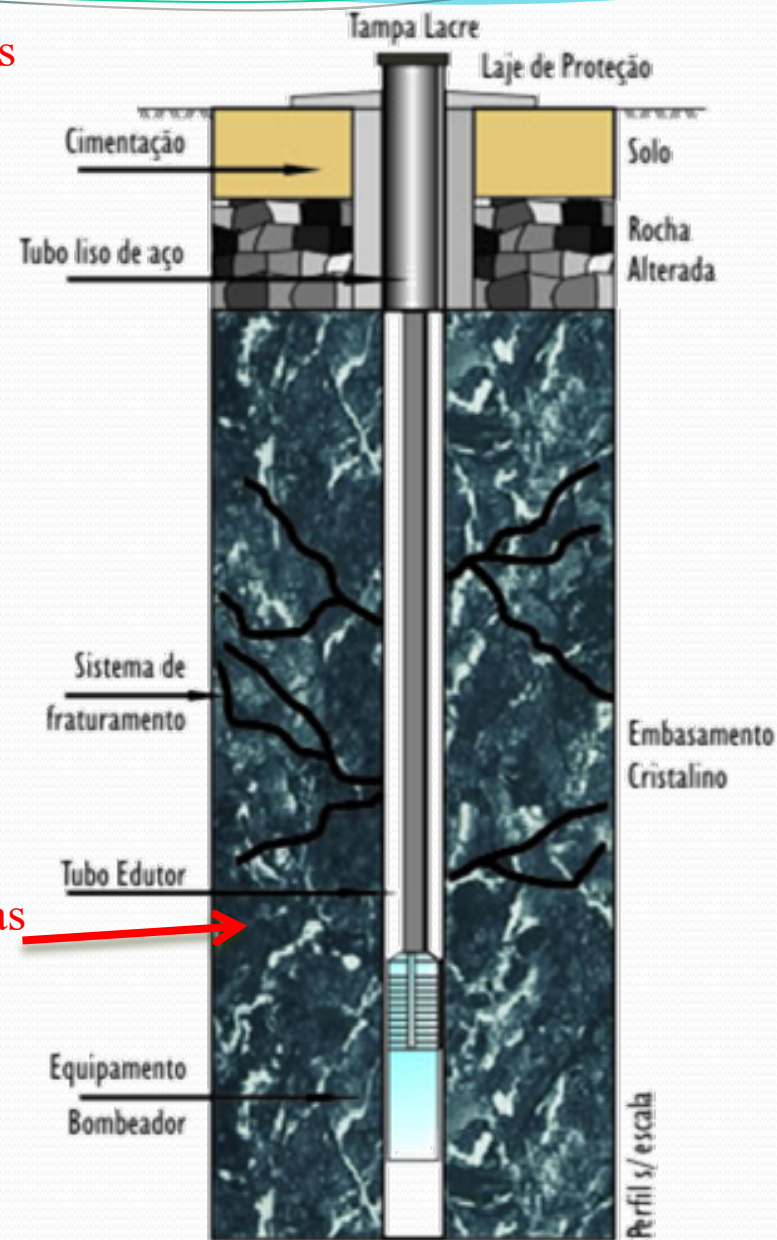




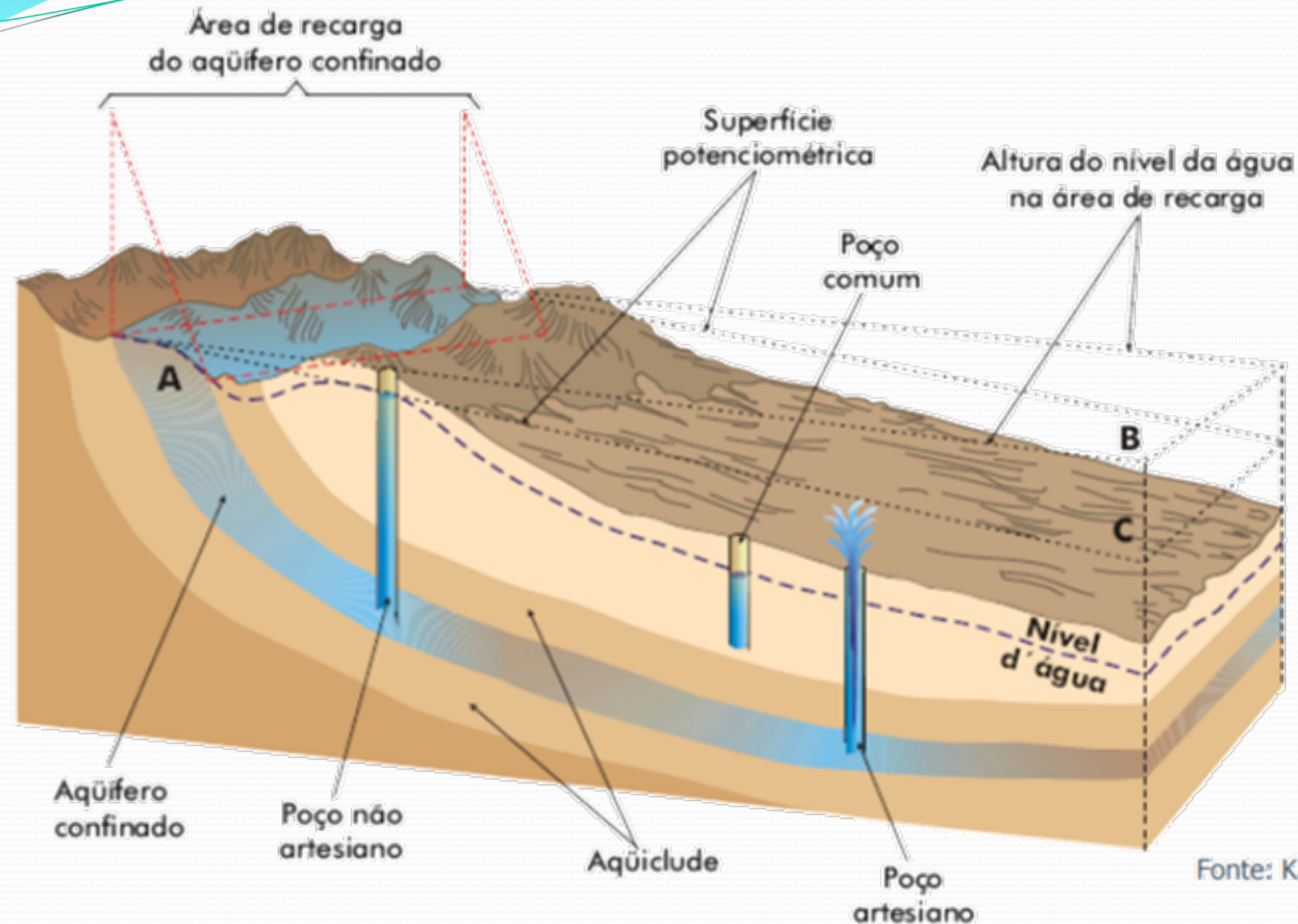
## POÇO ROCHA SEDIMENTAR



## POÇO ROCHA CRISTALINA



## 2 - QUAL O TIPO DE AQUÍFERO? (LIVRE, CONFINADO)



Existem na natureza dois tipos de aquíferos:

a) Livres (ou freáticos)

b) Confinados (ou artesianos).

- É isolado por camadas confinantes acima e abaixo
- Está submetido a uma pressão maior que a atmosférica





# Como a água anda em um aquífero?

## Lei de Darcy

**Condutividade Hidráulica  $K$**   $\Rightarrow$  capacidade de um aquífero conduzir água através do meio poroso; é expressa em m/dia, m/s, mm/h [ $K = v/(dh/dx)$ ].

- Condutividade Hidráulica é a capacidade do fluxo ter velocidade, por exemplo:
  - Na Areia a velocidade do fluxo é maior, então  $K$  é maior
  - Na argila a velocidade do fluxo é menor, então o  $K$  é menor.

## 4 - Qual a vazão a ser alcançada pelo poço?



20 m<sup>3</sup>/h

200 m<sup>3</sup>/h





# Qual o diâmetro do poço?

## Perfuração e Revestimento

Quem condiciona o diâmetro da perfuração é o diâmetro do revestimento exigido.

O Diâmetro do revestimento é condicionado pela vazão esperada e/ou necessária.

### > Diâmetro útil do poço

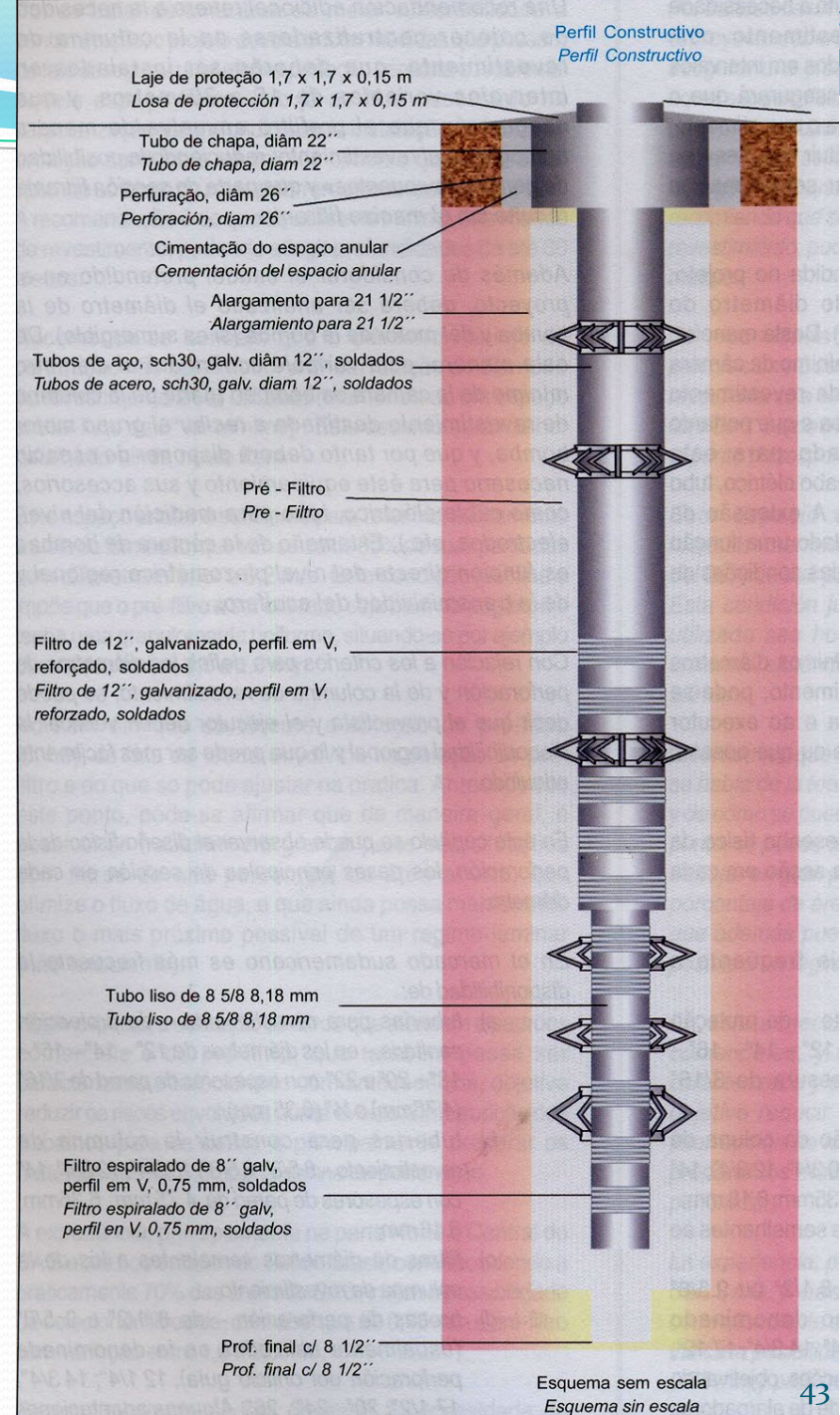
Vazão de bombeamento (L/hora)	Diâmetro (mm)
Até 36.000	150
Até 54.000	200
Até 90.000	250
Até 144.000	300

### > Revestimento do poço

#### Objetivos

- > Suportar formações desmoronantes
- > Impedir a entrada de água poluída
- > Permitir a introdução da bomba

### > Materiais dos tubos de revestimento: aço





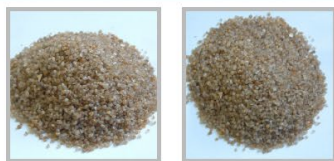


### Características

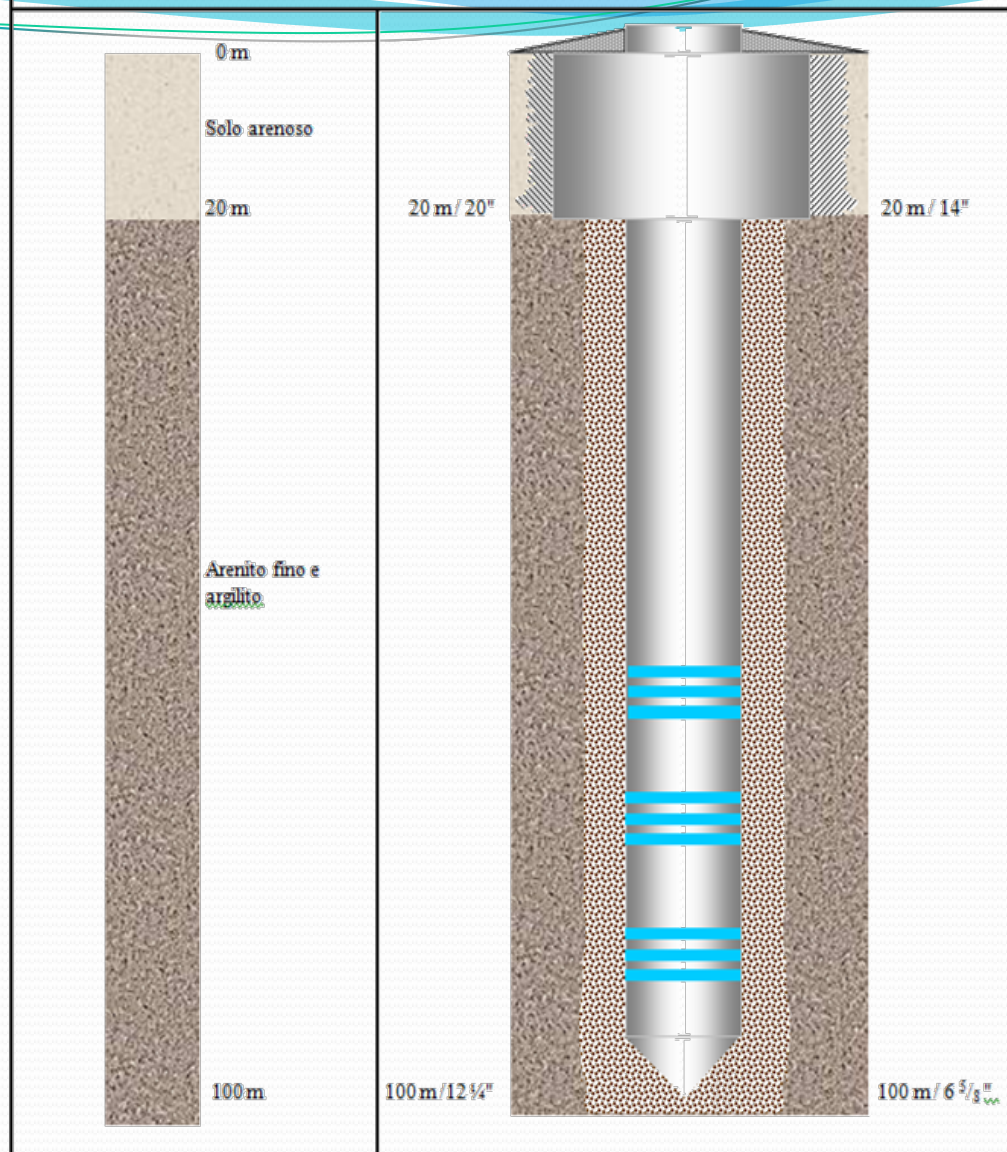
- **Material:** PRÉ-FILTRO P/POÇO ARTESIANO
- **Granulometria:** 1,00 a 2,00 mm

### Descrição

Pré Filtro para Poço Artesiano Classificado 1,00 a 2,00 mm.



### PROJETO ESQUEMATICO DE POÇO TUBULAR PROFUNDO



### Legenda

0 a 190 m - Formação Adamantina

### Projeto sem escala

#### Legenda:

..... Perfuração

//// Cimentação

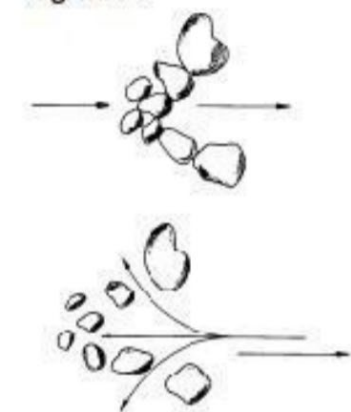
— Revestimento

Filter Espiralado

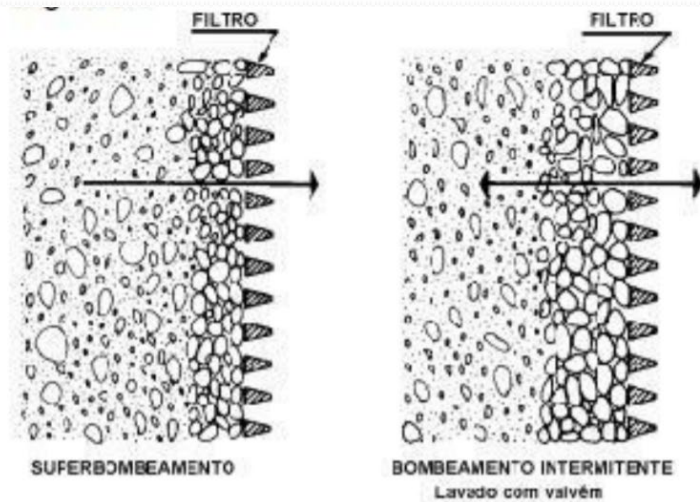
Pré - Filtro

Laje de proteção sanitária

Figura 15



Fluxo e Refluxo em  
"arcos de ponte"



Tipos de Desenvolvimento  
mostrando os Fluxos Produzidos

# QUAIS PERGUNTAS O PARA A GESTÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS O USUÁRIO DEVE RESPONDER?

1. Em que tipo de rocha a água subterrânea está armazenada? Rocha mole (rocha sedimentar) ou rocha cristalina dura (magmática ou metamórfica)?
2. Qual o tipo de aquífero? (livre, confinado)
3. Qual a profundidade do aquífero?
4. Qual a vazão a ser alcançada pelo poço?
5. Qual o diâmetro do poço?
6. Quais equipamentos usar na construção do poço e na captação de água (máquinas de perfuração e bombas submersas)?

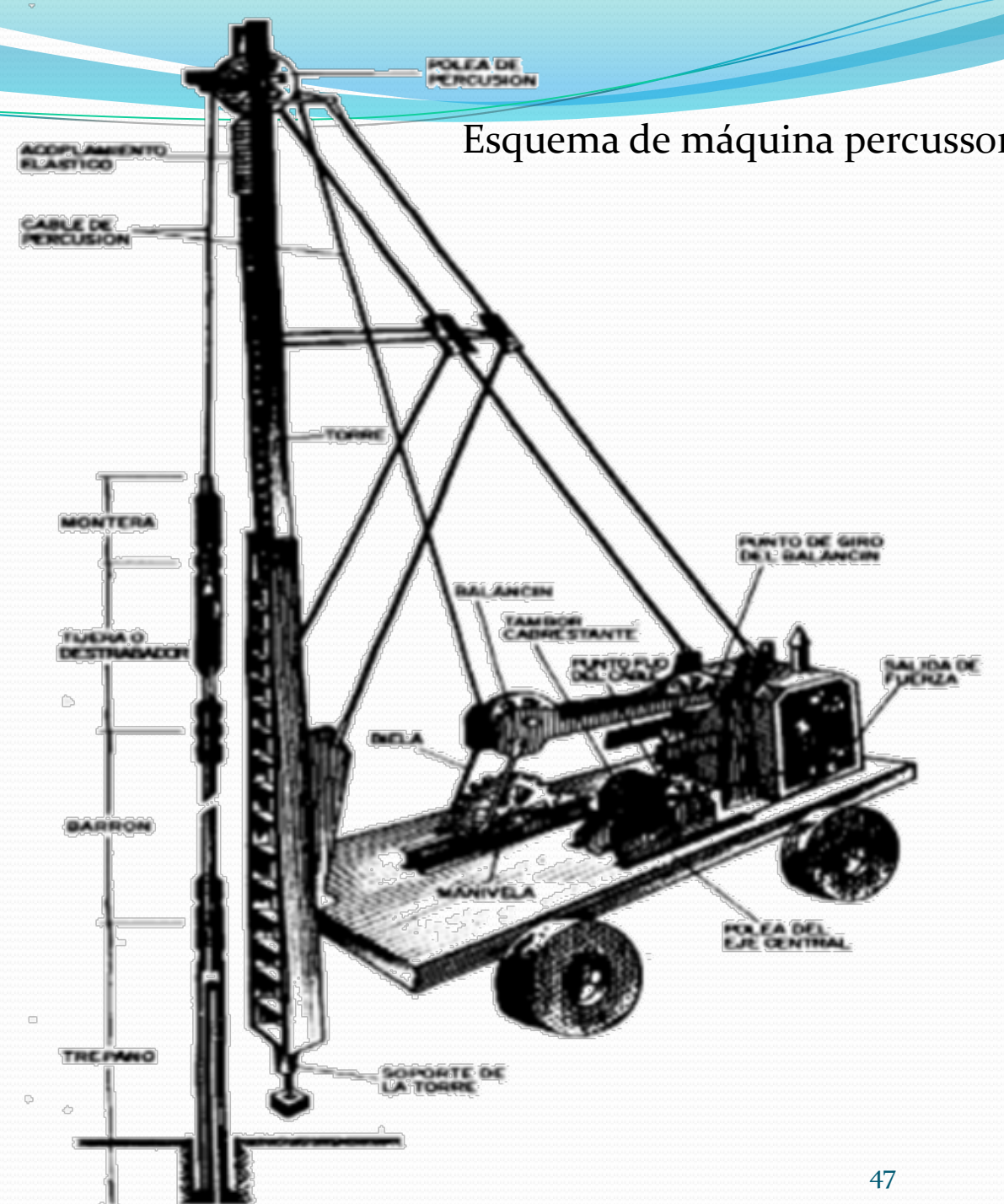
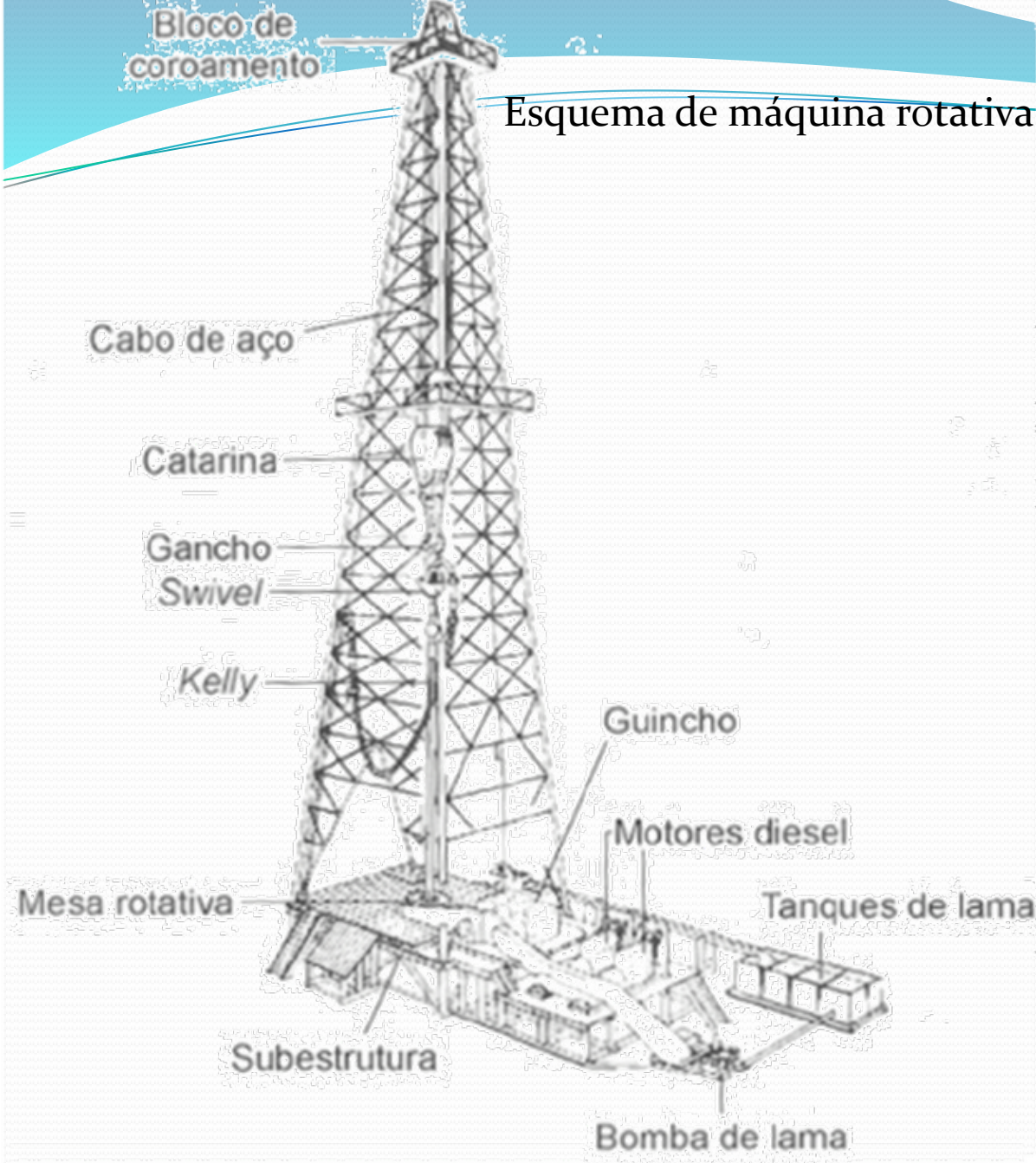


# QUAIS PERGUNTAS O PARA A GESTÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS O USUÁRIO DEVE RESPONDER?

**Quais equipamentos usar na construção do poço e na captação de água (máquinas de perfuração e bombas submersas)?**



Imagem 1 de 12





# QUAIS PERGUNTAS O PARA A GESTÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS O USUÁRIO DEVE RESPONDER?

máquina rotopneumática





# QUAIS PERGUNTAS O PARA A GESTÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS O USUÁRIO DEVE RESPONDER?

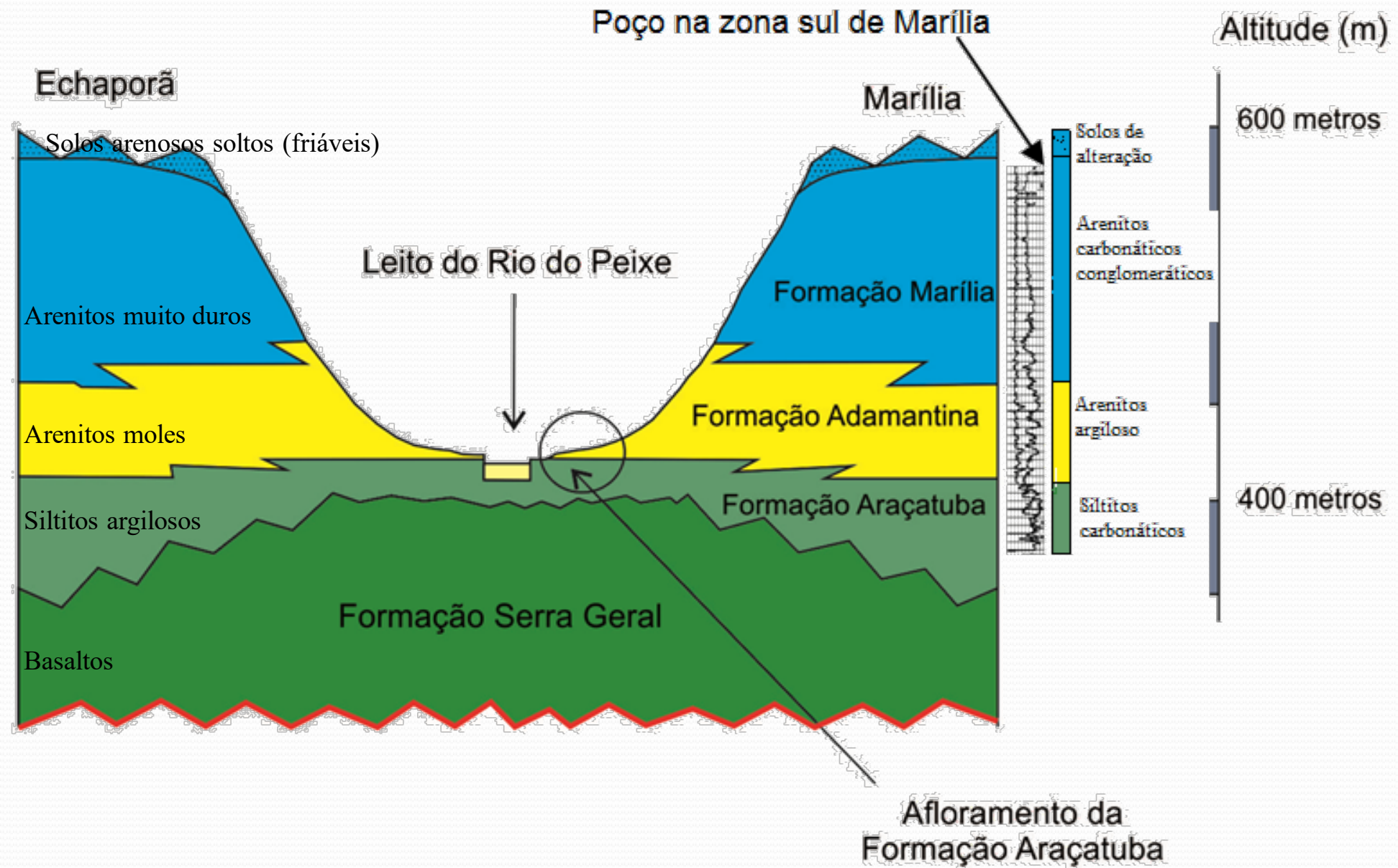
7. Até onde revestir para proteção sanitária?
8. Qual fluído de perfuração usar?
9. Que tipo de revestimento usar?
10. Onde instalar os filtros?
11. Qual a zona de influência do poço?
12. Onde se localiza a zona de recarga?
13. Qual o risco deste poço ter suas águas contaminadas?

# Que tipo de revestimento usar?



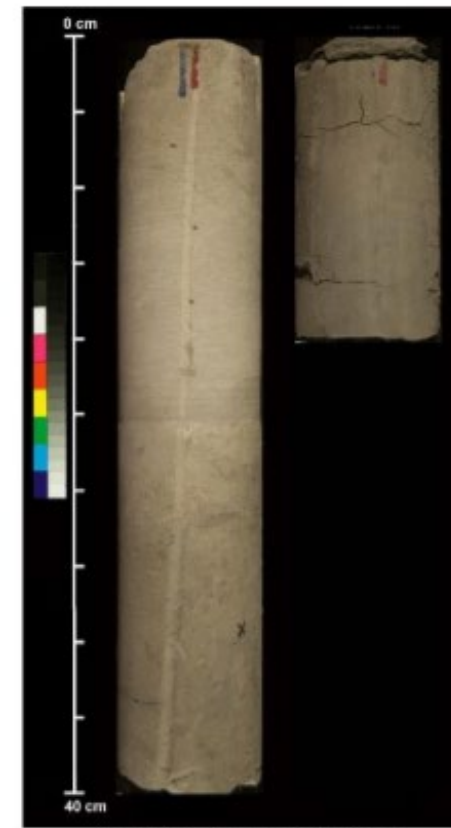


# 10 - Onde instalar os filtros?



# 10 - Onde instalar os filtros?

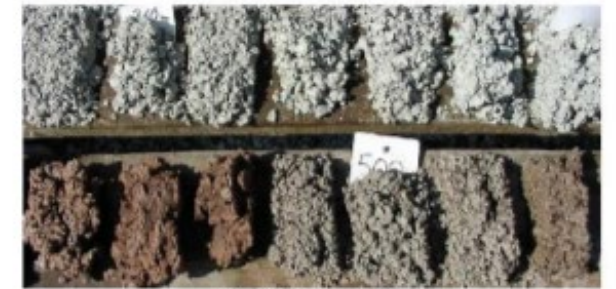
## Descrição de amostras de calha: Composição do material; Plasticidade; Dureza;



TESTEMUNHOS DE SONDAGEM



PLUGUES



AMOSTRAS DE CALHA



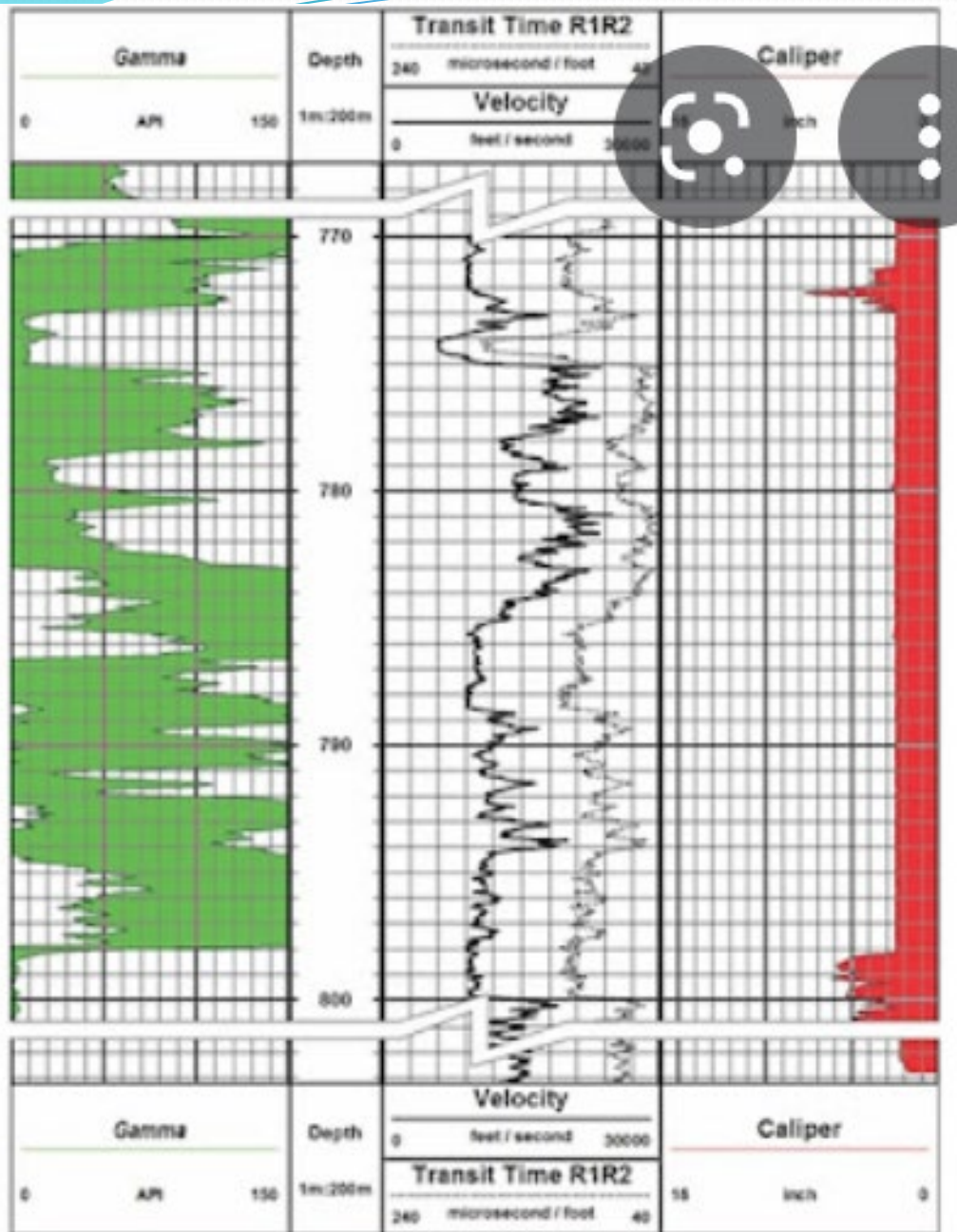
AMOSTRAS LATERAIS



LÂMINAS PETROGRÁFICAS



# 10 - Onde instalar os filtros?



## Perfilagem Geofísica de Poço

Esta técnica consiste na descida de uma sonda, através do guincho até o fundo de um poço concluído recentemente. Ao subir, a sonda realiza medições nas paredes do poço, que podem ser de radioatividade, resistividade, magnética, sônica e outros.

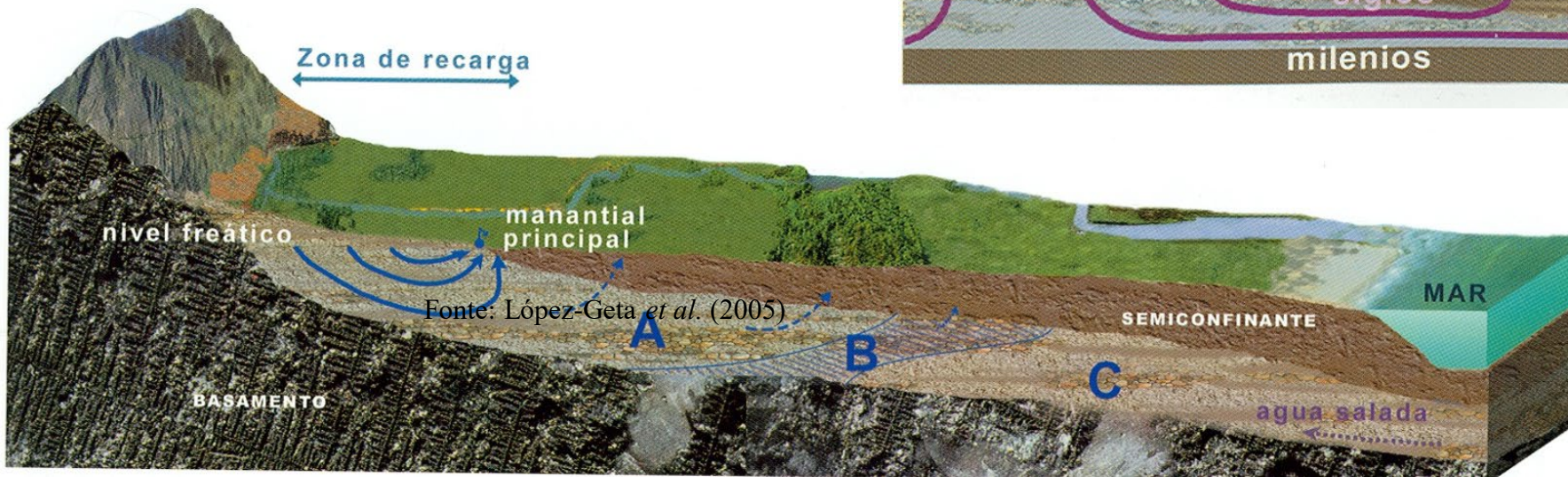
Após concluir este procedimento obtém-se um perfil geofísico do poço, com o resultado integrado de todas as sondas utilizadas.



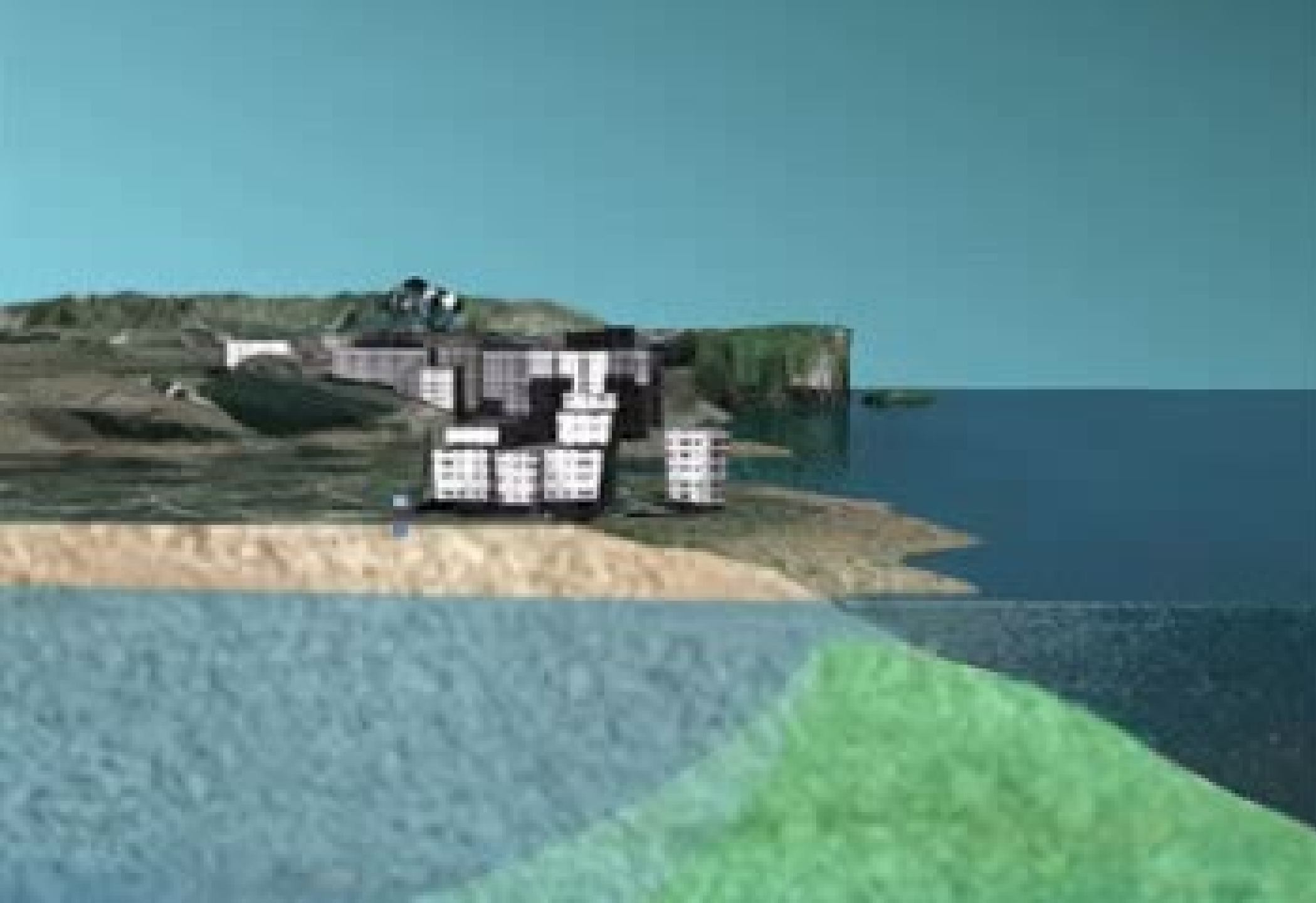
11- Qual a zona de influência do poço?  
12- Onde se localiza a zona de recarga?

## Recarga X Descarga

Quanto tempo a água  
leva para sair do  
aquífero?







Qual a zona  
de  
influência  
do poço?

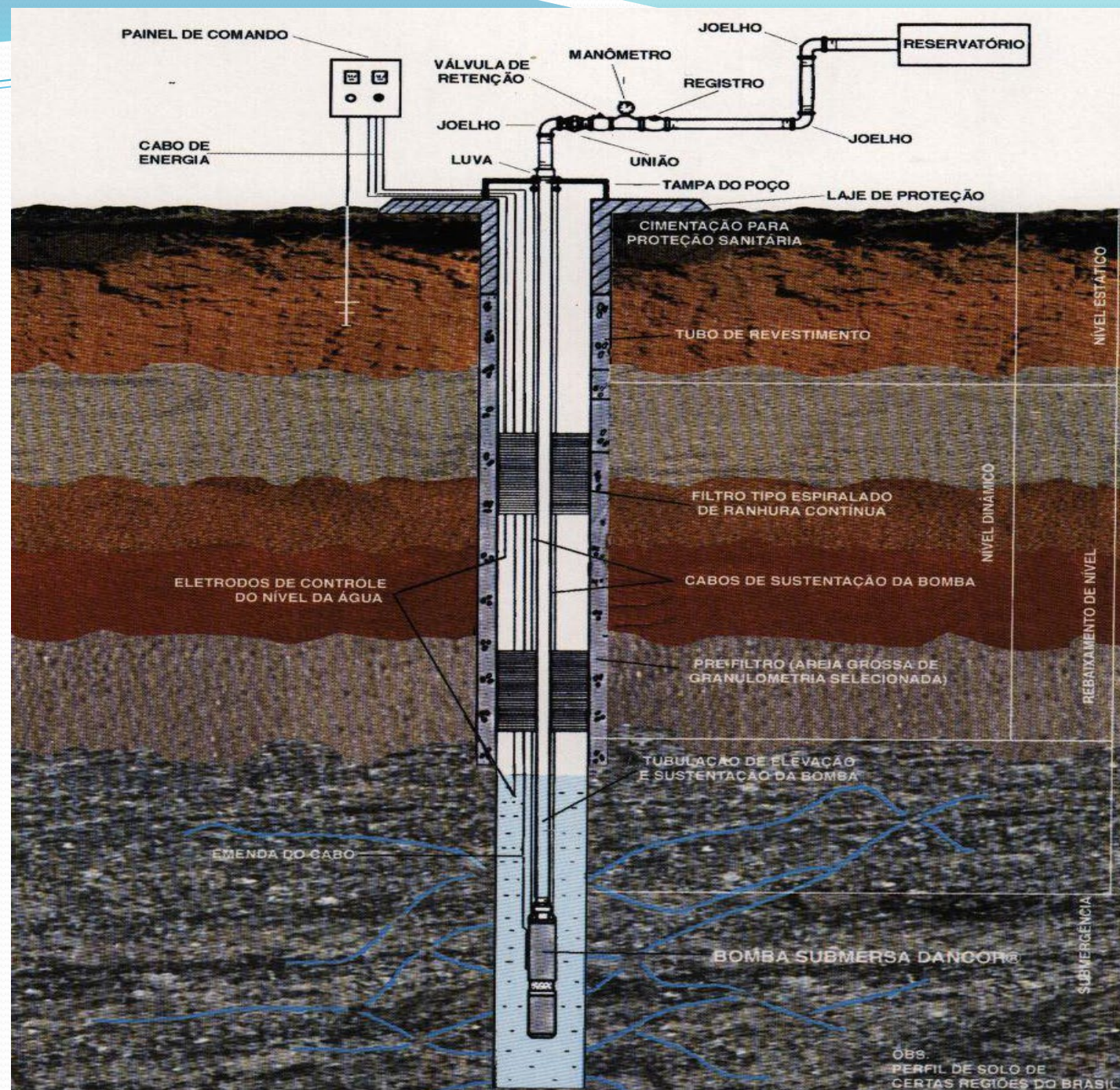
Onde se  
localiza a  
zona de  
recarga?



Poço em área devidamente protegida

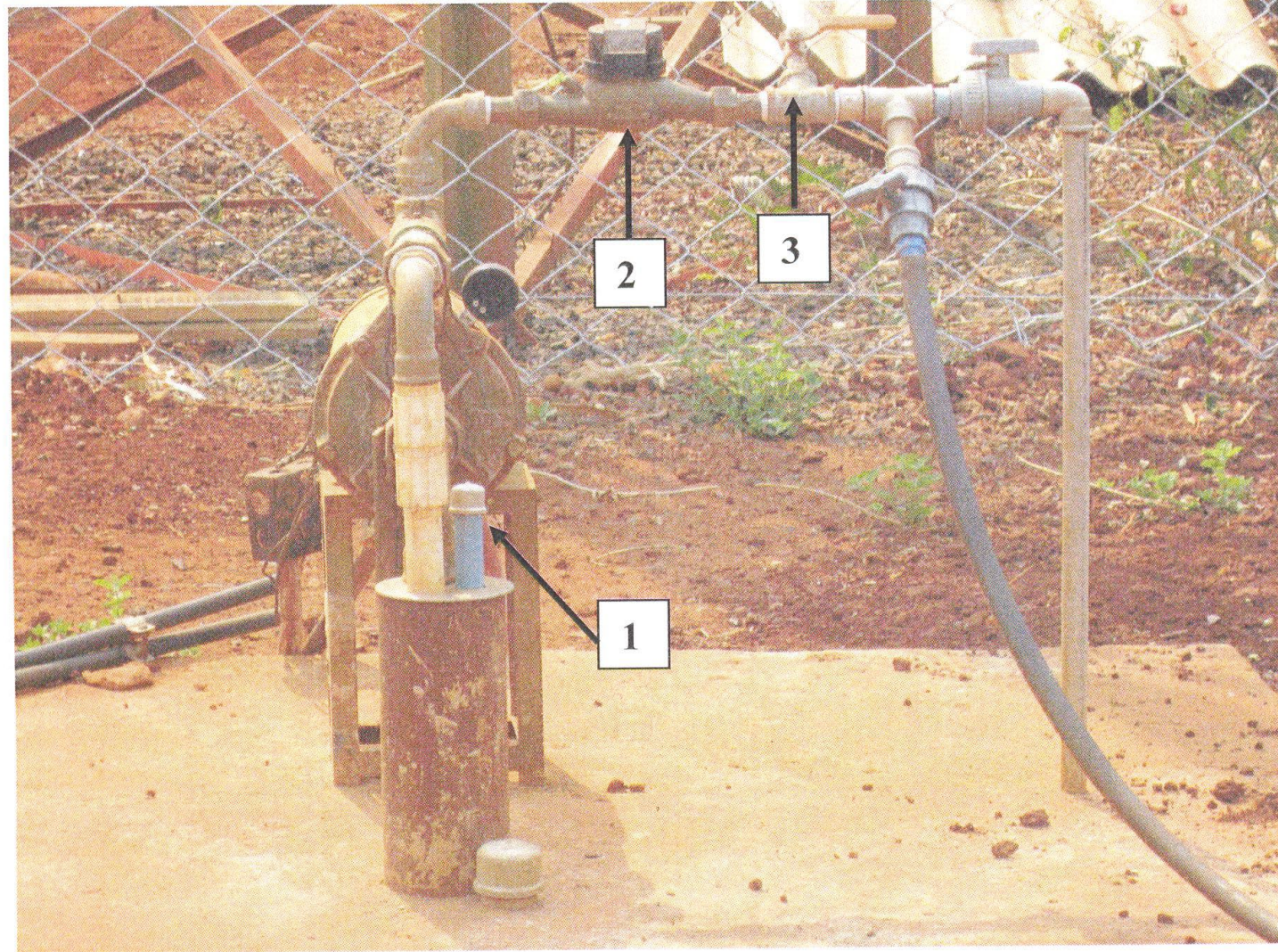
13. Qual o risco deste poço ter suas águas contaminadas?







1. Tubos de medição de nível de água;
2. Hidrometro;
3. Registro de controle de vazão





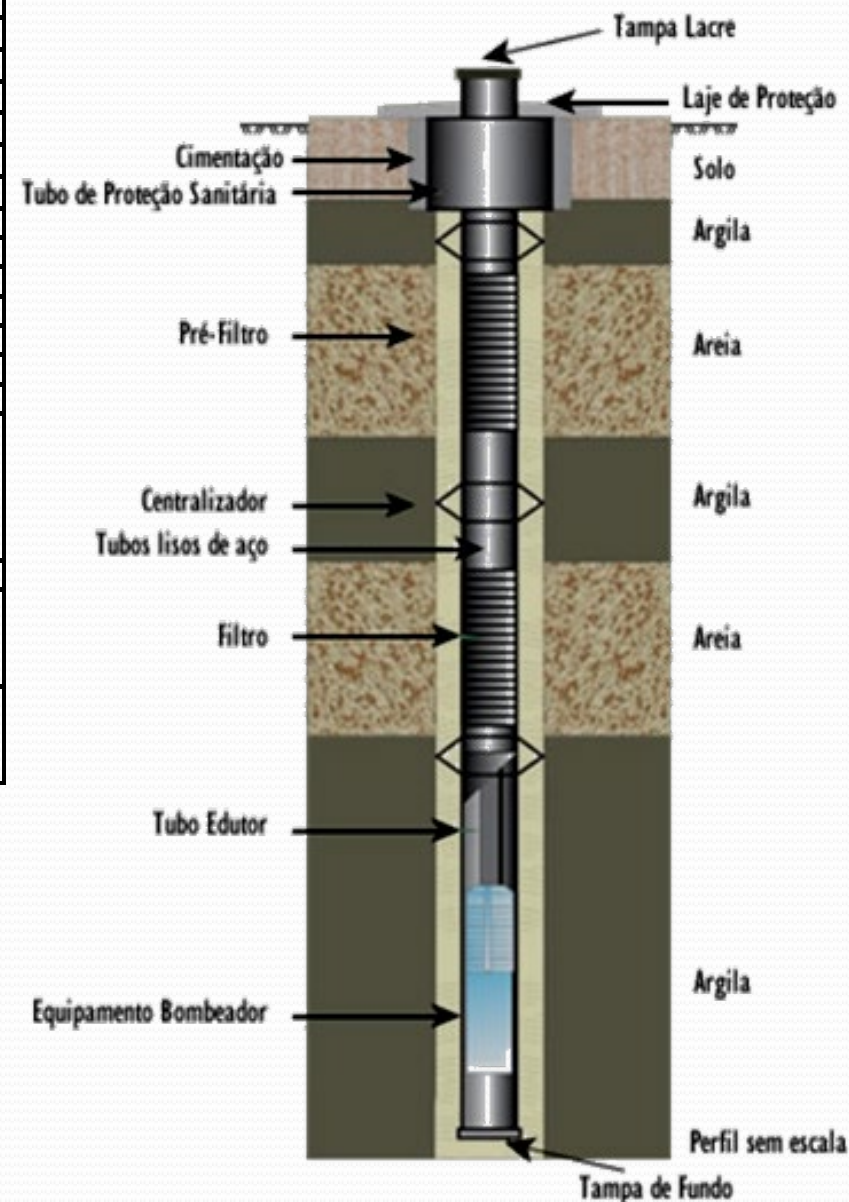
# Componentes dos Custos de Perfuração

- Apoio Logístico
- DMM (Desmontagem, Movimentação e Montagem)
- Perfuração
- Revestimento
- Cimentação
- Fluido de Perfuração
- Cabeça de Poço
- Brocas
- Outros custos

item	especificação	30 dias	%
1	- Transporte, instalação e remoção dos equipamentos	5.000,00	4,51
2	- Perfuração - Ø 20"	2.500,00	2,25
3	- Tubo de proteção sanitária - 20 m	17.300,00	15,60
4	- Cimentação do espaço anular - 2 m3	3.200,00	2,89
5	- Perfuração Ø 12 1/4" - arenito	6.000,00	5,41
6	- Perfilagem elétrica	2.480,00	2,24
7	- Colocação do revestimento - tubos lisos e filtros	25.900,00	23,35
8	- Colocação do pré filtro	3.200,00	2,89
9	- Desenvolvimento - 20 hs	6.000,00	5,41
10	- Teste de vazão - 27 hs	8.100,00	7,30
11	- Desinfecção	800,00	0,72
12	- Laje de proteção	1.000,00	0,90
13	- Análise de água	2.300,00	2,07
14	- Relatório final	800,00	0,72
15	- Endoscopia	2.000,00	1,80
16	- Equipamento de bombeamento	24.327,00	21,93
SUB-TOTAL		110.907,00	100,00
% ACUMULADA ( * )		0%	
TOTAL GERAL		110.907,00	

## Custo final

De R\$ 700 a R\$ 1000 0 metro do poço pronto  
Com equipamento de bombeamento









PLANILHA ORÇAMENTÁRIA					
Ítem	Descrição	Un.	Qtde.	Unitário (R\$)	Total (R\$)
01	DTM - Transporte, instalação e remoção dos equipamentos	Vb	01	95.000,00	95.000,00
02	Perfuração : - 0 m a 20 m - Ø 36" - rotativo - sedimentos - 20 m a 270 m - Ø 26" - rotativo - sedimentos - 270 m a 310 m - Ø 26" - rotativo - basalto - 310 m a 950 m - Ø 17 1/2" - rotativo - basalto - 950 m a 1180 m - Ø 21" - rotativo - arenitos	m m m m m	20 250 40 640 230	1.100,00 900,00 2.500,00 1.580,00 660,00	22.000,00 225.000,00 100.000,00 1.011.200,00 151.800,00
03	Perfilagem elétrica ( Disponibilidade, km e m/perfurados ) : - Gama (API), Indução Elétrica (IEL), Sônico, Resist. 16/34, Cáliper	m	1180	48,00	56.640,00
04	Fornecimento e colocação da coluna de revestimento : A - Tubos lisos - aço preto Ø 28", espessura de 9,52 mm, solda - aço preto Ø 20", sem costura, espessura de 9,52 mm, solda - aço preto Ø 8 5/8", sem costura, espessura 8,18 mm, R/L B – Filtros - Espiralado jaquetado, galv., abert. 0,75 mm, Ø 8 5/8", R/L	m m m m m	20 310 750  120	1.900,00 1.600,00 485,00  1.200,00	38.000,00 496.000,00 363.750,00  144.000,00
05	Fornecimento e colocação do pré-filtro : - Tipo Perola, granulometria 1,0 a 2,0 mm	m³	95	610,00	57.950,00
06	Preenchimento do(s) espaço(s) anular(es) com pasta de cimento: - Intervalo de 0 a 20 m e de 0 a 310 m - com sapata flutuante	m³	46	1.200,00	55.200,00
07	Desenvolvimento : - Ar comprimido com compressor de 360 psi x 950 pcm - Bombeamento com bomba submersa	h h	12 24	1.200,00 850,00	14.400,00 20.400,00 -
08	Ensaio de vazão: - Rebaixamento vazão máxima - Rebaixamento escalonado	h h	24 04	850,00 850,00	20.400,00 3.400,00
09	Tubo de recarga de pré-filtro	m			-
10	Desinfecção	Vb	01	1.500,00	1.500,00
11	Laje de proteção	Vb	01	1.000,00	1.000,00
12	Teste de verticalidade e alinhamento	Vb			-
13	Endoscopia: -	m			-
14	Análise d'água conforme Norma MS 518: - Físico – química - Bacteriológica	Vb Vb	01 01	2.000,00 300,00	2.000,00 300,00 -
15	Equipamento de bombeamento	vb	01		-
16	Relatório final	Vb	01	800,00	800,00
Total:	(dois milhões oitocentos e oitenta mil, setecentos e quarenta reais)				2.880.740,00

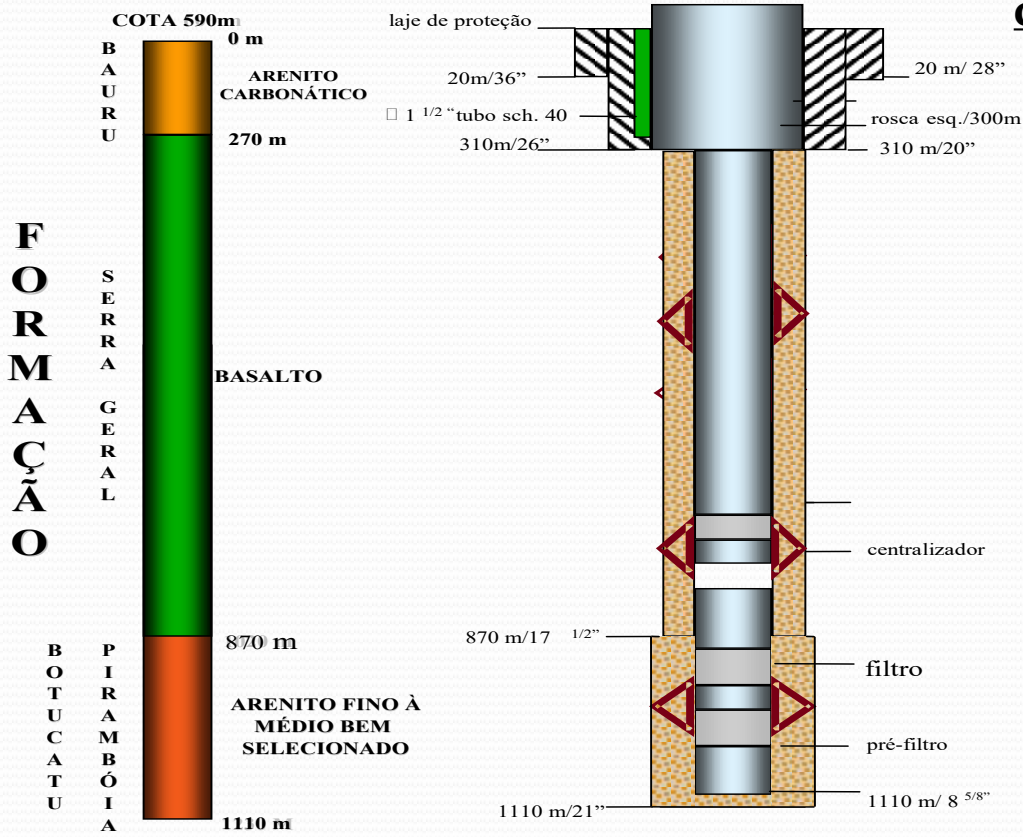
# Custo final

De R\$ 2.500 a R4 5.000 O METRO DE POÇO PRONTO  
Sem equipamento de bombeamento

2

Um poço de mil metros, mais ou menos um milhão de

dólares







# Áreas de Restrição ao Uso







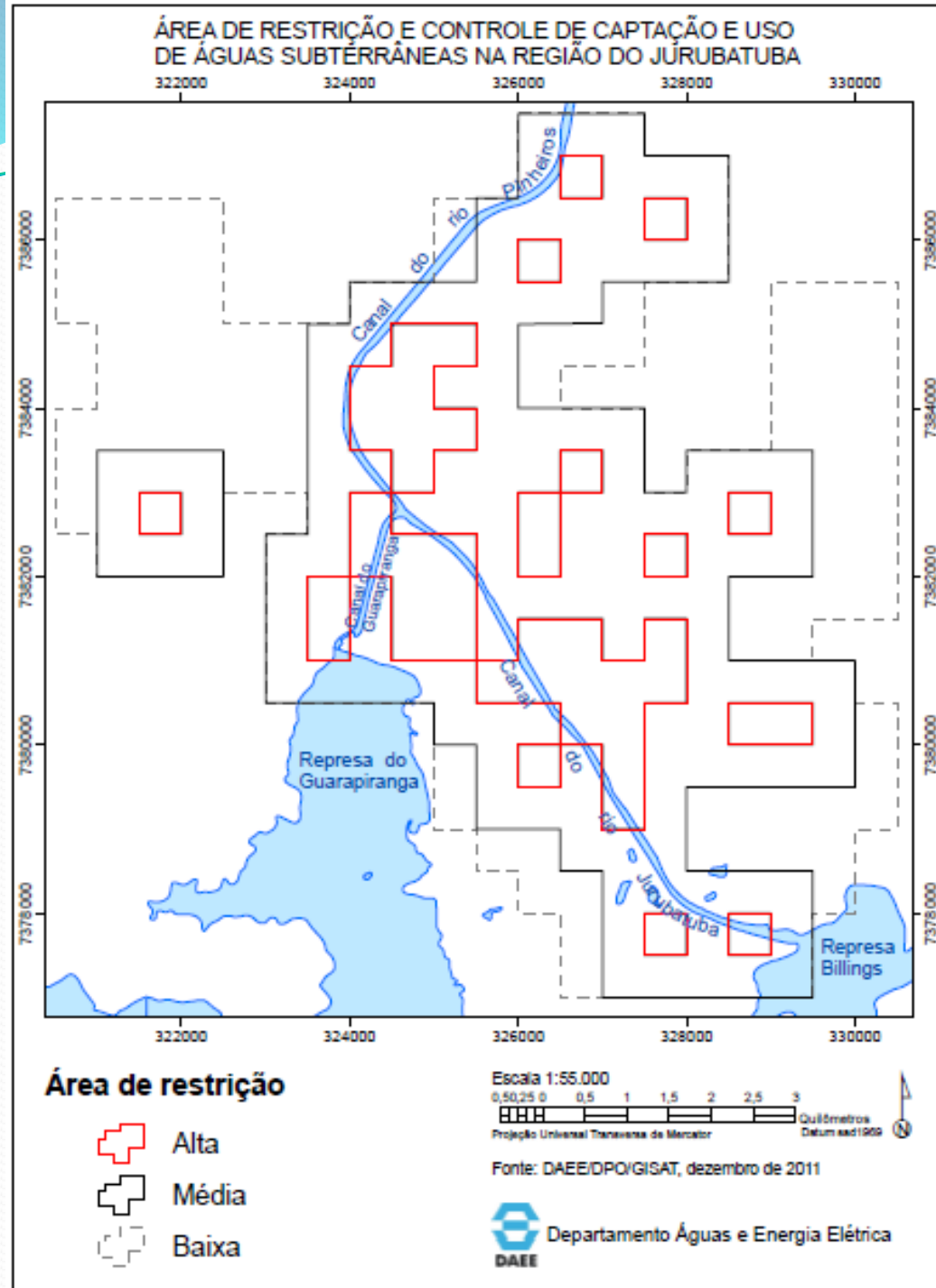


- **Art. 19** - Sempre que, **no interesse da conservação, proteção e manutenção do equilíbrio natural** das águas subterrâneas, dos **serviços de abastecimento** de água, ou por **motivos geotécnicos ou geológicos**, se fizer necessário **restringir a captação e o uso** dessas águas, o **DAEE** e a **CETESB** propõem ao **CRH** a delimitação de áreas destinadas ao seu controle.

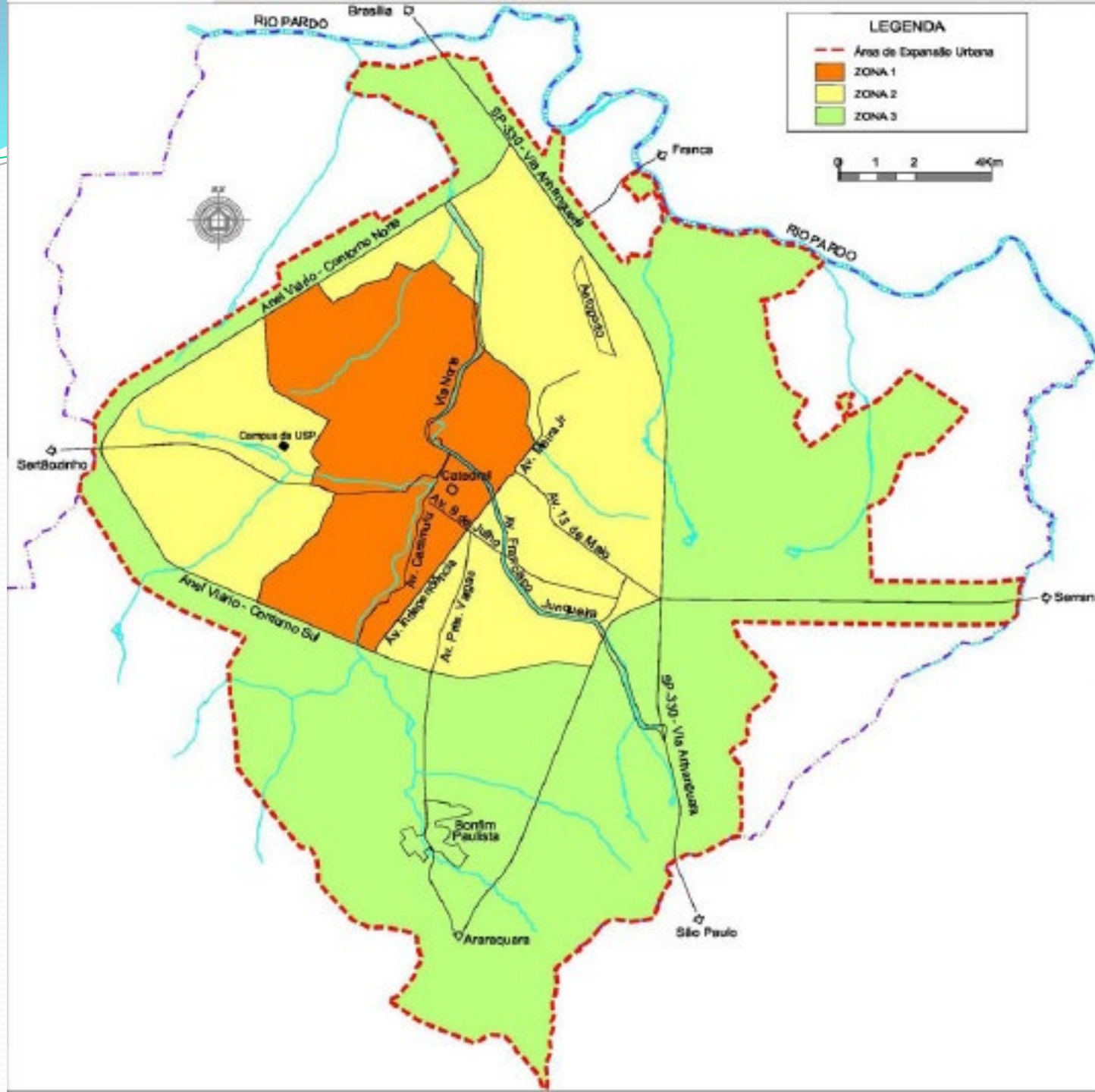
## âmbito do SIGRI diretrizes e procedimentos para a delimitação de áreas de restrição e controle da captação e uso das águas subterrâneas.

- Áreas de restrição estabelecida com o apoio de estudos hidrogeológicos e levará em consideração os Planos de Bacias Hidrográficas, Programas Estaduais de Monitoramento de Qualidade e Atendimento à Potabilidade, que evidenciem os efeitos negativos da exploração e contaminação, apontando a necessidade da aplicação de ações preventivas e corretivas;
- A delimitação das áreas de restrição e controle do uso das águas subterrâneas, que deverá ser submetida à apreciação do **Comitê de Bacias Hidrográficas** em cuja área de atuação estejam inseridas, devendo constar em **Deliberação específica** ou no Plano de Bacias;



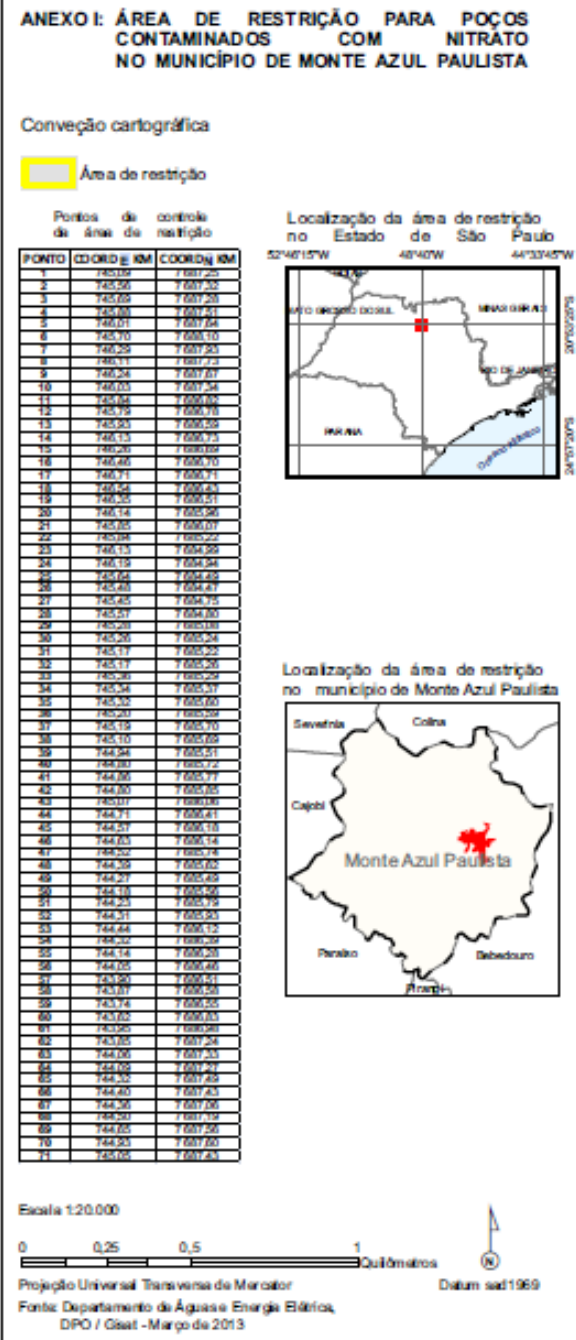


**DELIBERAÇÃO CRH Nº 132, DE 19 DE ABRIL DE 2011 - estabelece área de restrição e controle para a captação e uso das águas subterrâneas no município de São Paulo, na região de Jurubatuba, por contaminação do solo e águas subterrâneas.**



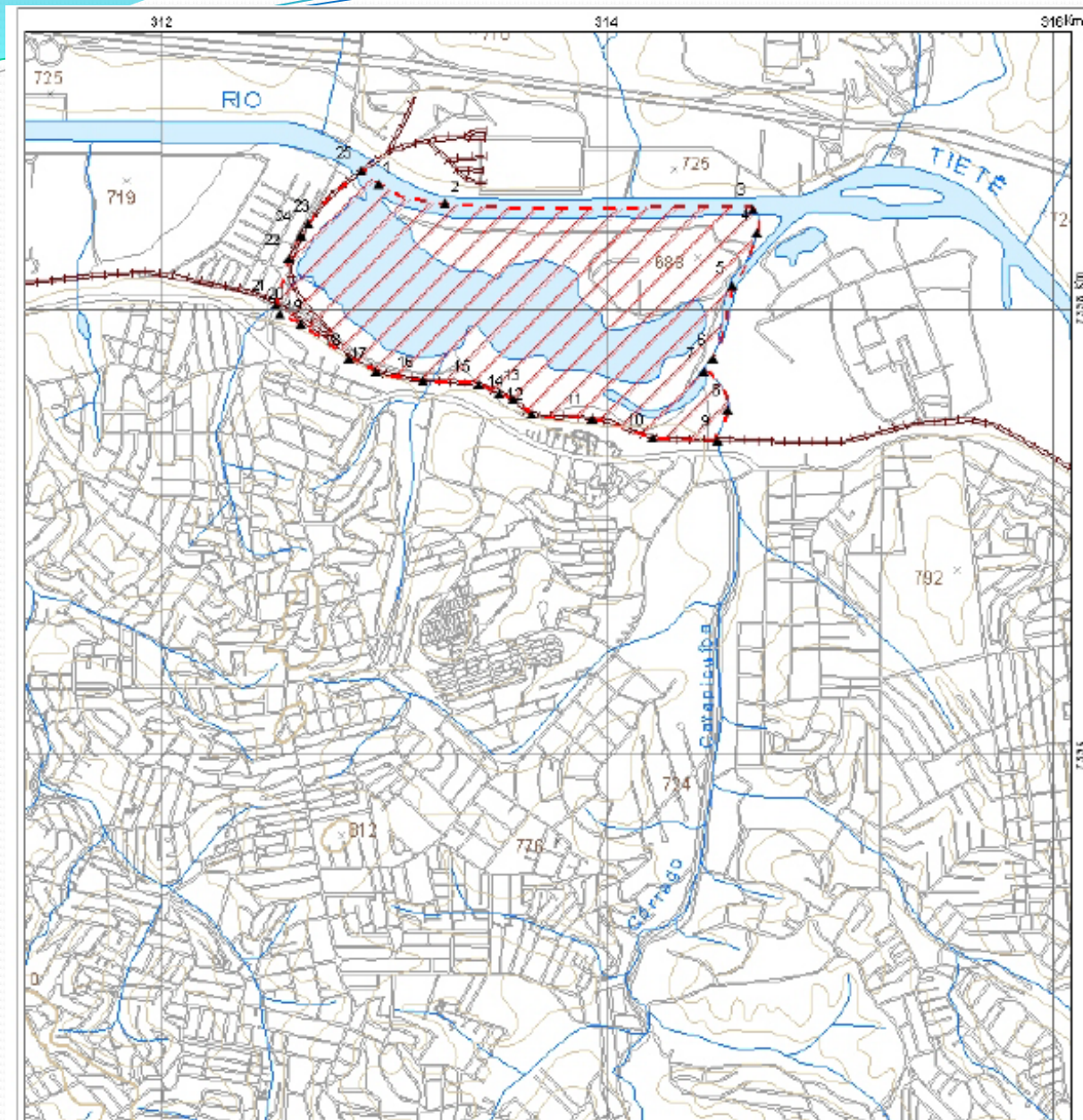
**DELIBERAÇÃO CRH Nº 118, DE 08 DE JUNHO DE 2010 - Referenda a Deliberação CBH-PARDO nº 02/2010 que redefine critérios técnicos para a autorização de perfuração de poços tubulares profundos no município de Ribeirão Preto.**





**Portaria DAEE nº 965, de 27 de março de 2013 - Área de Restrição e Controle Temporário no Município de Monte Azul Paulista devido a contaminação das águas por Nitrato**





#### ÁREA DE RESTRIÇÃO DA LAGOA DE CARAPICUÍBA

##### Convenção cartográfica

- X Ponto cotado
- Curva Mestra
- Curva intermediária
- Hidrografia
- Estrada de ferro
- Viário Principal
- Área de restrição

##### Pontos de controle da área de restrição

Ponto	Coord. KmN	Coord. KmE
1	7398,56	312,98
2	7398,47	313,28
3	7398,05	314,66
4	7398,30	314,68
5	7398,10	314,57
6	7397,78	314,48
7	7397,72	314,44
8	7397,55	314,55
9	7397,41	314,50
10	7397,42	314,21
11	7397,51	313,94
12	7397,55	313,67
13	7397,62	313,52
14	7397,59	313,58
15	7397,66	313,43
16	7397,68	313,28
17	7397,72	312,97
18	7397,78	312,83
19	7397,98	312,63
20	7397,58	312,54
21	7398,02	312,52
22	7398,29	312,58
23	7398,38	312,66
24	7398,39	312,63
25	7398,62	312,90

##### Localização da área de restrição na RMSP



Escala 1:25.000

0 0,25 0,5 1 1,5  
Quilômetros  
Projeção Universal Transversa de Mercator Datum sad 1980

Fonte: Departamento de Águas e Energia Elétrica,  
DPO / Gisat, dez / 2011



Departamento de Águas e Energia Elétrica

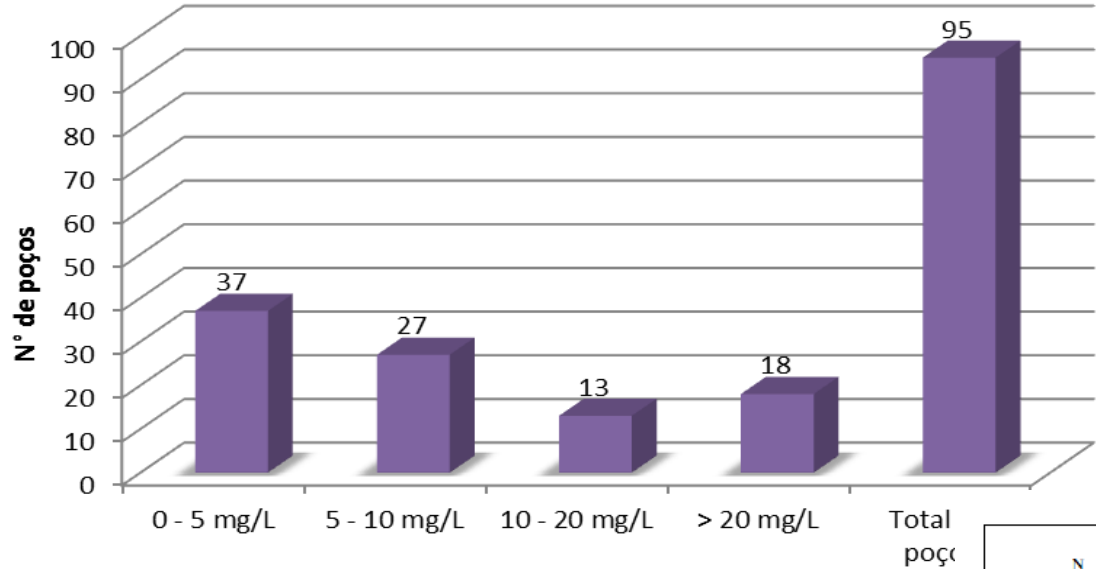
**PORTARIA DAEE nº 2653, de 15 de DEZEMBRO de 2011 - Área de Restrição e Controle Temporário para os usos de Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos na região da Lagoa de Carapicuíba, localizada na divisa dos municípios de Barueri e Carapicuíba.**



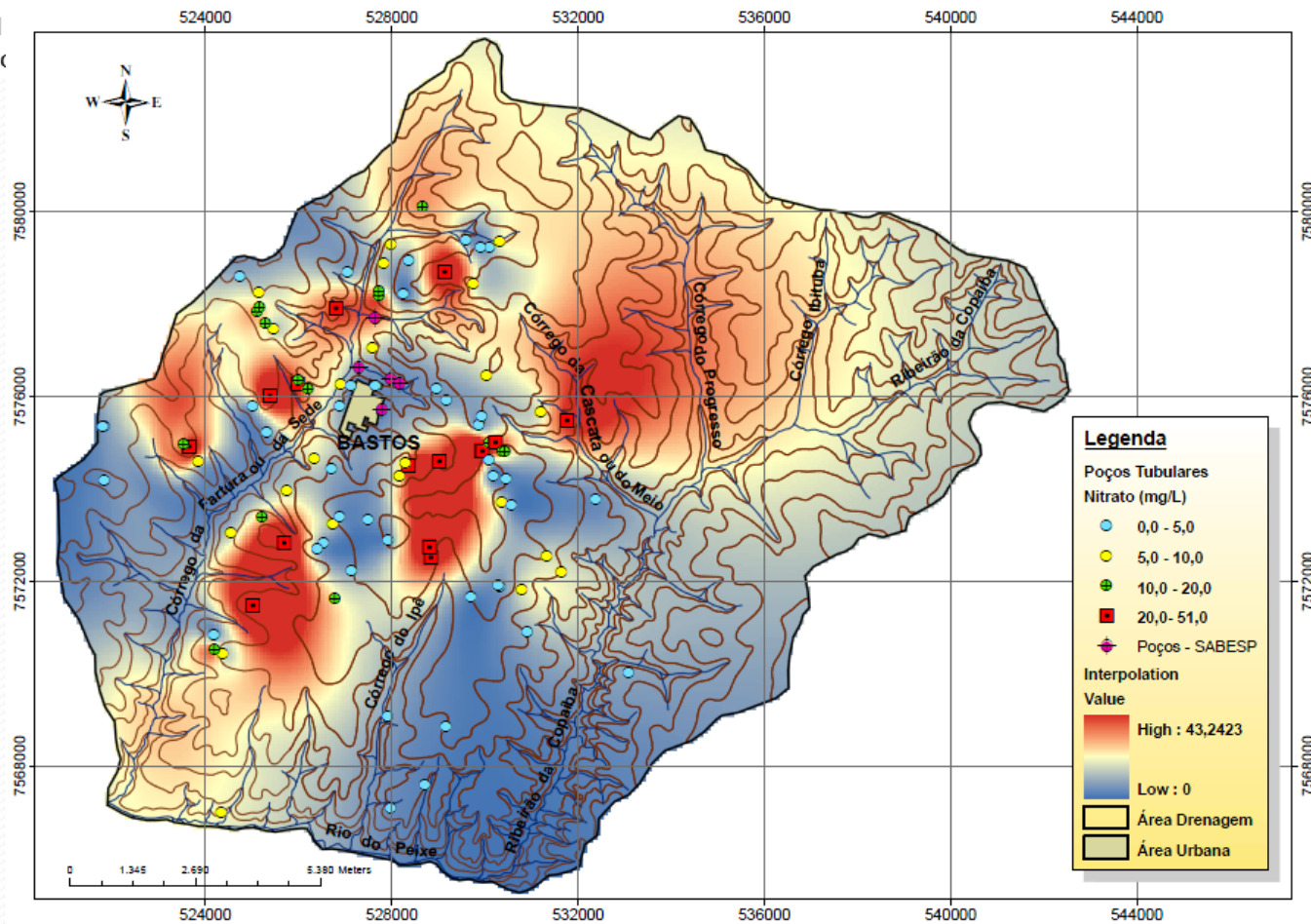
## Instrumentos de Proteção e Controle:

### Referências legais:

- Outras regiões estão em processo de estudo e detalhamento para a definição de áreas de restrição.
- Sabe-se que os custos para remediação e/ou recuperação de uma área contaminada é muito alto e muitas vezes ineficaz;
- Uma alternativa a ser estudada consiste no enquadramento de aquíferos, ou porção destes, conforme instrui a Resolução CONAMA nº 396.
- De qualquer forma, toda decisão passa por pactuação nos **Comitês de Bacia Hidrográfica**.



**Figura 2: Mapa de tendência de concentração de nitrato nas águas subterrâneas.**

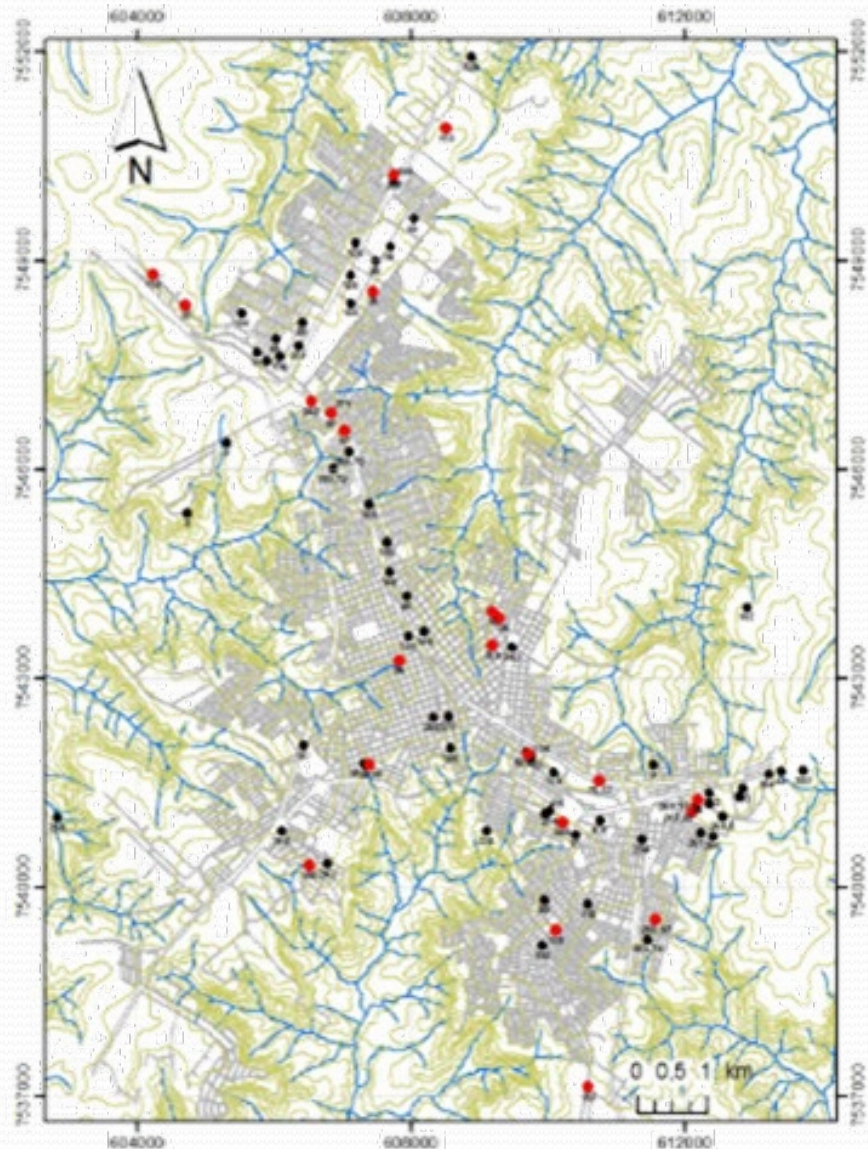


## 1) Avaliação da contaminação por nitrato nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Bauru (SAB), na área rural do município de Bastos (SP);

**Figura 1: Distribuição dos poços em Classes de concentração de Nitrato (N-NO<sub>3</sub>)**

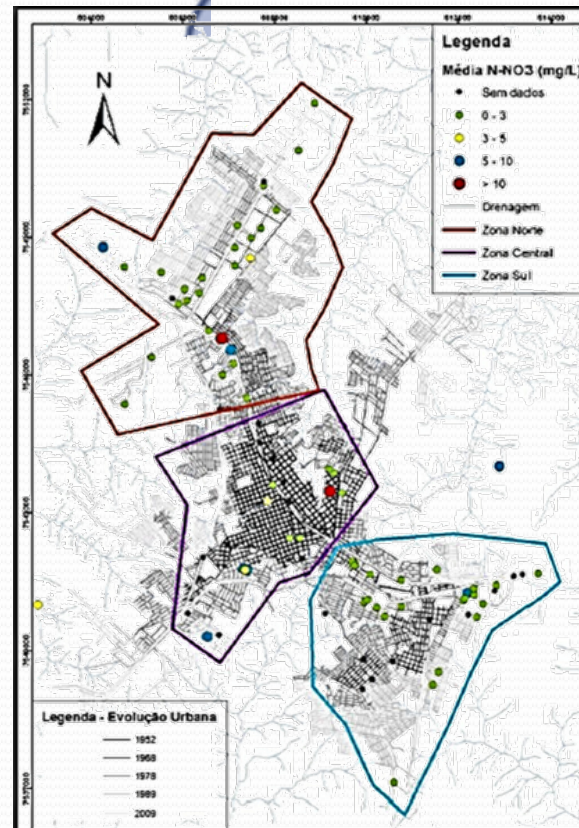


## 2) Delimitação de zonas sensíveis à contaminação por nitrato nas águas subterrâneas do SAB na área urbana do município de Marília



### LEGENDA

- Poços Cadastrados
- Poços Amostrados
- Topografia
- Drenagem
- Malha Urbana



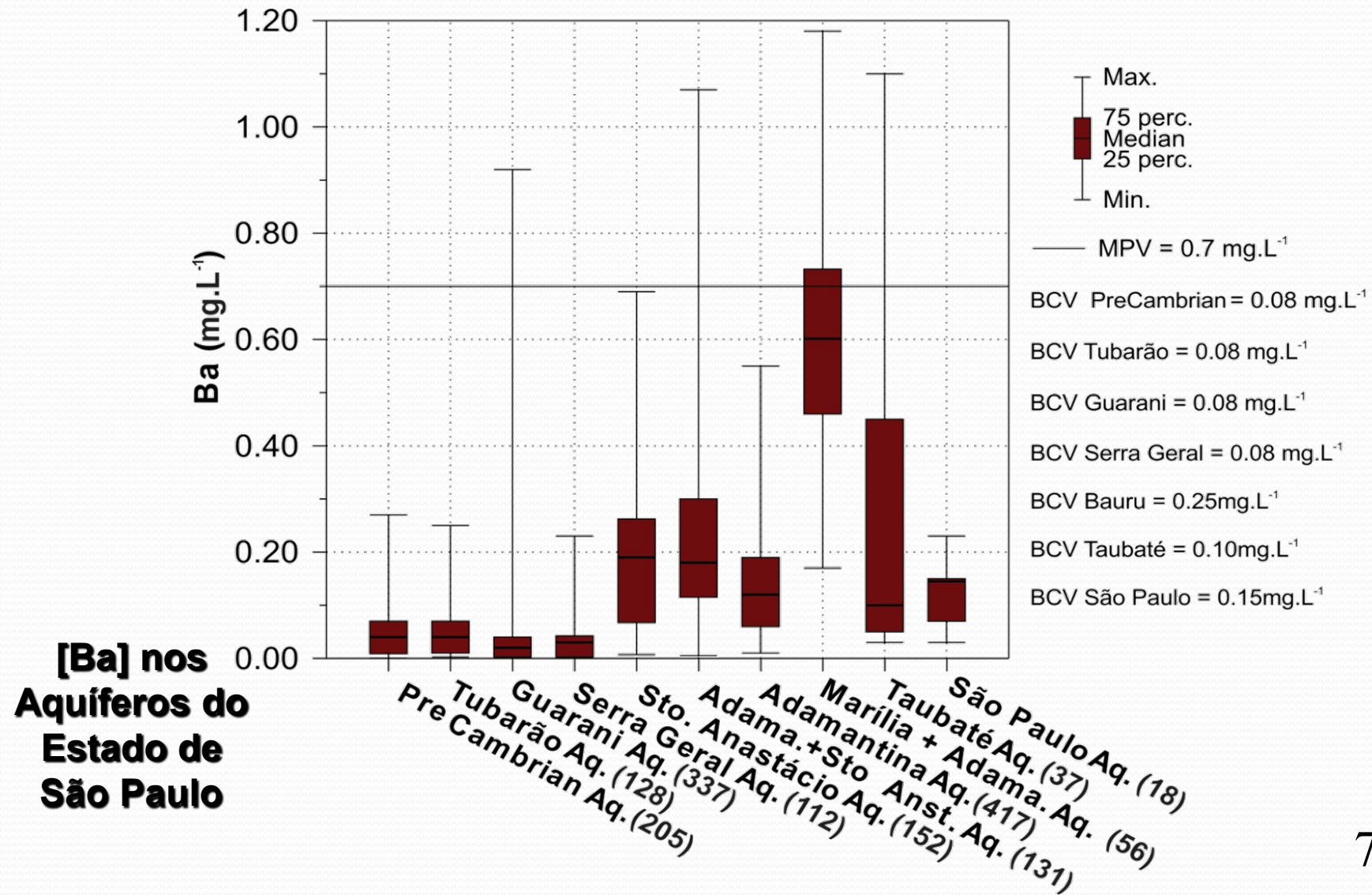
### Relação entre urbanização e nitrato nos poços: análises pretéritas

- 82% poços: <3 mg/L N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- 16% poços: 3-10 mg/L N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- 2% poços: > 10 mg/L N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

✓ Poços cadastrados: 101

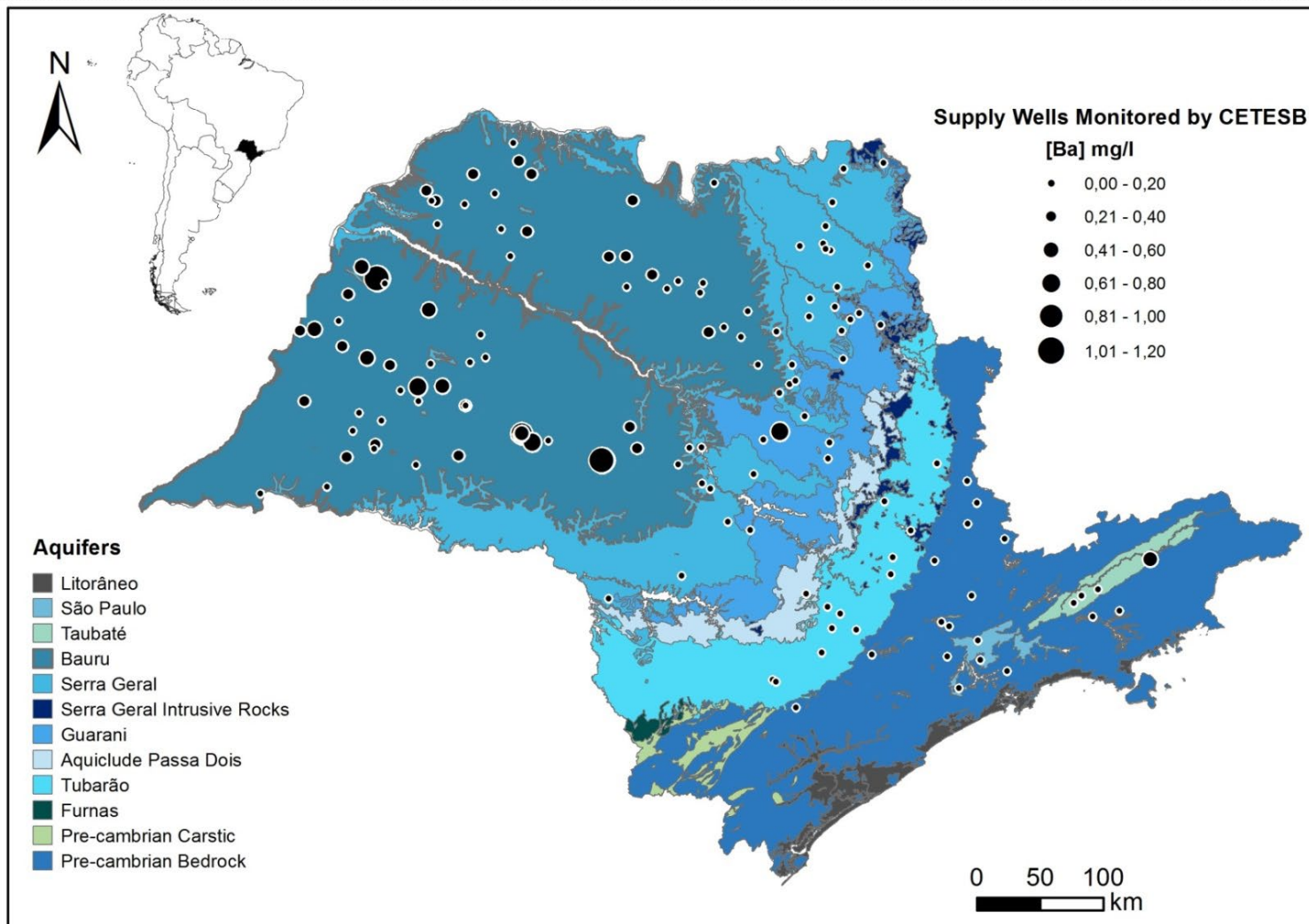
95 privados (35 a 329 m)  
06 públicos (252 a 267 m)

### 3) Investigação de anomalias de bário em poços de bombeamento do SAB nas Sub Bacias do Alto Rio do Peixe e Alto Rio Aguapeí



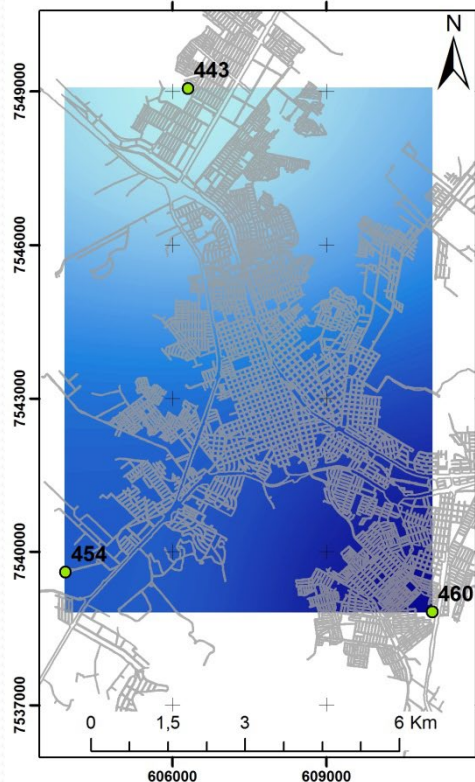


# Investigação de anomalias de bário em poços de bombeamento do SAB nas Sub Bacias do Alto Rio do Peixe e Alto Rio Aguapeí



**[Ba] nos  
Aquíferos  
do Estado  
de São  
Paulo**

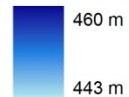
# Estudo sobre rebaixamentos da superfície piezométrica do Sistema Aquífero Guarani no município de Marília



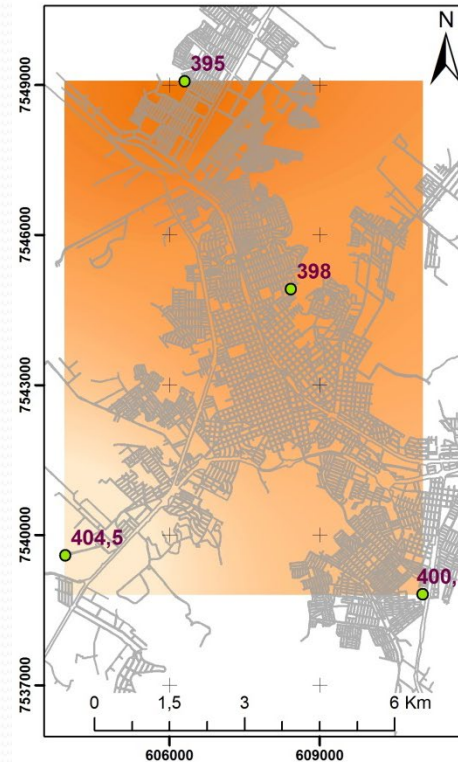
## Legenda

- Malha Urbana do Município
- Poços (Nível Piezométrico)

## Níveis Piezométricos Iniciais



Década de 90



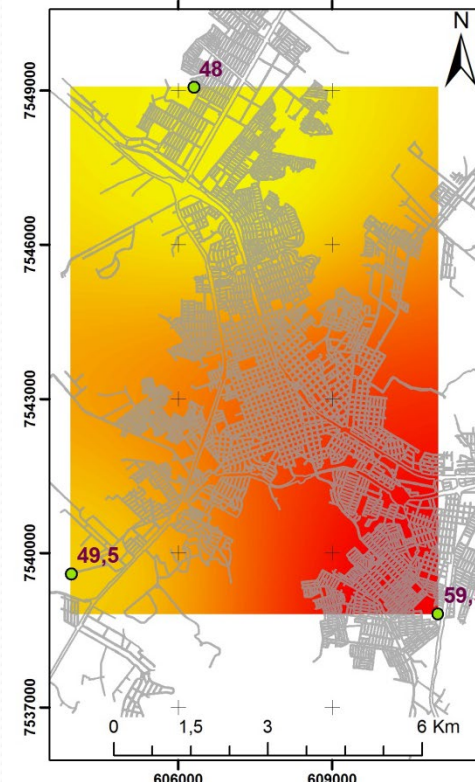
## Legenda

- Malha Urbana do Município
- Poços (Nível Piezométrico)

## Níveis Piezométricos em 2012



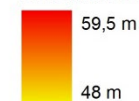
2012



## Legenda

- Rebaixamento Residual
- Malha Urbana do Município

## Rebaixamento Residual



Nível do rebaixamento

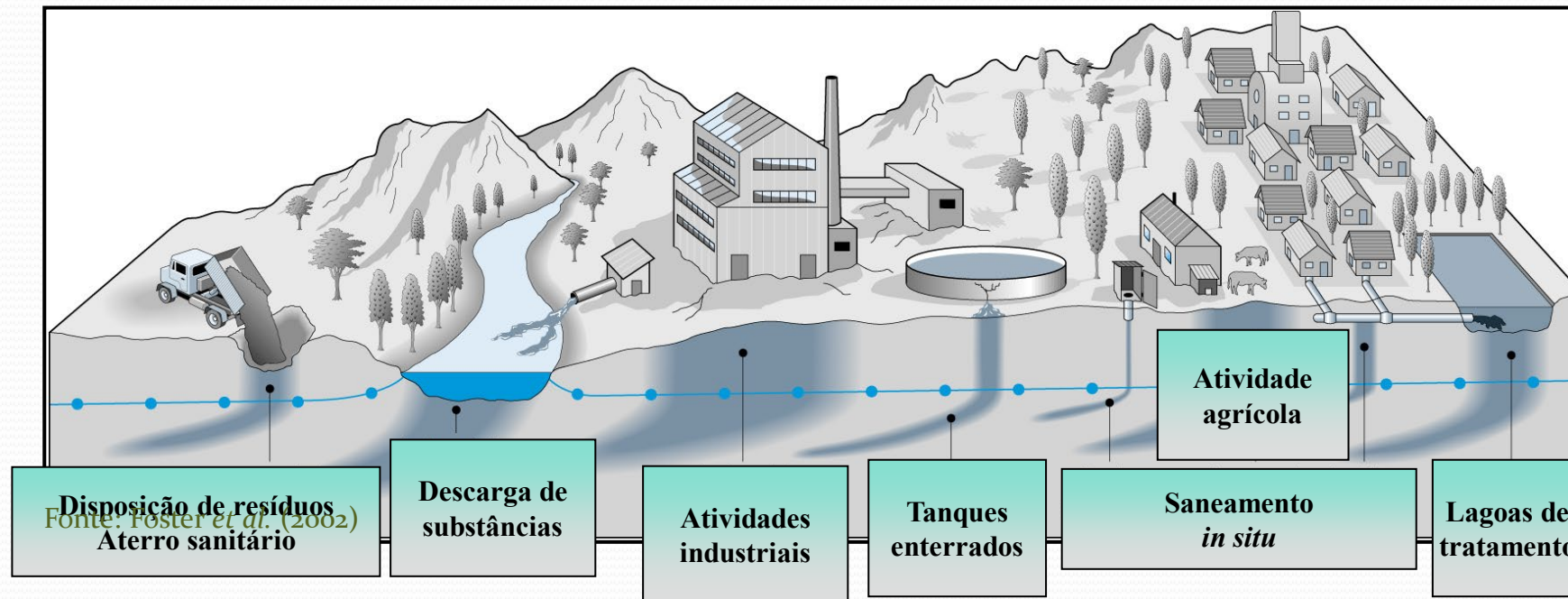


# Proteção às Águas Subterrâneas?

## Problemas comuns às águas subterrâneas:

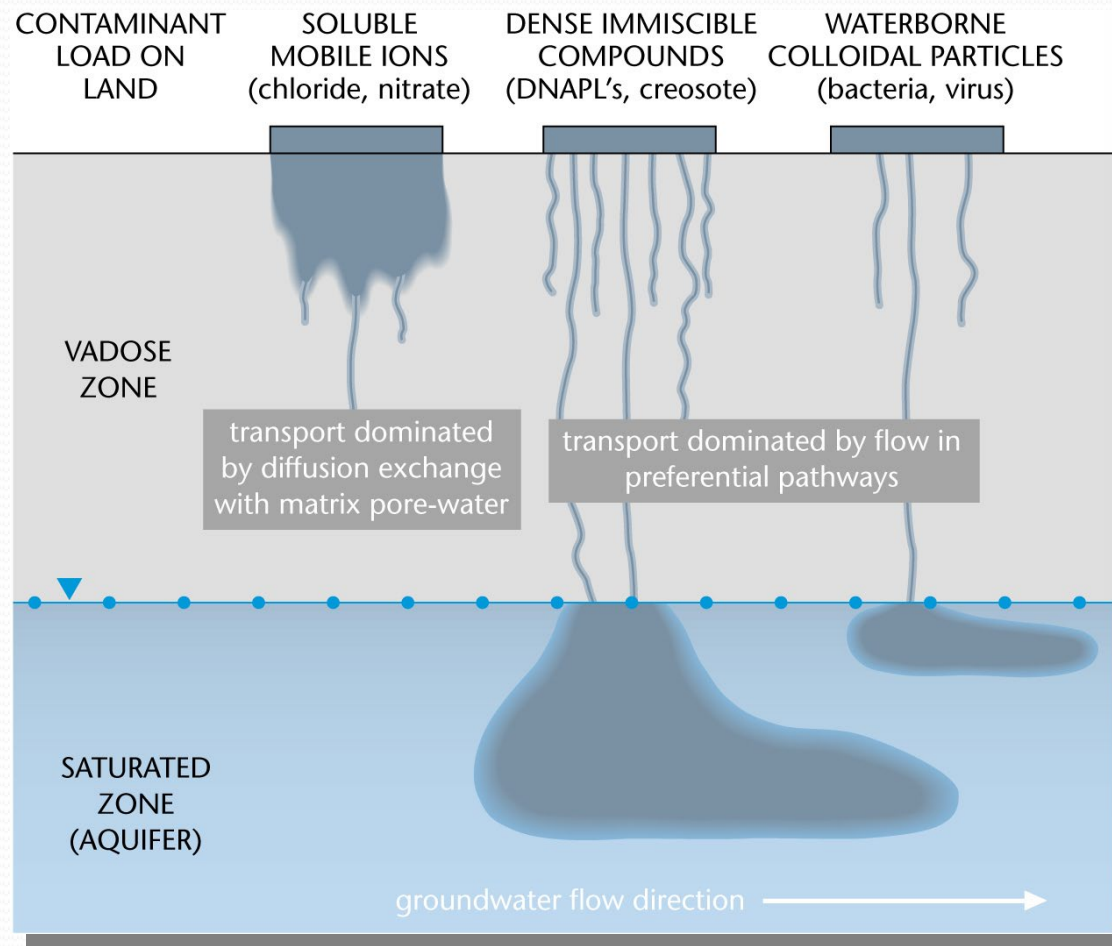
- Superexploração
- Poluição antrópica
- Ignorância sobre sua potencialidade e sua limitação

# Fontes de Contaminação da Água Subterrânea





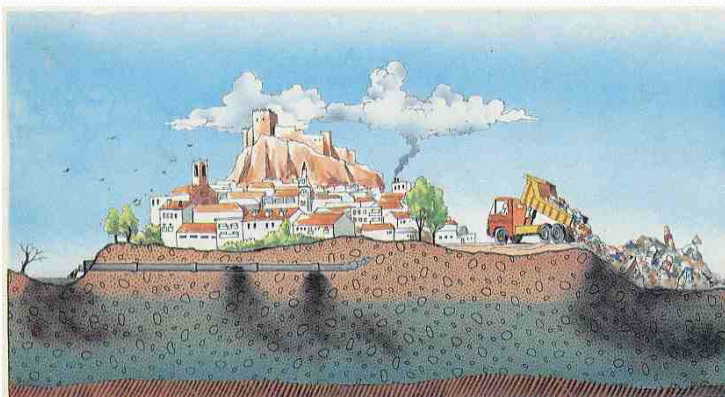
# Fontes de Contaminação da Água Subterrânea



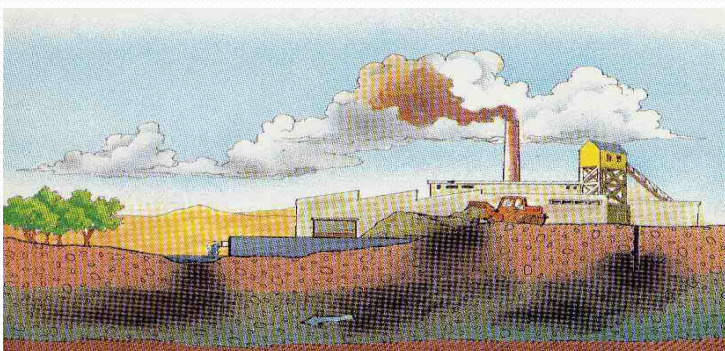
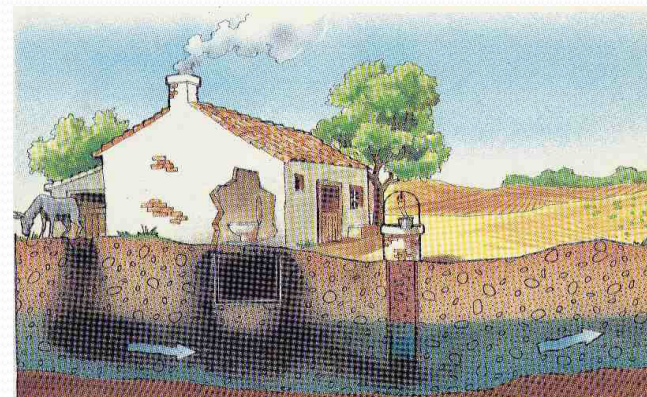
Fonte: Foster *et al.* 2002

- **Orgânicos:** hidrocarbonetos e pesticidas;
- **Inorgânicos:** metais, cloreto, nitrato;
- **Microorganismos:** bactérias, vírus, protozoários;
- **Radioativos.**

# Classificação das Fontes de Contaminação



Urbana



Industrial



Agrícola



# Nitrato nas Águas Subterrâneas

Três características que o tornam um problema aos gestores do recurso hídrico:

- ✓ **Muito móvel**, atingindo grandes áreas e volume do aquífero;
- ✓ Várias origens associadas às atividades humanas;
- ✓ As reações de conversão de nitrogênio são **rápidas e com forte tendência à oxidação** em aquíferos livres.

## Fertirrigação com vinhaça no cultivo de cana



### **Torta de Filtro**

**N (úmido)**

0,35%

**N (seco)**

1,44%

**Umidade**

66%

**K**

0,04%

**P**

1750 ppm

### **Fuligem das Caldeiras (matéria úmida)**

**Umidade**

70%

**K**

2539 ppm

### **Vinhaça (em ppm)**

**N (total)**

440

**Ca**

480

**Mg**

238

**Mn**

4

**K**

1990

**P**

40

**Zn**

1,1

(Fonte: COSAN, 2003 – Usina da Barra, Barra Bonita-SP)



# Fertilizantes e Pesticidas

Aplicação de fertilizante no solo (exemplo: série NPK)  
Aplicação de pesticidas (exemplo: tebutiuron no cultivo de cana-de-açúcar)



**Os fertilizantes empregados na agricultura podem ser carregados para os corpos d'água, causando a contaminação, tanto da água superficial, quanto subterrânea.**

# Resíduos Sólidos – Disposição

- **Lixões:** disposição final sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública.



Fonte: IG 2002

Em 64% dos municípios brasileiros o lixo é depositado de forma inadequada, em locais sem nenhum controle ambiental ou sanitário. Além de degradar a paisagem e produzir mau cheiro, **os lixões** colocam em risco o meio ambiente e a saúde pública.



# Disposição de Resíduos em Aterros



## Impermeabilização com PEAD



## Compactação de lixo

## Drenagem de gases e líquidos



## cobertura de lixo com solo



# Problemas Associados aos Resíduos Sólidos

## ■ Chorume



**Líquido de coloração escura altamente tóxico formado pela percolação da água através dos resíduos sólidos, dissolvendo substâncias orgânicas, inorgânicas e produtos em decomposição.**



Fonte: Hassuda 1997

**Fonte de água para formação do chorume:** águas das chuvas, umidade contida nos resíduos ou líquidos, umidade originada da decomposição do lixo orgânico.



## CHORUME



Líquido escuro e ‘malcheiroso’, proveniente do armazenamento e tratamento do lixo. Constituído da umidade inicial do lixo, da água gerada no processo de decomposição microbiológica e da água da chuva. Composição complexa e variável em função da composição do lixo, das técnicas de aterramento, da idade e grau de estabilização do aterro

### Composição

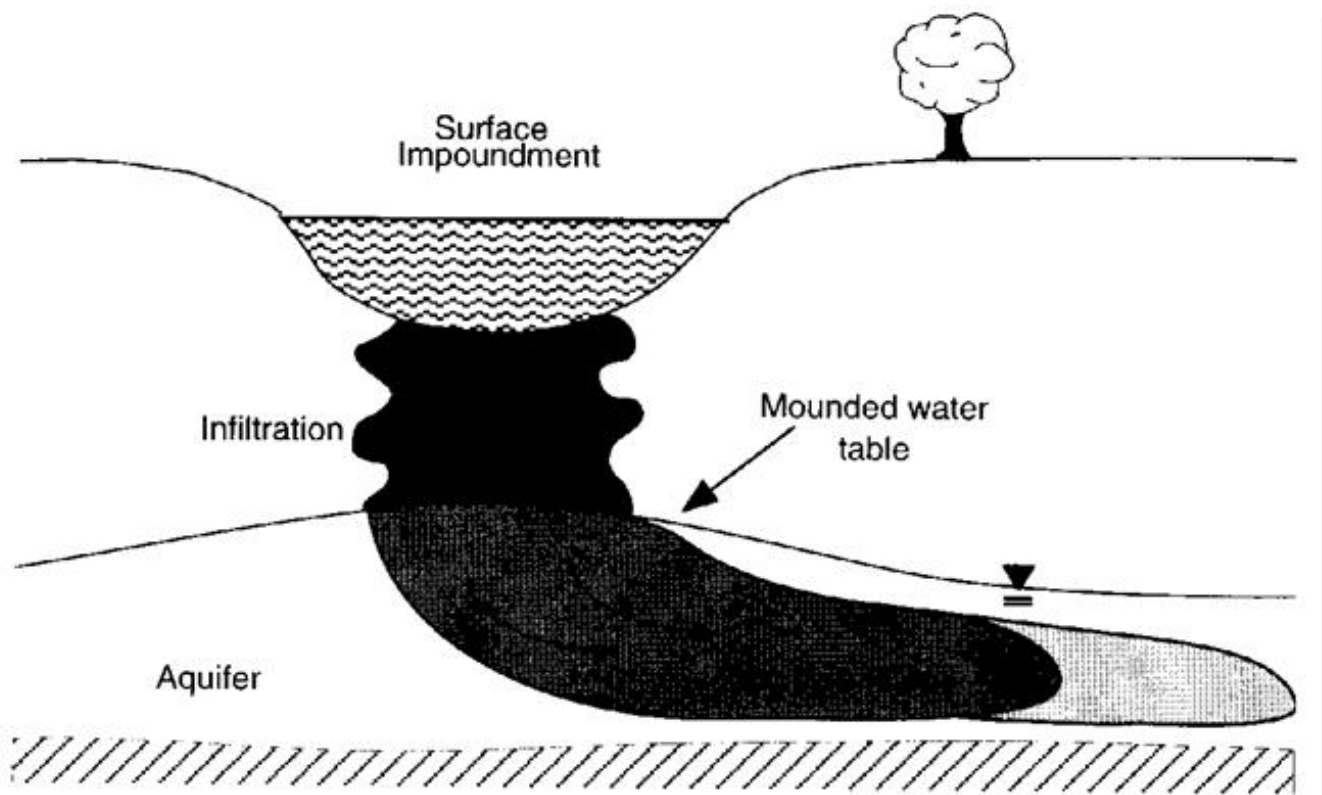
<b>Matéria orgânica dissolvida</b>	expressa em DBO e DQO; ácidos graxos voláteis e substâncias húmicas
<b>Macrocomponentes inorgânicos</b>	$\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Na}^{+}$ , $\text{K}^{+}$ , $\text{NH}_4^{+}$ , $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Mn}^{2+}$ , $\text{Cl}^{-}$ , $\text{SO}_4^{2-}$ e $\text{HCO}_3^{-}$
<b>Metais pesados</b>	$\text{Cd}^{2+}$ , $\text{Cr}^{3+}$ , $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Pb}^{2+}$ , $\text{Ni}^{2+}$ , $\text{Zn}^{2+}$ etc.
<b>Compostos orgânicos xenobióticos</b>	hidrocarbonetos aromáticos (benzeno, tolueno, etilbenzeno, xilenos); fenóis, creosoto, clorofenol, pesticidas etc.
<b>Outros (baixas conc.)</b>	Boratos, sulfetos, arsenatos, selenatos, Ba, Li, Hg, Co etc. ( Christensen <i>et al.</i> 2000)

. Composição comparável à do esgoto, porém bem mais concentrada; em geral, apresenta altas cargas orgânicas

Chorume	Esgoto	Águas
DBO 20.000 mg.L <sup>1</sup>	200-400 mg.L <sup>1</sup>	4-20 mg.L <sup>1</sup>

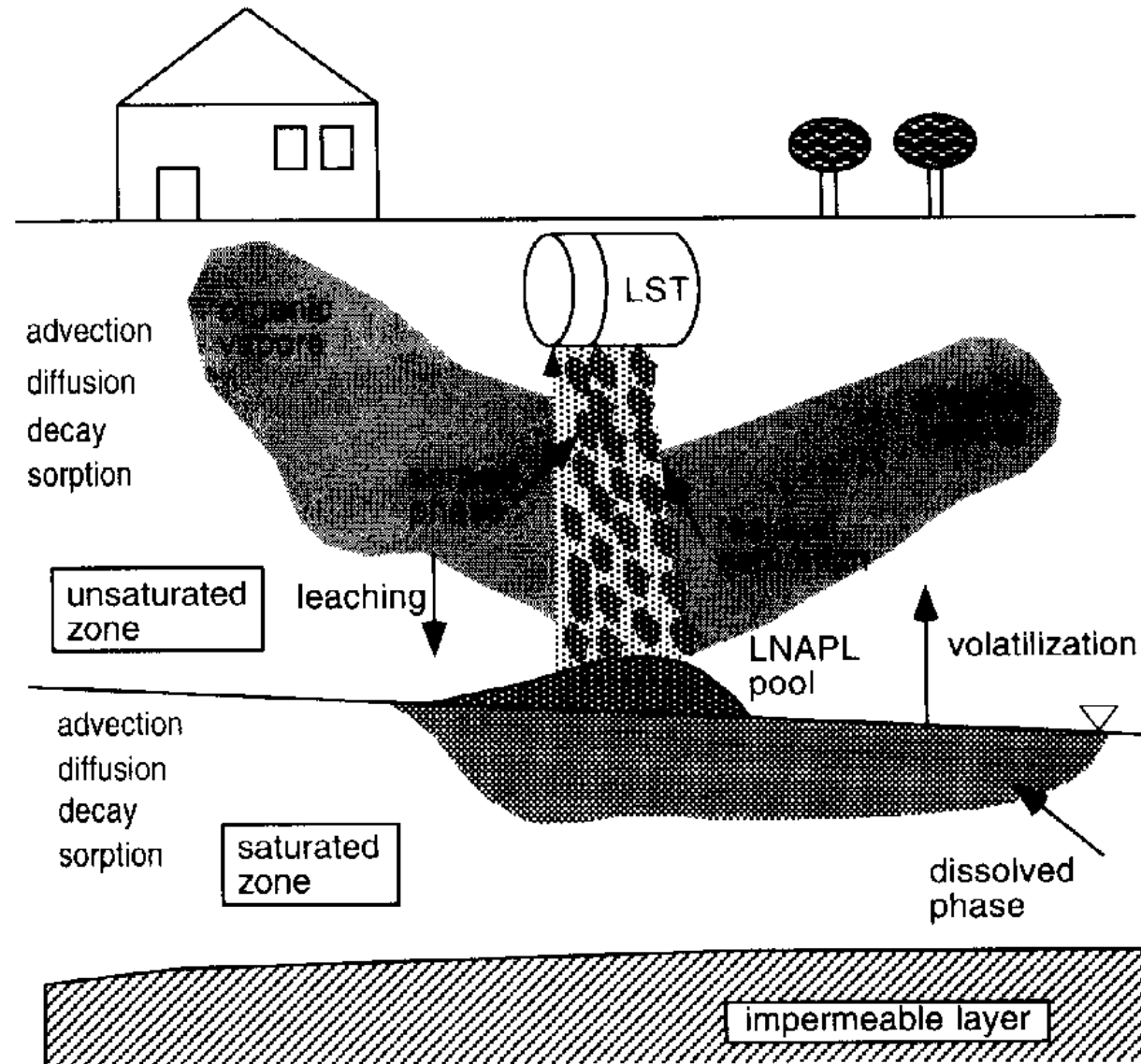
# Lagoas de Efluentes

## ■ Infiltração através de lagoas



As lagoas são sistemas muito utilizados por indústrias. Em muitos casos podem provocar **sérios problemas** nas águas subterrâneas através da infiltração dos seus resíduos.





**Figure 9.7** Contamination migration pathways in the unsaturated zone.

(Bedient et al 1999)



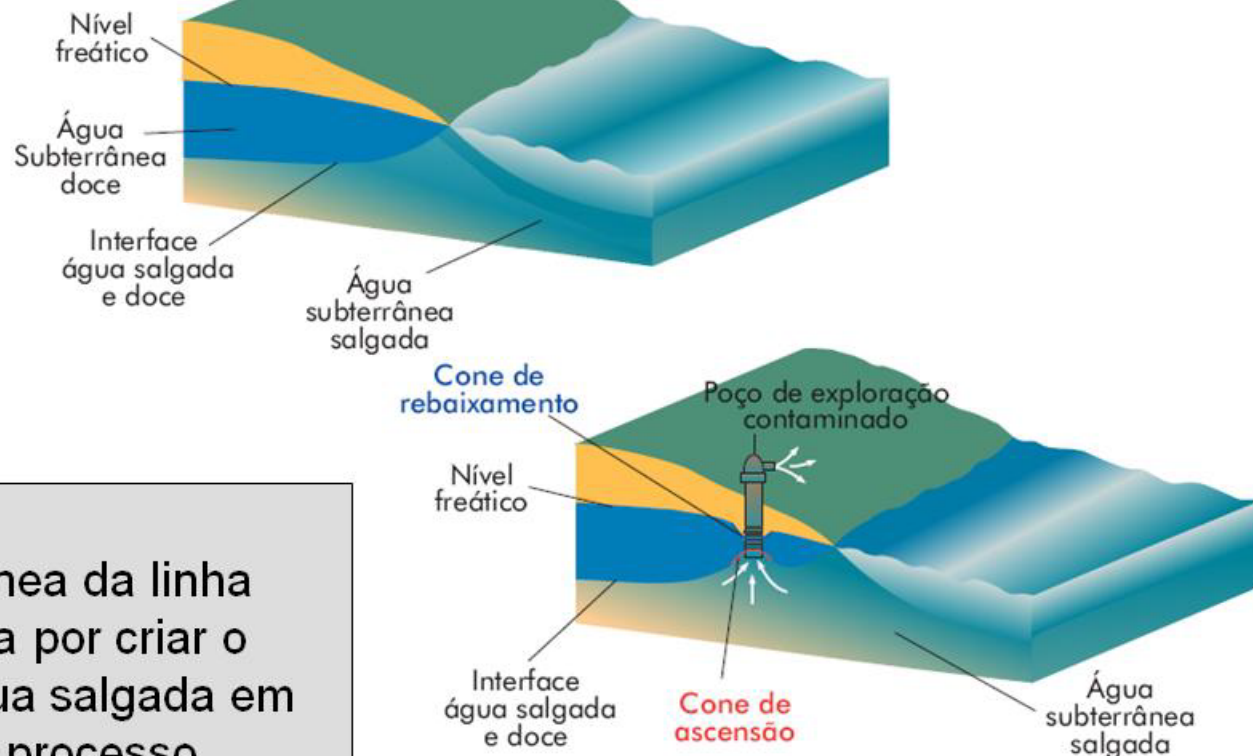
# Poços Desativados ou Abandonados





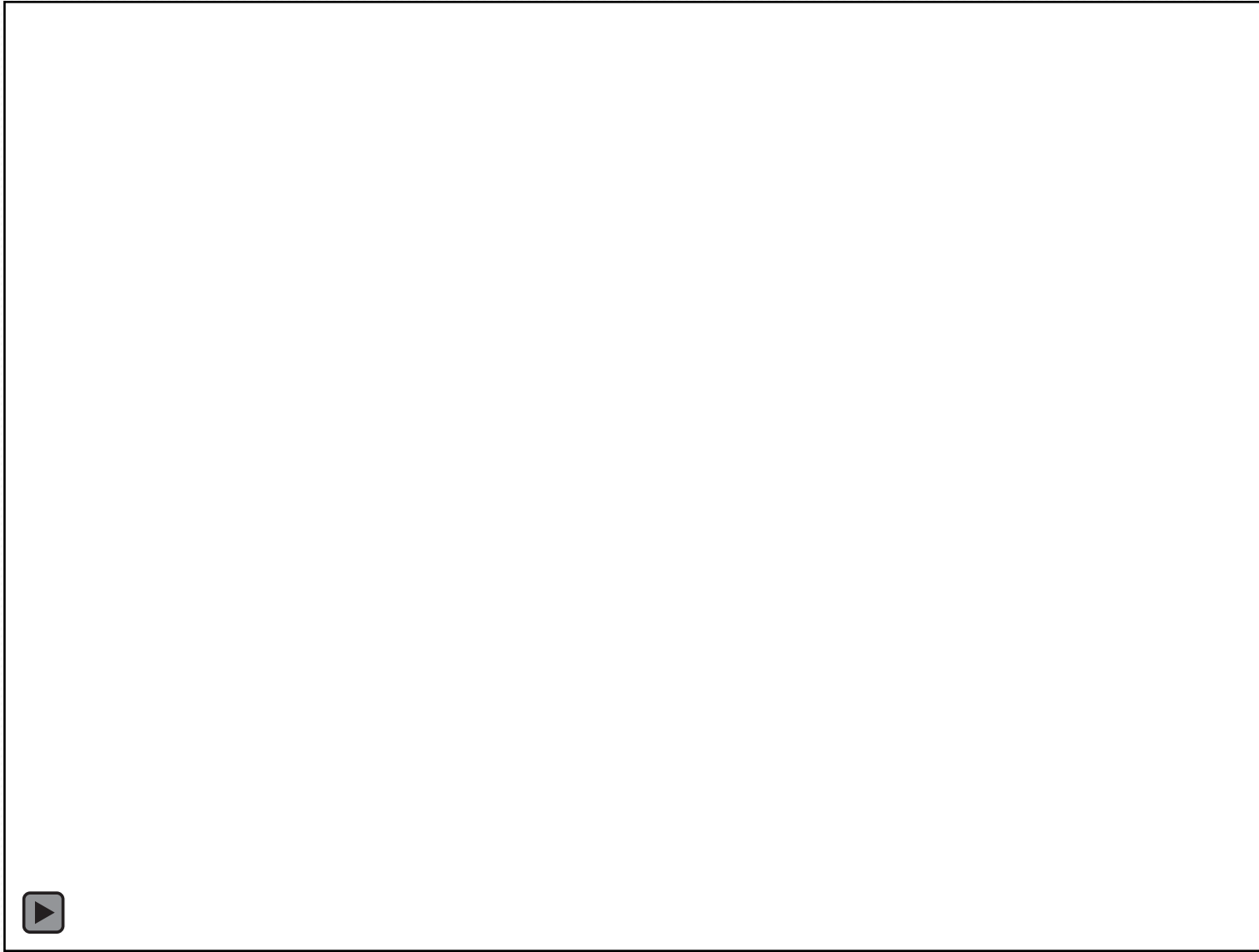
# Intrusão Salina

A extração de água subterrânea da linha de costa acaba por criar o avanço da água salgada em subsuperfície, processo chamado de **intrusão salina**.



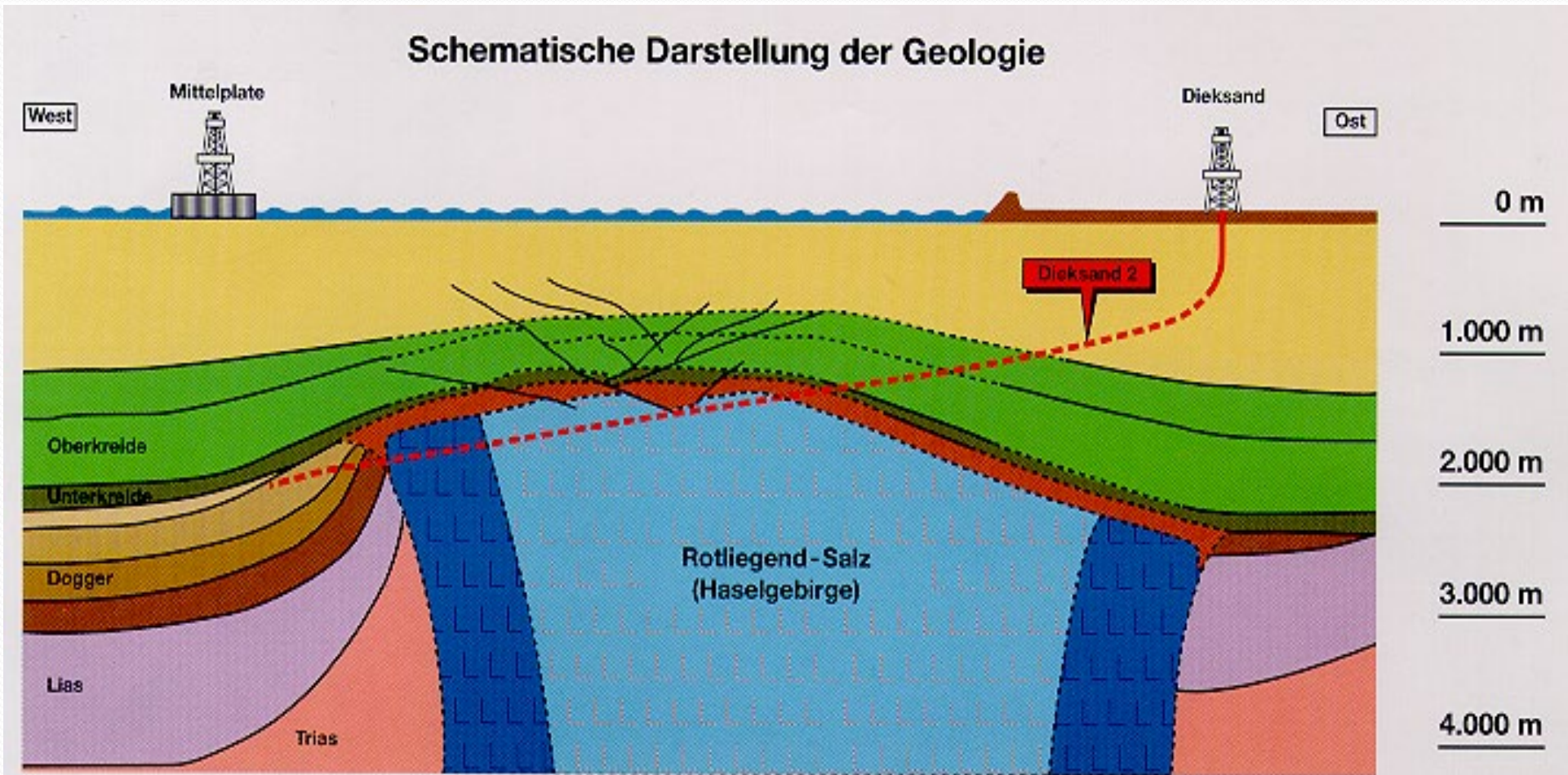
Fonte: Hirata 2000

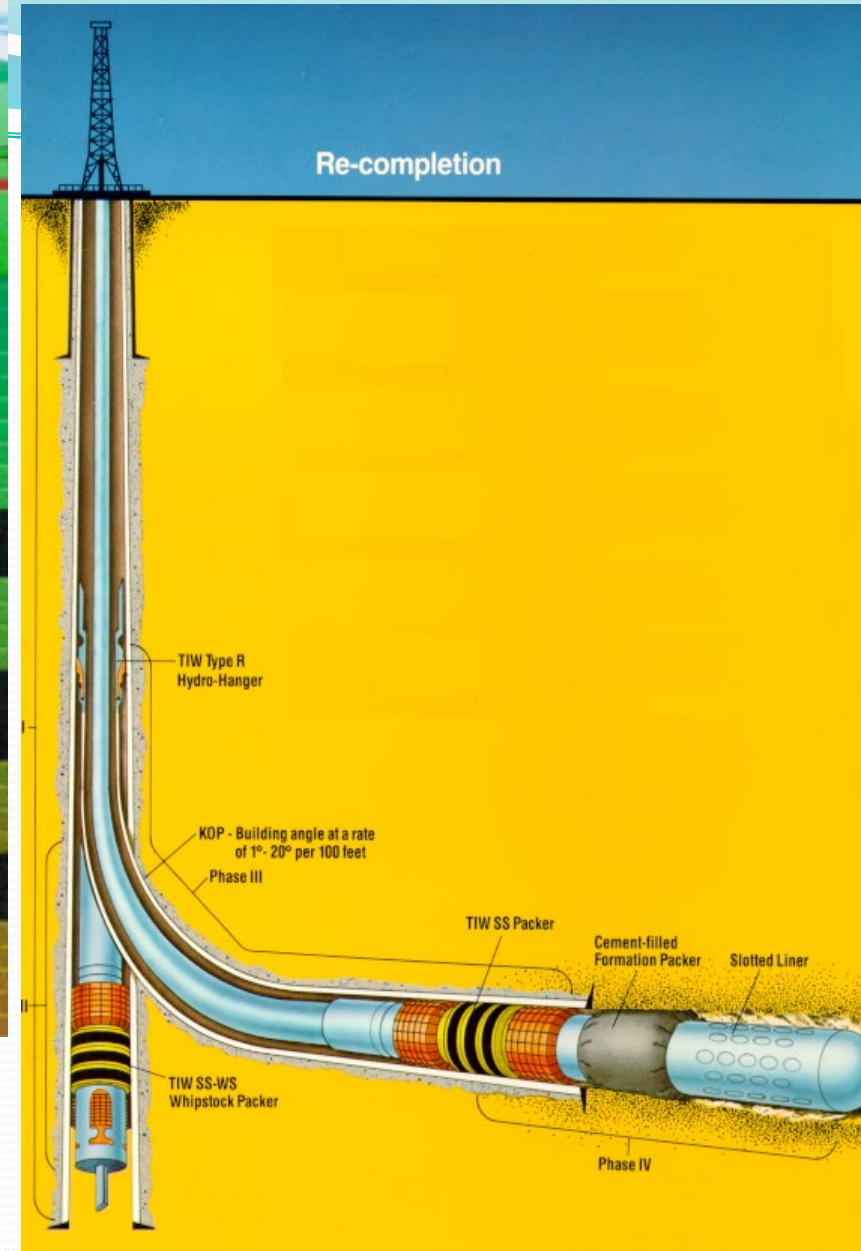
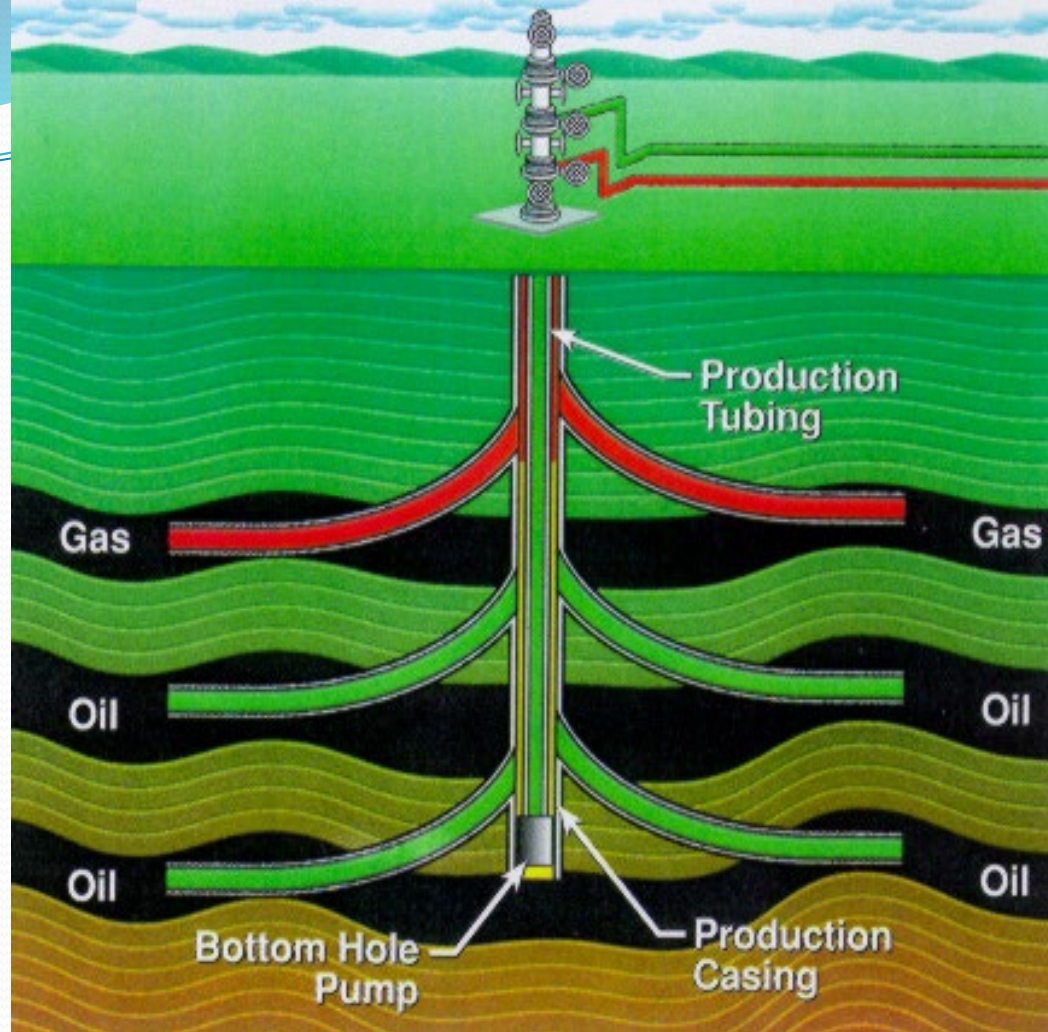
# PROBLEMAS COM A UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS





# Poço Direcional: Grande Afastamento

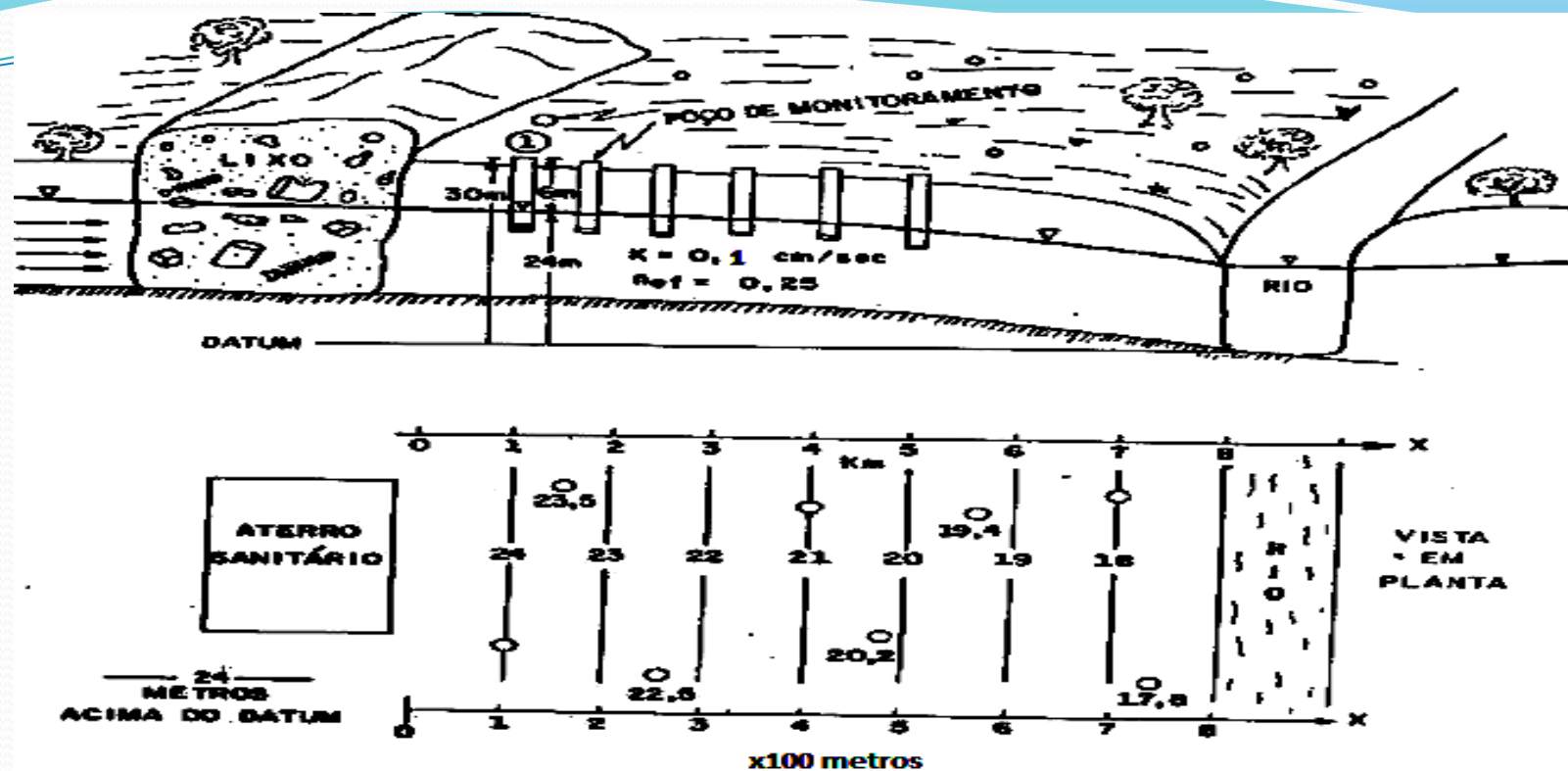








# EXERCÍCIO



Em muitos problemas de contaminação de água subterrânea, estamos interessados em estimar quanto tempo levará para que um poluente se desloque do ponto A para o ponto B. Consultores em águas subterrâneas frequentemente fazem esse cálculo para determinar se a contaminação dos seus clientes poderia ter-se movido até um determinado ponto em certo período de tempo. A Lei de Darcy associada à porosidade efetiva para fluxo é usada para estimar este tempo. A velocidade calculada, contudo, leva em consideração somente os efeitos de fluxo advectivo como se todas as moléculas estivessem movendo-se à mesma velocidade da água e ao longo da mesma frente.

O desenho mostra uma vista em planta e uma seção vertical de um aterro com mais da metade de seu volume abaixo do lençol freático. Embora seja um projeto muito pobre do ponto de vista de poluição, essa era a abordagem muito comum há trinta ou quarenta anos, quando cidades aproveitavam as grandes escavações abandonadas de minas de areia, pedreiras ou erosões.

Para a construção da vista em planta, poços de observação foram perfurados e suas cotas medidas em relação a um datum. Utilizaram-se fitas métricas elétricas (medidores de nível de água) para medir as profundidades até a água de cada poço. No poço 1, localizado 100 metros do aterro, subtraindo-se sua profundidade até a água (6 m), da cota do poço (30 m), a carga hidráulica resultante (24 m) foi disposta em um mapa da área dos poços. Repetindo-se o procedimento para os outros poços e conectando-se por meio de linhas os valores iguais, foi construído um mapa potenciométrico que está representado pela vista em planta na mesma figura. A geologia é tida como isotrópica. Podemos traçar linhas de fluxo perpendiculares às linhas equipotenciais na figura mencionada. As linhas equipotenciais são paralelas umas às outras. Embora não sejam muito comuns quando comparadas a outras situações hidrogeológicas, tais linhas paralelas de potencial são freqüentemente vistas próximas à áreas costeiras ou em terrenos bastante arenosos.

Pode-se estimar a velocidade “linear” média da água subterrânea em movimento, usando a lei de Darcy. Para aplicar a lei, devem-se escolher duas linhas equipotenciais diferentes e a distância entre elas, para calcular um gradiente. Escolhendo-se as linhas de 23 e 22 metros e os dados hidrogeológicos ( $K=0,1 \text{ cm/s} = 86,4 \text{ m/dia}$ ;  $\eta_{ef}=0,25$ ) na figura, calculamos a velocidade real com a equação

$$V_R = (-K/\eta_{ef}) \times (\Delta H/\Delta X) = (-86,4/0,25) \times [(22-23)/(300-200)] = (-345,6) \times (-0,01) = 3,456 \text{ m/dia}$$

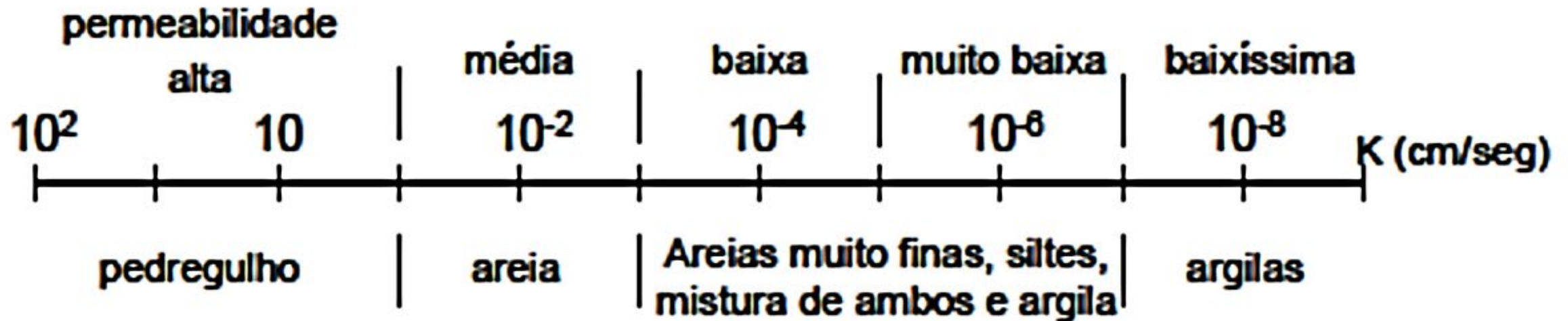
Para calcular o tempo para a água subterrânea caminhar 800 metros do aterro até o rio, dividimos essa distância por 3,456 m/dia, para obtermos o tempo de 231,481 dias.

**Problema\_**

E se os dados fosse ( $K=0,2 \text{ cm/s} = 172,8 \text{ m/dia}$ ;  $\eta_{ef}=0,25$ ).



# INTERVALOS DE VARIAÇÃO DO COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE



# Muito Obrigado!



Emilio Carlos Prandi