

# Hidrogeologia Geral

**Coordenação de Águas Subterrâneas - COSUB**  
Superintendência de Implementação de Programas e  
Projetos – SIP

Márcia Tereza Pantoja Gaspar



# ASSUNTOS

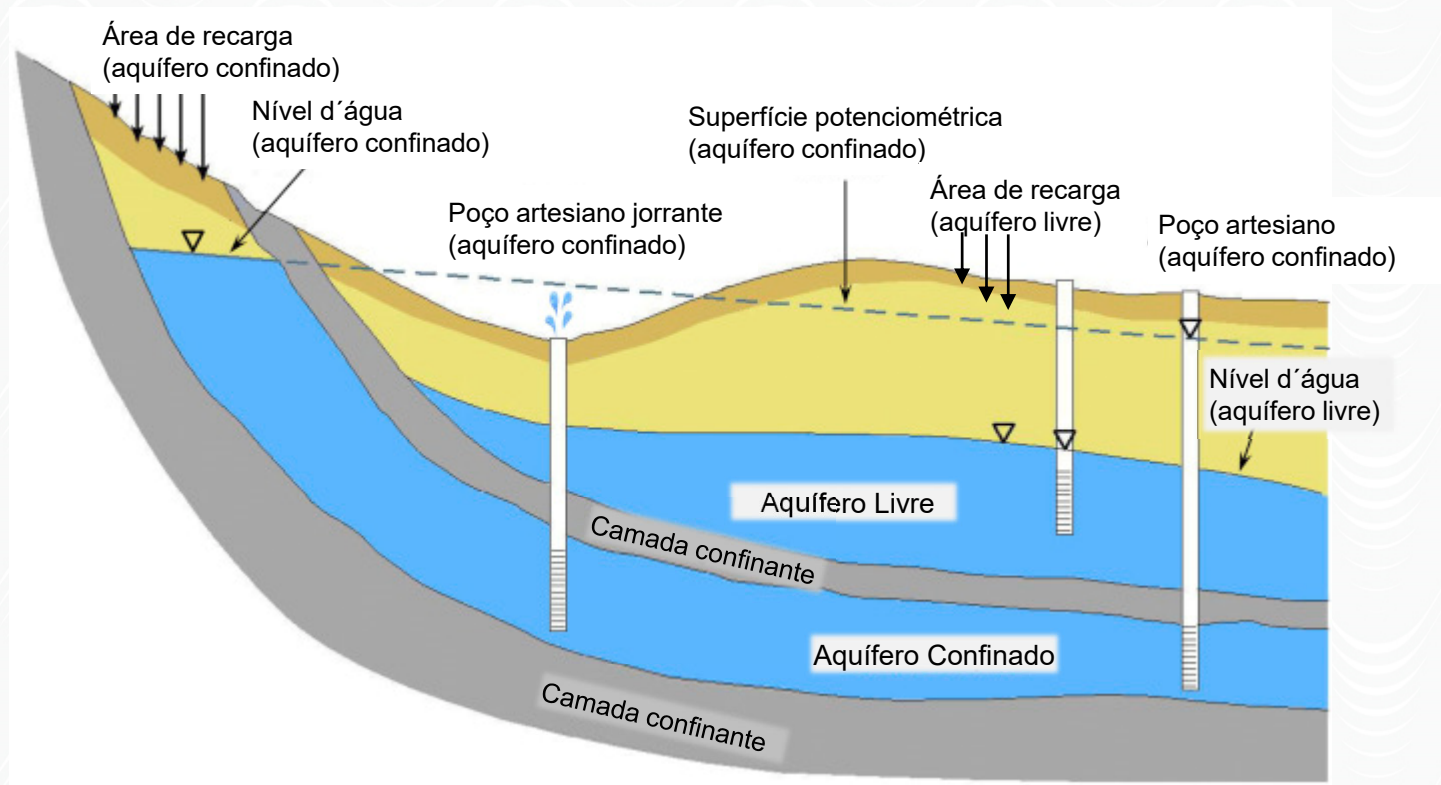
TEMAS



- 1 Classificação de aquíferos (quanto à pressão)
- 2 Movimento das águas subterrâneas (áreas de recarga e descarga)
- 3 Bacia Hidrográfica x Hidrogeológica
- 4 Parâmetros Hidrodinâmicos
- 5 Poços (aspectos construtivos)

# Classificação dos aquíferos

quanto à pressão



<https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/artesian-well>

# Classificação dos aquíferos

quanto à pressão

## 1 LIVRES OU FREÁTICOS OU NÃO CONFINADOS

São aqueles cujo topo é demarcado pelo nível freático, onde a água subterrânea está sujeita à pressão atmosférica.

## 2 CONFINADOS OU ARTESIANOS

São aqueles onde a pressão da água em seu topo é maior do que a pressão atmosférica. São limitados por camadas confinantes (aquiclude)

## 3 SEMI-CONFINADOS

Tipo intermediário entre os dois anteriores. A camada confinante é semipermeável (aquitarde).

## 4 SUSPENSOS

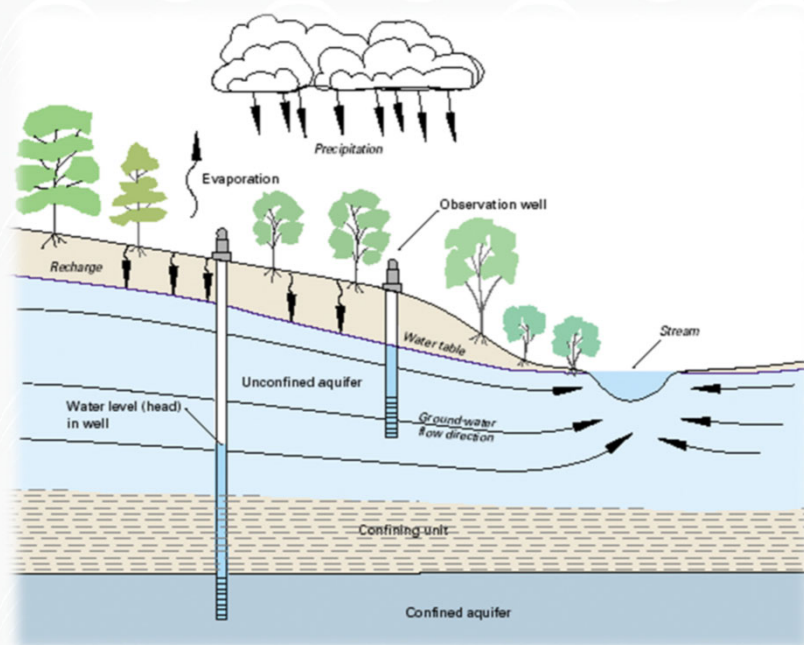
Acumulações de água sobre camadas descontínuas de material menos permeável (aquiclude ou aquitarde), formando um nível aquífero livre de extensão limitada acima do nível principal.

# Classificação dos aquíferos

quanto à pressão

## 1 LIVRES OU FREÁTICOS OU NÃO CONFINADOS

São aqueles cujo topo é demarcado pelo nível freático, onde a água subterrânea está sujeita à pressão atmosférica.

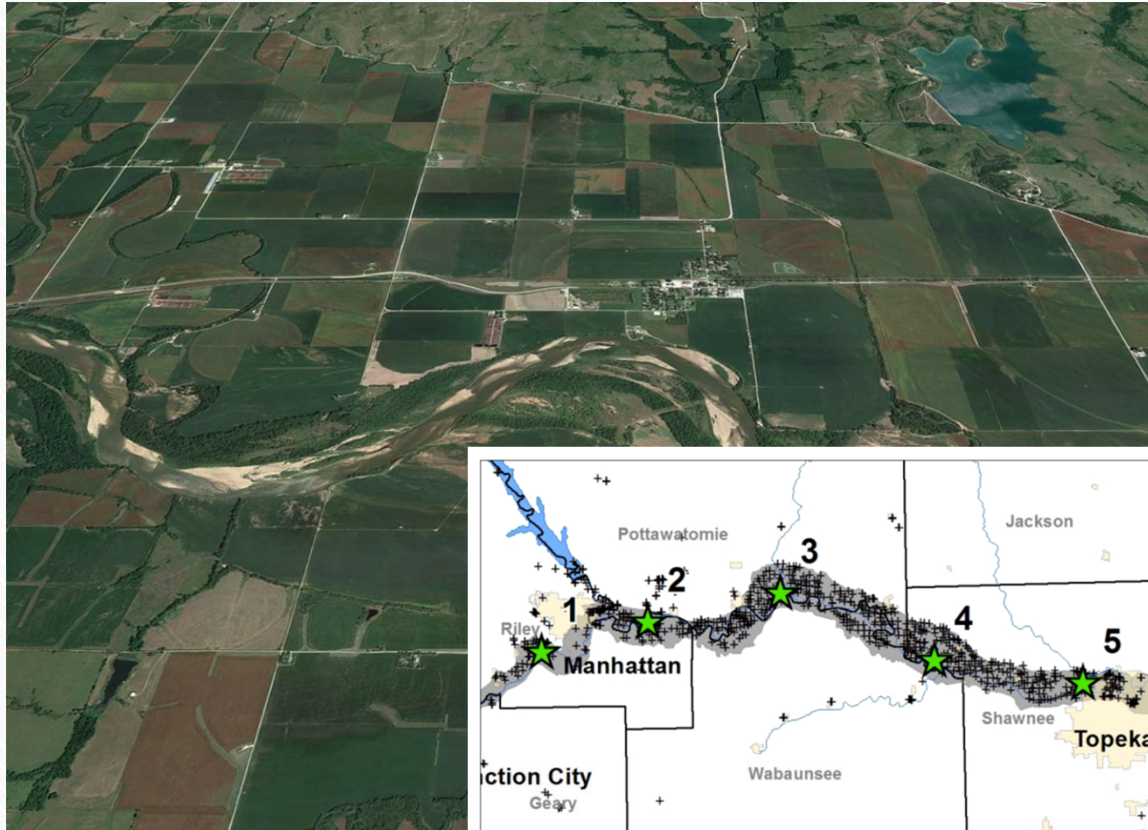


- Normalmente são os mais utilizados
- Níveis d'água mais rasos
- Naturalmente mais vulneráveis
- Poços de captação mais rasos e muitos são escavados manualmente
- Comum a perfuração de poços próximo às áreas de descarga (aluvião dos rios)

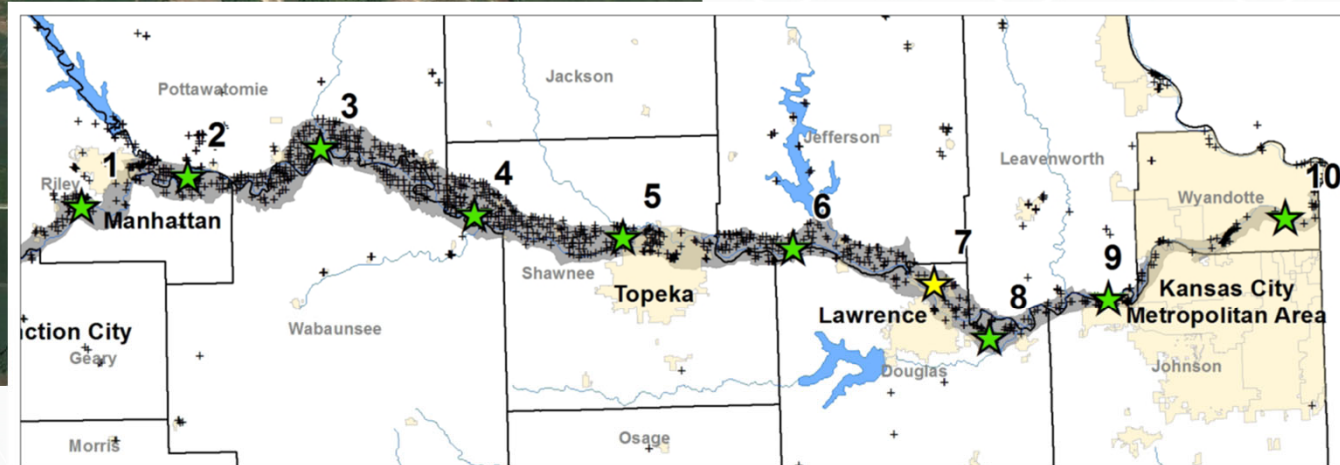
[https://serc.carleton.edu/integrate/teaching\\_materials/water\\_science\\_society/student\\_materials/911](https://serc.carleton.edu/integrate/teaching_materials/water_science_society/student_materials/911)

# Classificação dos aquíferos

quanto à pressão



AQUÍFEROS LIVRES ALUVIONARES  
RIO KANSAS (EUA)



### Groundwater Wells

- + Groundwater well with a water right permit or certificate
- ★ Proposed site for well installation
- ★ Completed and operational Index Well

[http://kslegislature.org/li\\_2018/b2017\\_18/committees/ctte\\_h\\_water\\_and\\_environment\\_1/documents/testimony/20180111\\_03.pdf](http://kslegislature.org/li_2018/b2017_18/committees/ctte_h_water_and_environment_1/documents/testimony/20180111_03.pdf)

#AÁguaÉUmaSó

# Classificação dos aquíferos

quanto à pressão

## 1 LIVRES OU FREÁTICOS OU NÃO CONFINADOS



AQUÍFEROS LIVRES ALUVIONARES  
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE BRASIL

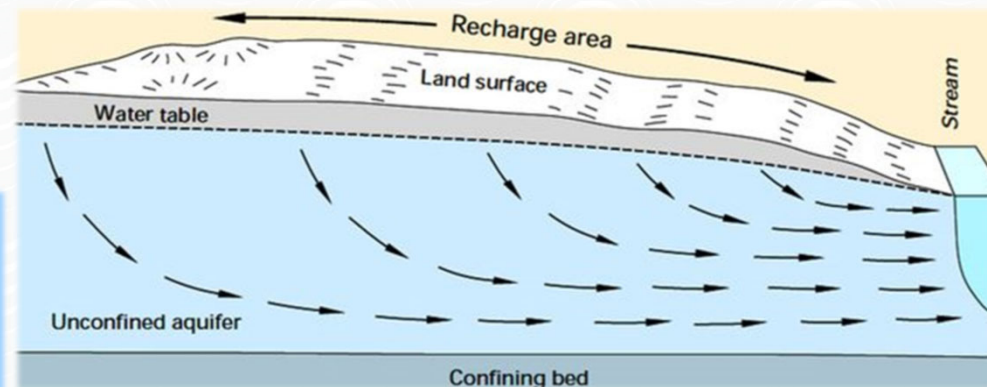
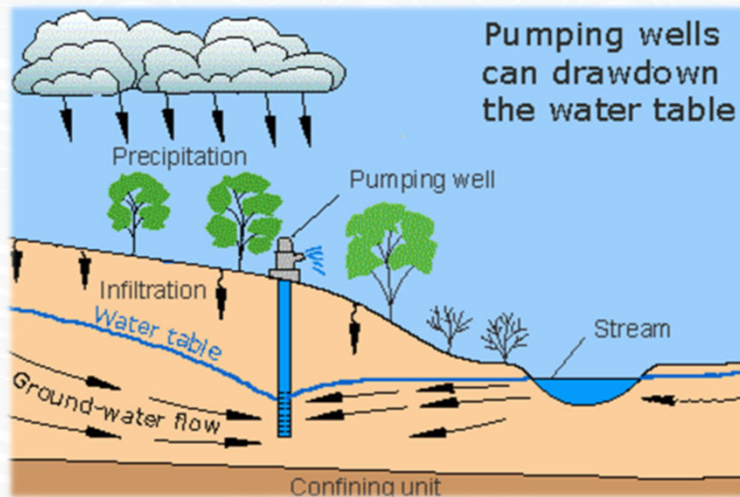
# Classificação dos aquíferos

quanto à pressão

## 1 LIVRES OU FREÁTICOS OU NÃO CONFINADOS

- Interconexão direta rio x aquífero
- Manutenção da perenidade dos corpos superficiais

## CIRCULAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS



**Ground Water And Surface Water A Single Resource. USGS (1998)**

By T.C. Winter, J.W. Harvey, O.L. Franke, and W.M. Alley

<https://pubs.usgs.gov/circ/circ1139/>

#ÁguaÉUmaSó

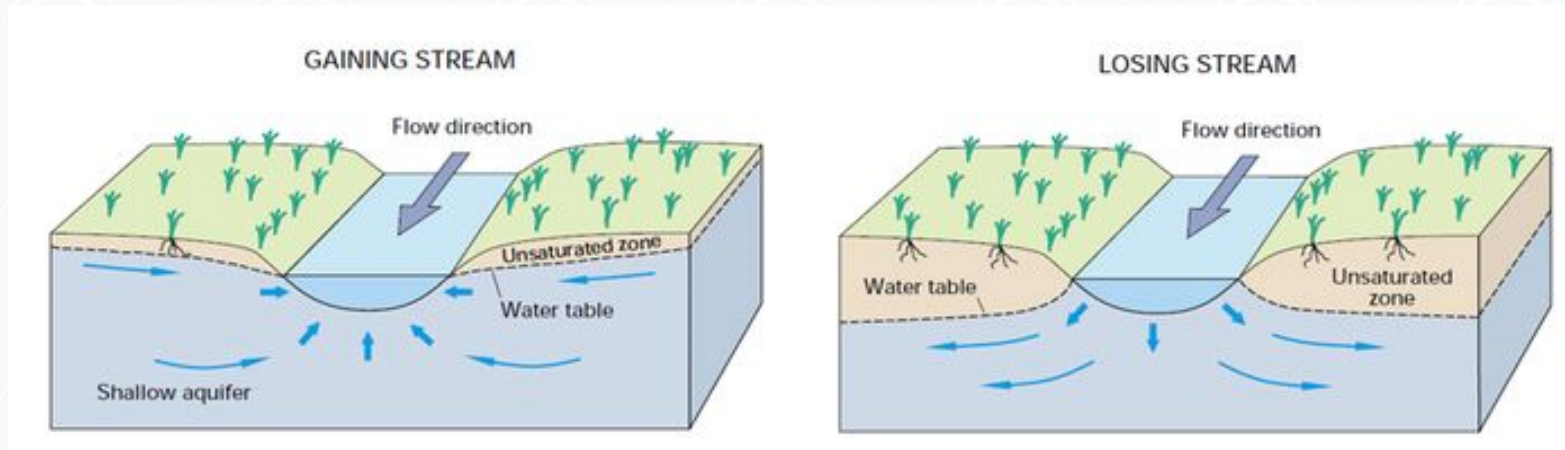


# Classificação dos aquíferos

quanto à pressão

## 1 LIVRES OU FREÁTICOS OU NÃO CONFINADOS

### CIRCULAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS



*Rio efluente*

*Rio influente*

- Relação de perdas e ganhos, em muitos casos sazonais

**Ground Water And Surface Water A Single Resource. USGS (1998)**

By T.C. Winter, J.W. Harvey, O.L. Franke, and W.M. Alley

<https://pubs.usgs.gov/circ/circ1139/>

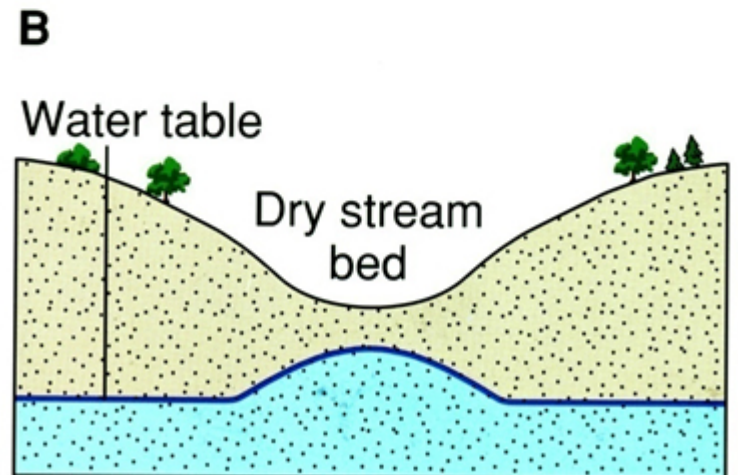
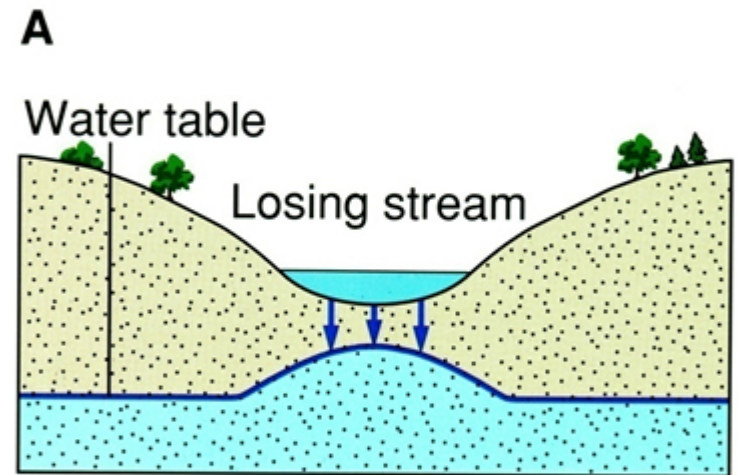
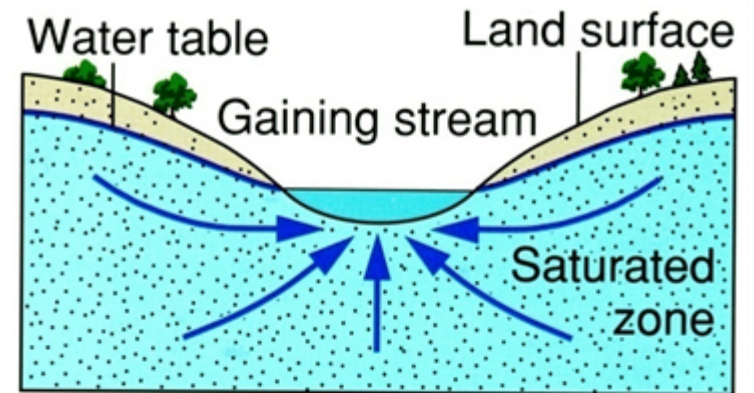
#AÁguaÉUmaSó

# CIRCULAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

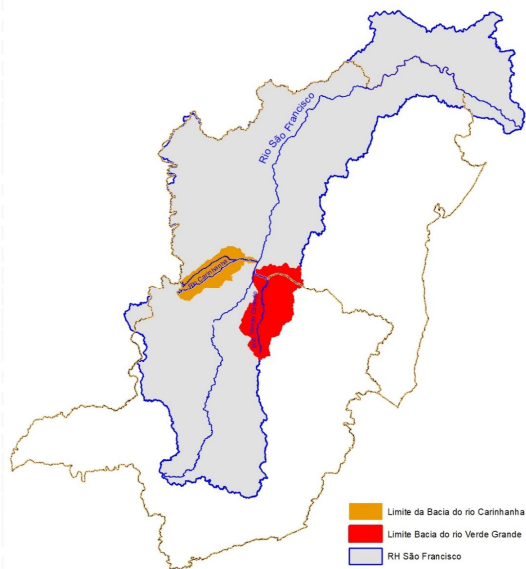
*Rio influente*

*Rio efluente*

*Rio seco*



# CIRCULAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS – RIO VERDE GRANDE (MG)



*Julho/2018*



*2013*

<https://youtu.be/-FzagLMzXSU>

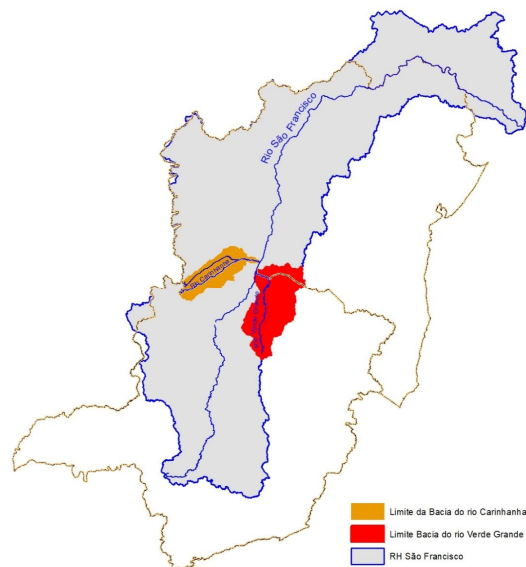
#AÁguaÉUmaSó

*Setembro/2018*



# CIRCULAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS – RIO VERDE GRANDE (MG)

Julho/2018



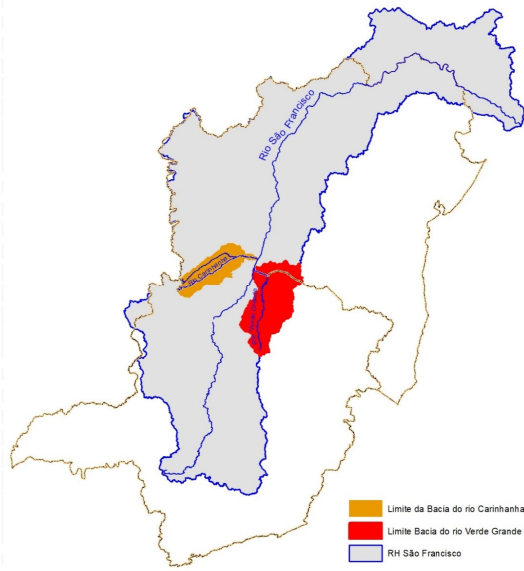
<https://globoplay.globo.com/v/6857298/>

#AÁguaÉUmaSó

#AÁguaÉUmaSó

# CIRCULAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS – RIO VERDE GRANDE (MG)

*Julho/2018*



#AÁguaÉUmaSó

CIRCULAÇÃO DAS ÁGUAS  
SUBTERRÂNEAS – RIO VERDE  
GRANDE (MG)

*Setembro/2018*



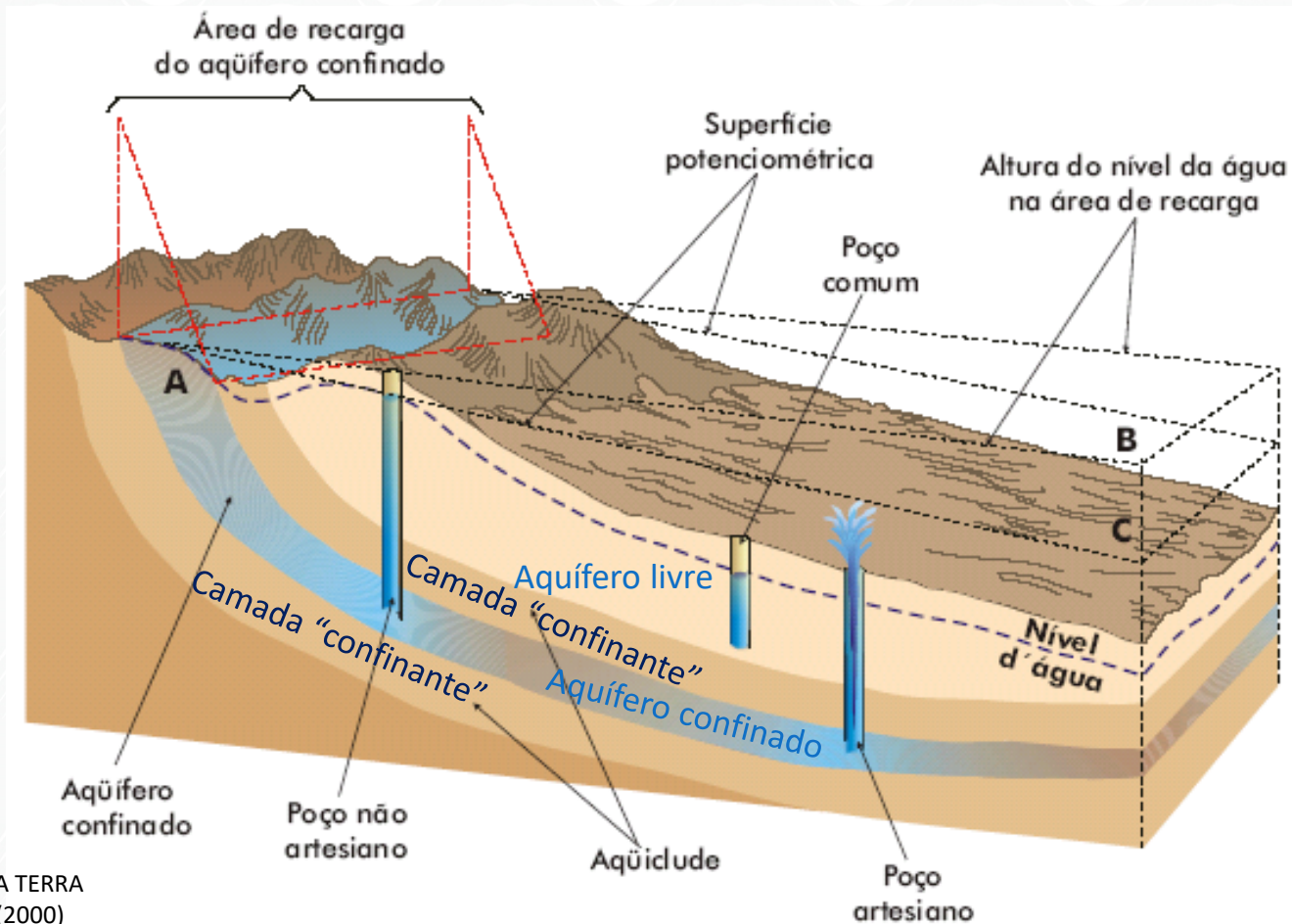
#AÁguaÉUmaSó

# Classificação dos aquíferos

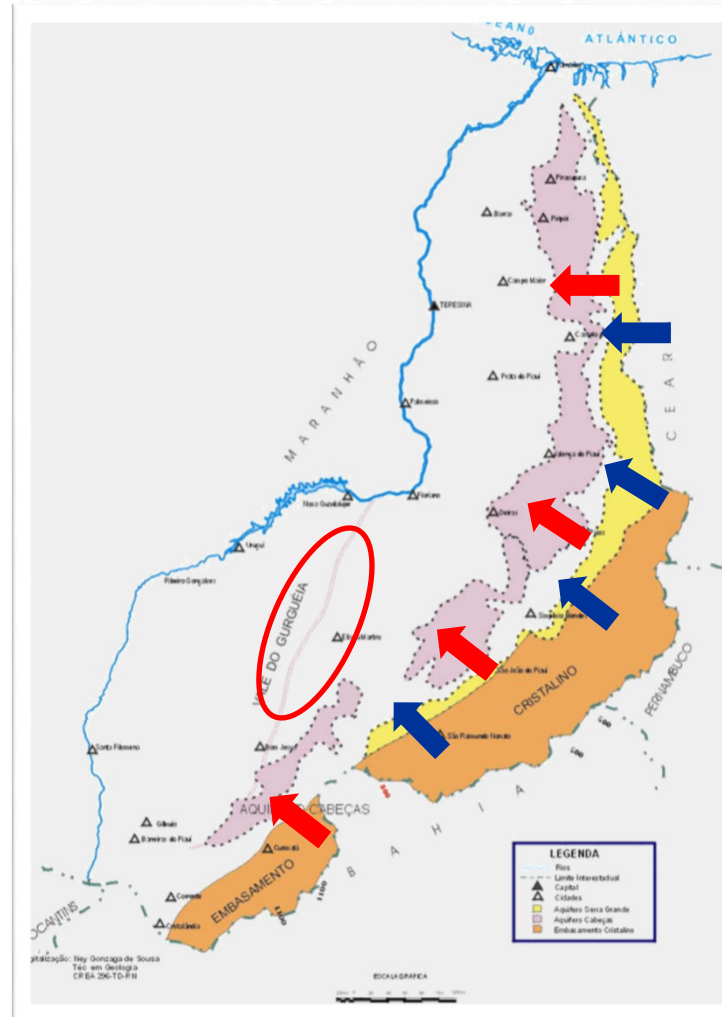
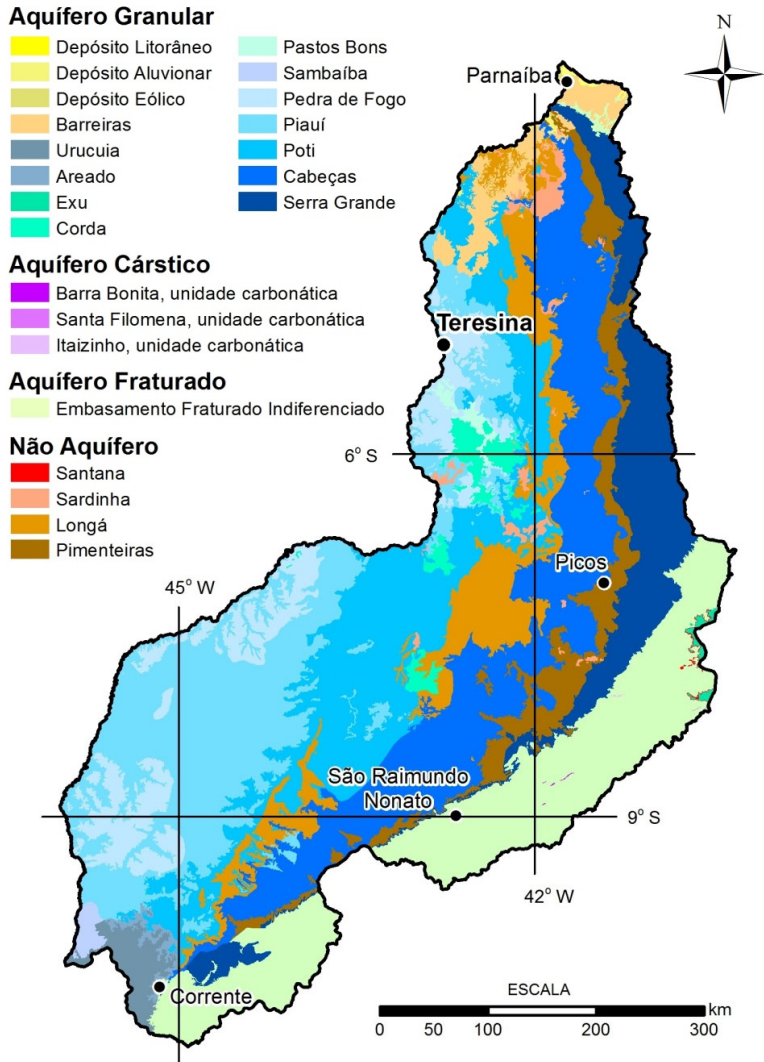
quanto à pressão

## 2 CONFINADOS OU ARTESIANOS

São aqueles onde a pressão da água em seu topo é maior do que a pressão atmosférica. São limitados por camadas confinantes (aquiclude)

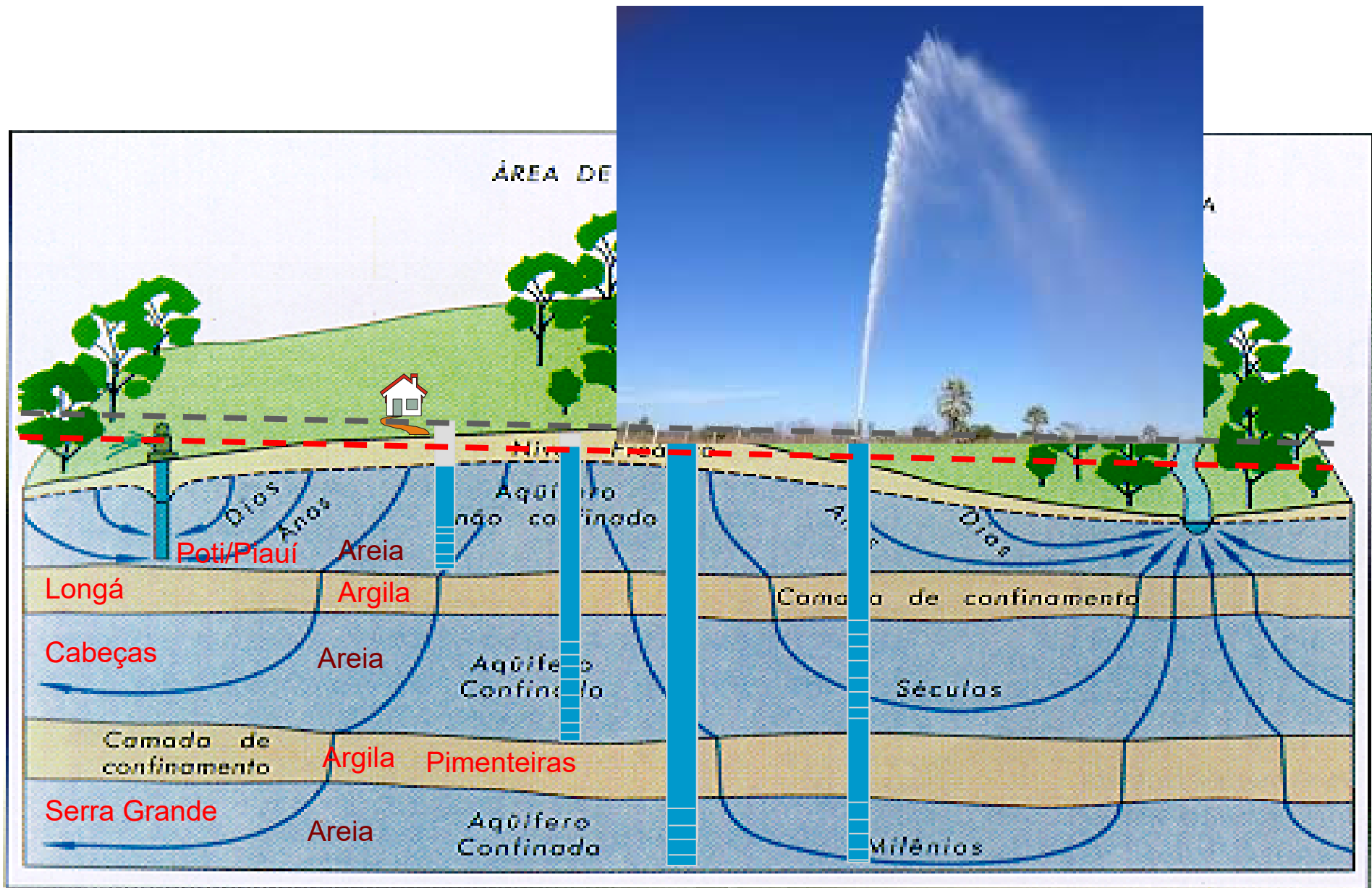


## 2 CONFINADOS OU ARTESIANOS



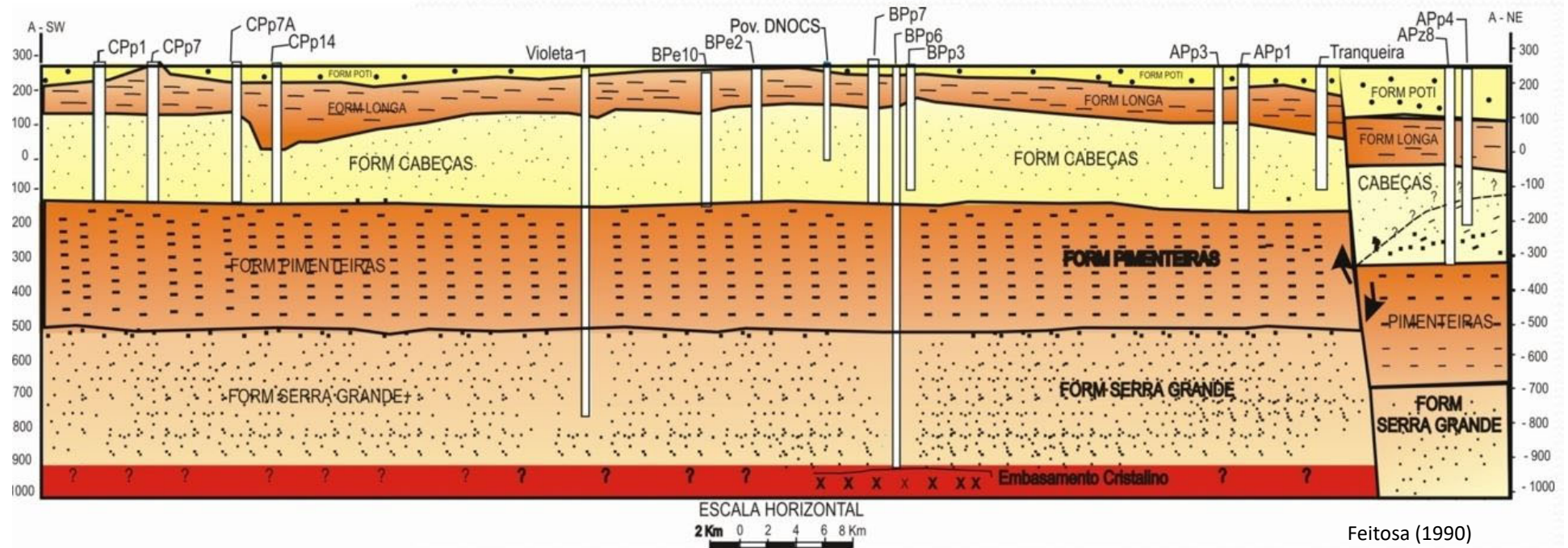
Áreas de Recarga e direção do fluxo dos aquíferos Serra Grande e Cabeças





# Classificação dos aquíferos quanto à pressão

2 CONFINADOS OU ARTESIANOS



Poços jorrantes no Vale do Gurgueia (PI).

Captação dos aquíferos confinados Cabeças e Serra Grande

# Classificação dos aquíferos

quanto à pressão

## 2 CONFINADOS OU ARTESIANOS



*Poços Violeto – Alvorada do Gurgueia (PI)*

Poços jorrantes no Vale do Gurgueia (PI).  
Captação dos aquíferos confinados Cabeças  
e Serra Grande

# Classificação dos aquíferos

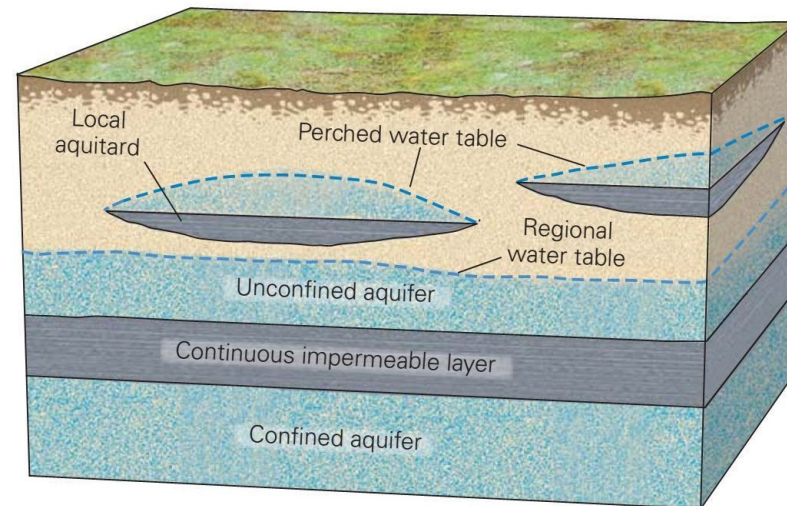
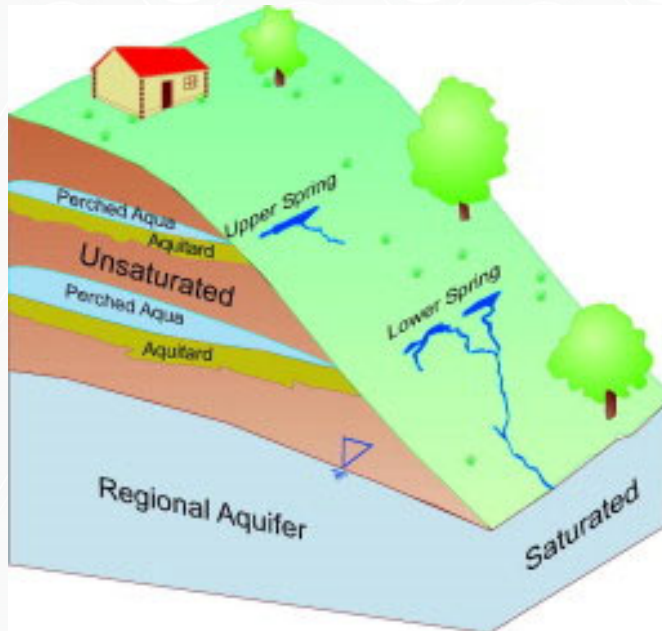
quanto à pressão

## 3 SEMI-CONFINADOS

Tipo intermediário entre os dois anteriores. A camada confinante é semipermeável (aquitarde).

## 4 SUSPENSOS

Acumulações de água sobre camadas descontínuas de material menos permeável (aquicluda ou aquitarde), formando um nível aquífero livre de extensão limitada acima do nível principal.



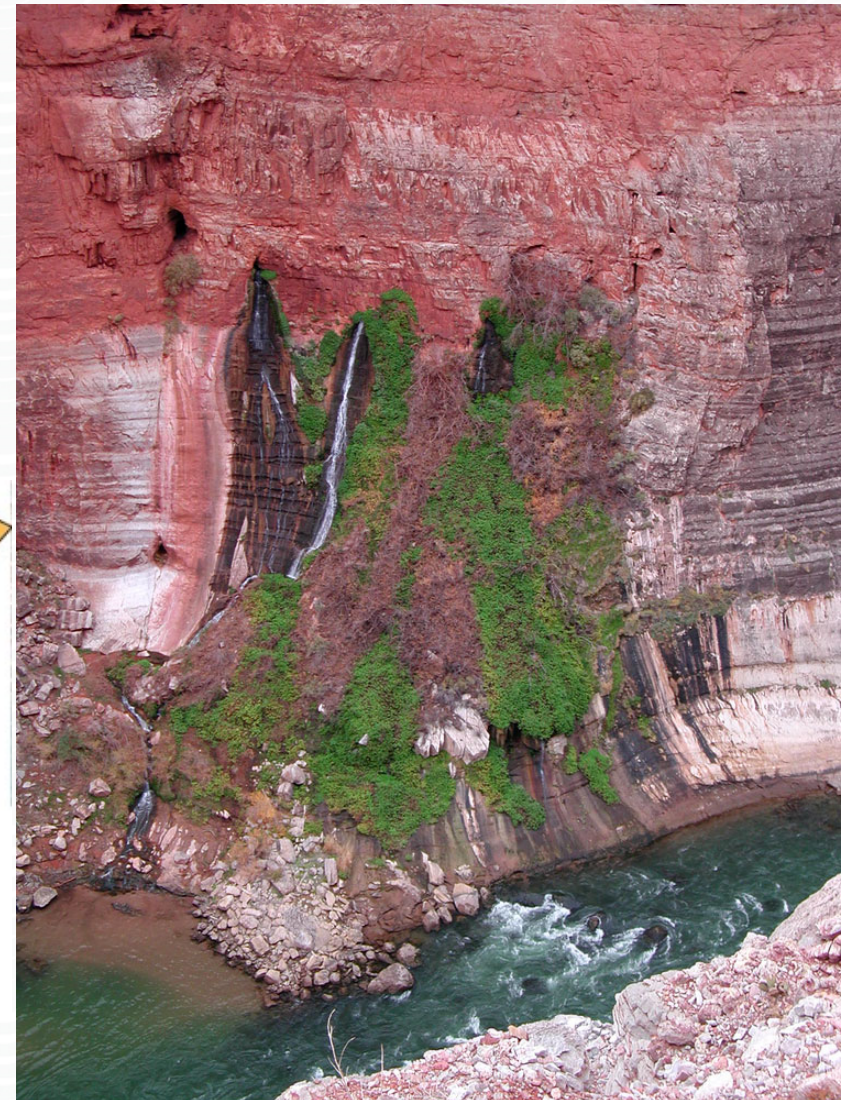
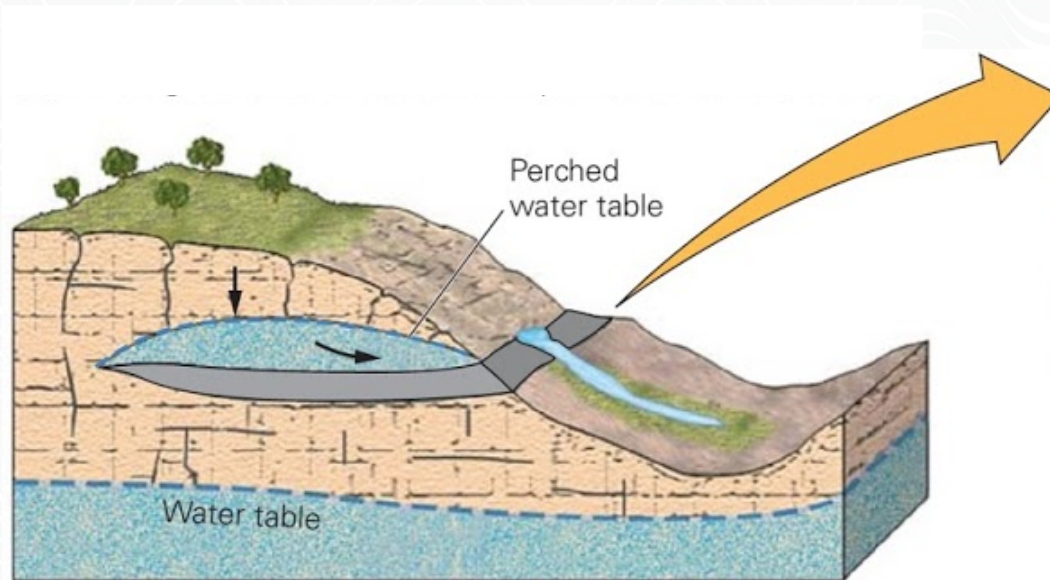
Learning Geology:  
Hydrogeology

# Classificação dos aquíferos

quanto à pressão

## 4 AQUÍFEROS SUSPENSOS

Surgimento de nascentes onde o lençol freático intercepta a superfície de uma encosta



Vaseys Springs – Grand Canyon (EUA)

# Classificação dos aquíferos

quanto à pressão

- ✚ **Livre:** pressão da água na superfície freática é igual a pressão atmosférica
  - Maior vulnerabilidade natural
  - Recarga mais rápida e maior
  - Águas mais "jovens"
  - Interação com as águas superficiais
  - Poços mais rasos e de menor custo

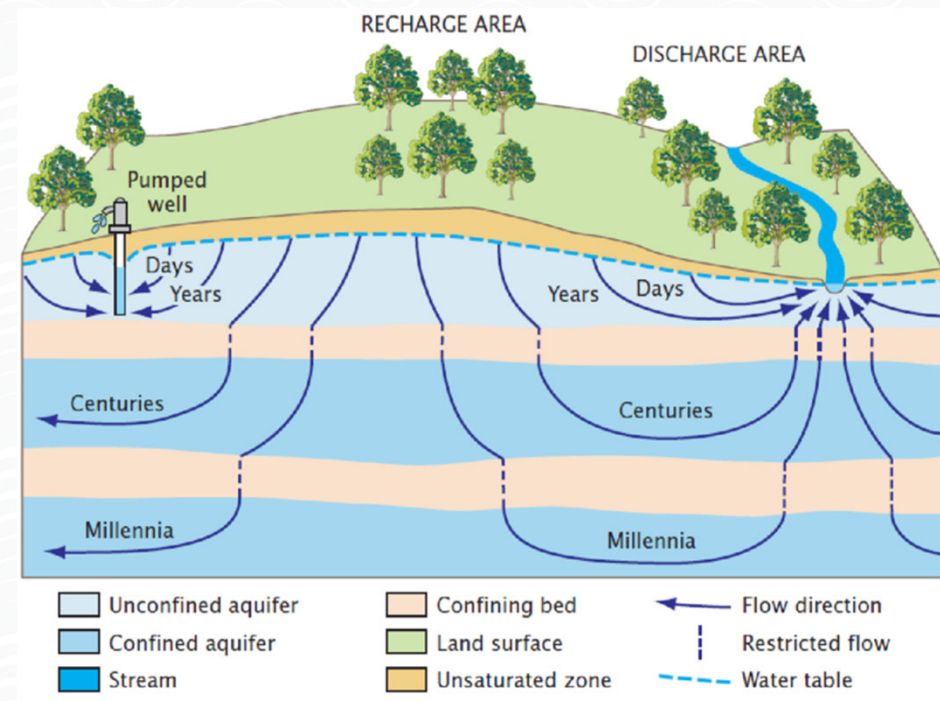
- ✚ **Confinado:** A pressão no nível d' água é maior que a pressão atmosférica
  - Menor vulnerabilidade natural
  - Recarga mais lenta
  - Águas mais "velhas"
  - Poços mais profundos e de maior custo
  - Poços artesianos (jorrantes ou não)

# Movimento das águas subterrâneas

## Áreas de recarga e descarga



- Tempo de circulação das águas subterrâneas (aquíferos livres e confinados)
- Aquífero Livre: circulação “rápida” (dias, décadas)
- Por isso são mais “vulneráveis” às cargas potencialmente contaminantes (saneamento precário)



**Ground Water And Surface Water A Single Resource. USGS (1998)**

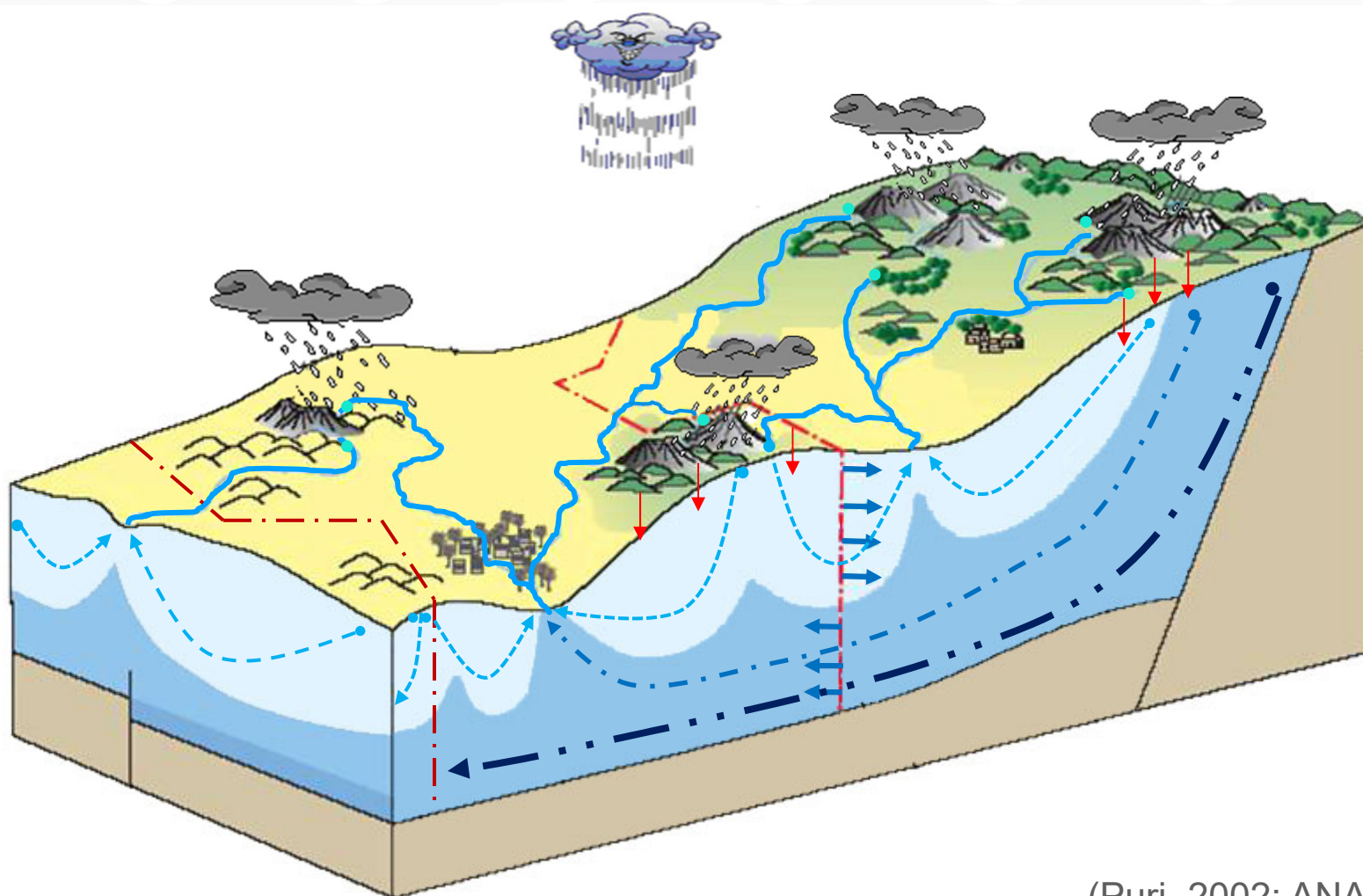
By T.C. Winter, J.W. Harvey, O.L. Franke, and W.M. Alley

<https://pubs.usgs.gov/circ/circ1139/>

#AÁguaÉUmaSó

# Movimento das águas subterrâneas

Áreas de recarga e descarga





# Movimento das águas subterrâneas

## Áreas de recarga e descarga

- Áreas de recarga

Níveis d'água mais profundos

Relevo plano a suave ondulado

Solos espessos

- Áreas de descarga

Níveis d'água rasos ou "aflorantes"

Relevo mais "movimentado"

Solos menos espessos ou rocha aflorante

# Movimento das águas subterrâneas

Áreas de recarga e descarga



Sistema Aquífero Guarani  
8 estados  
(MT,MS,GO,MG,SP,PR,SC,RS)

Área total: 738 mil km<sup>2</sup>

Área aflorante: (recarga)

# Movimento das águas subterrâneas

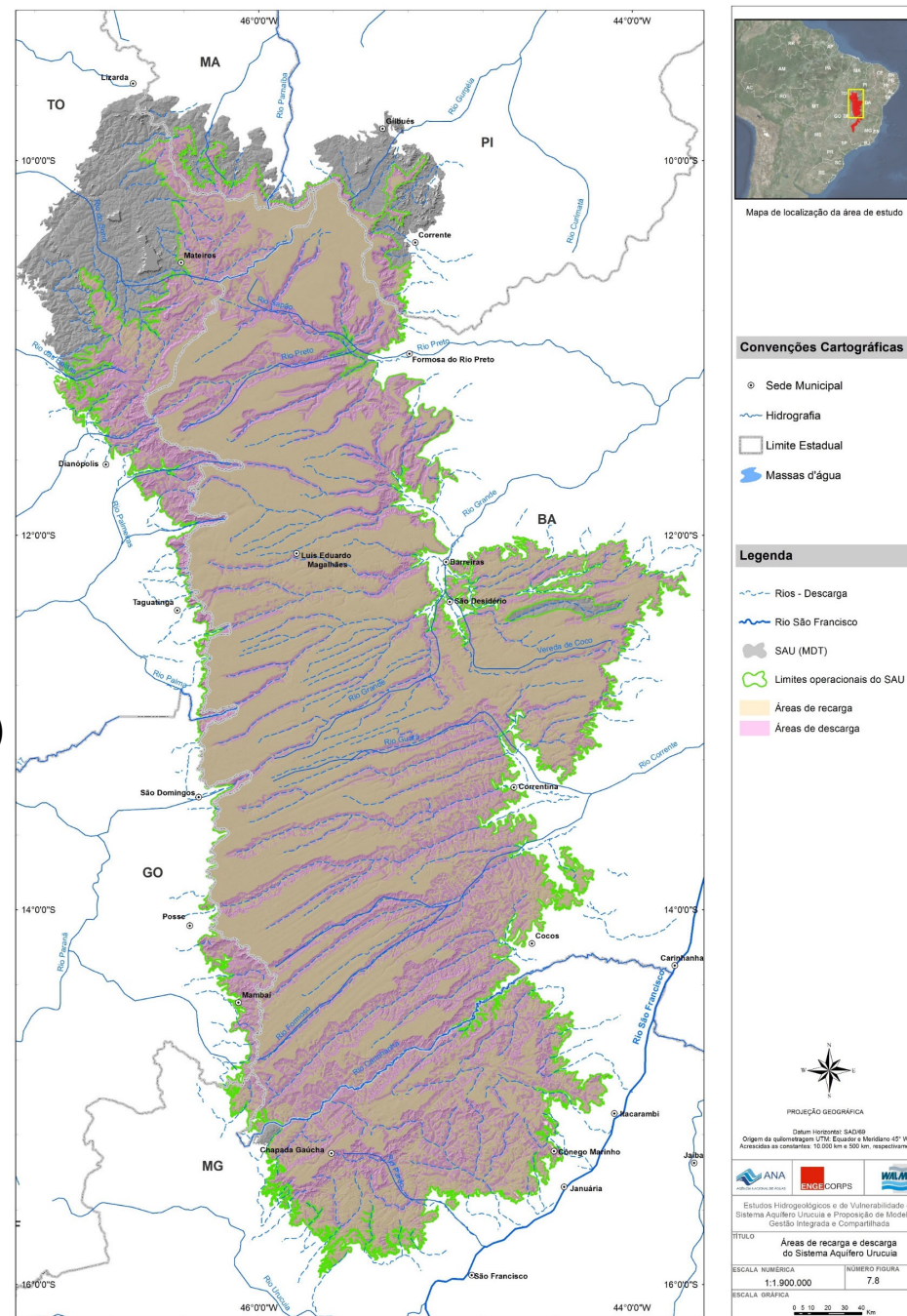
Áreas de recarga e descarga

Sistema Aquífero Urucuia  
6 estados (MA,TO,PI,BA,GO,MG)

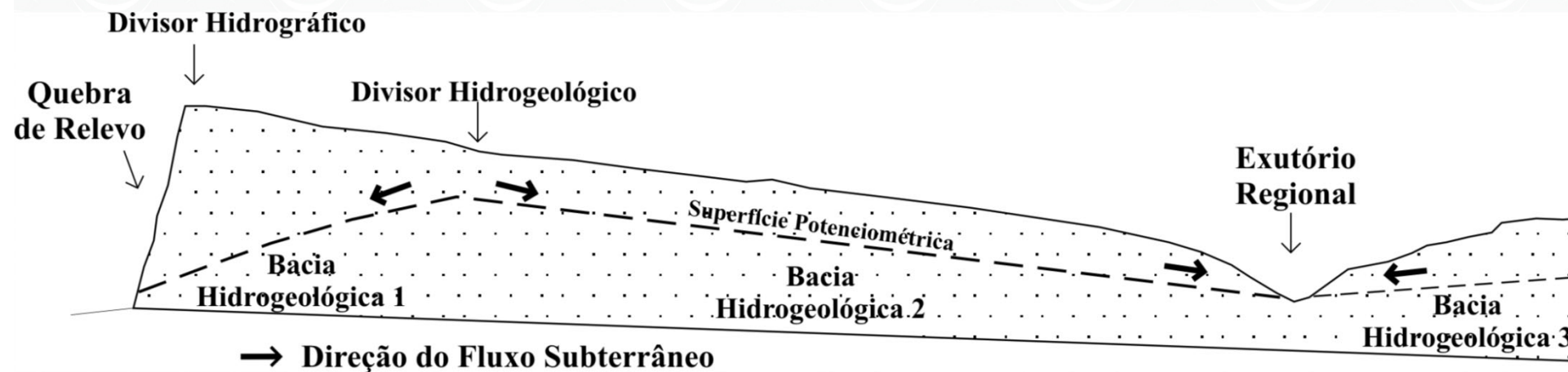
Área total: 126 mil km<sup>2</sup>

Área operacional: 109 mil km<sup>2</sup>

Área aflorante: 67% 73 mil km<sup>2</sup> (recarga)

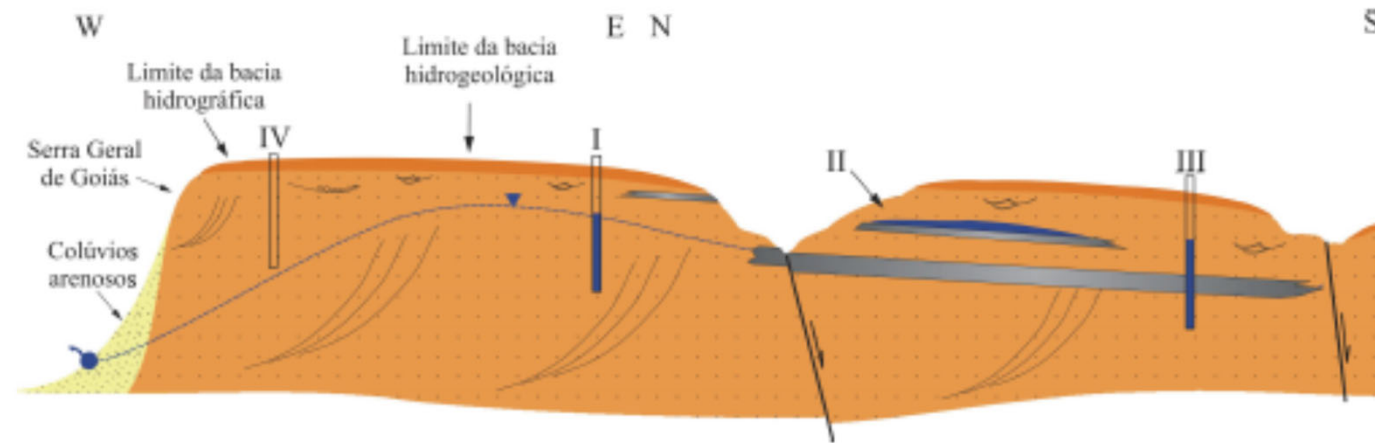
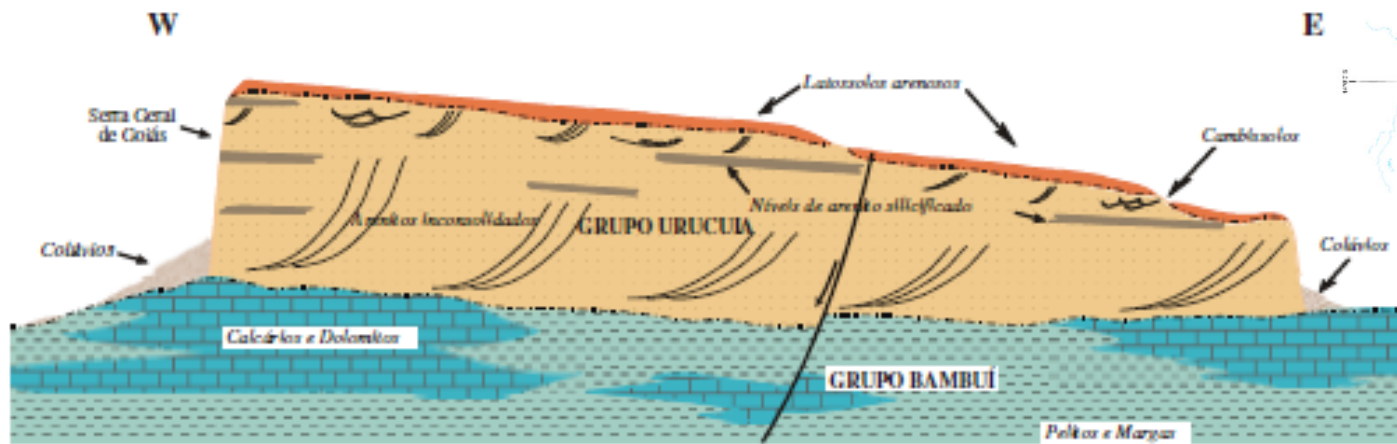
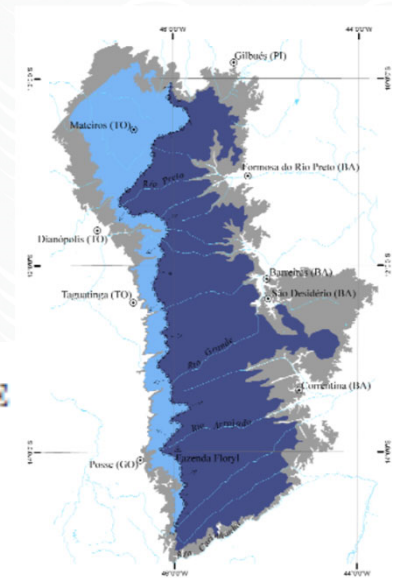


# Bacia hidrográfica x hidrogeológica



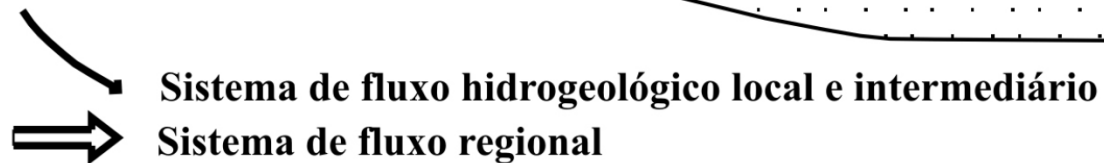
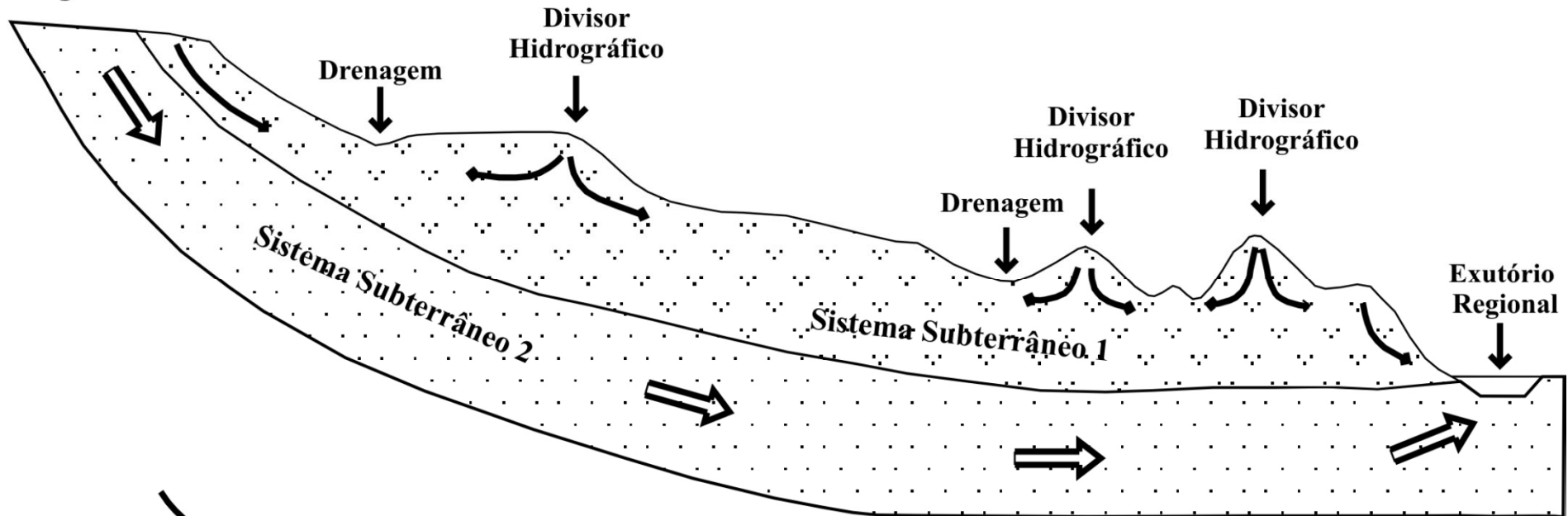
Arraes & Campos (2007)

# Bacia hidrográfica x hidrogeológica



## Bacia hidrográfica x hidrogeológica

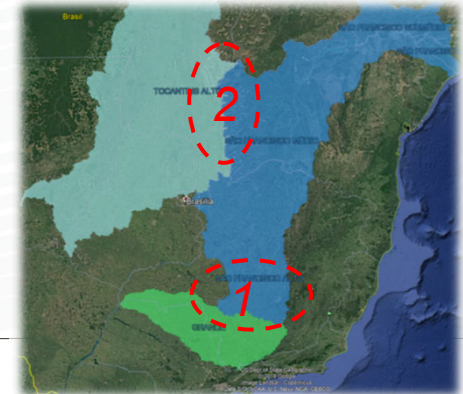
Área de Recarga Regional



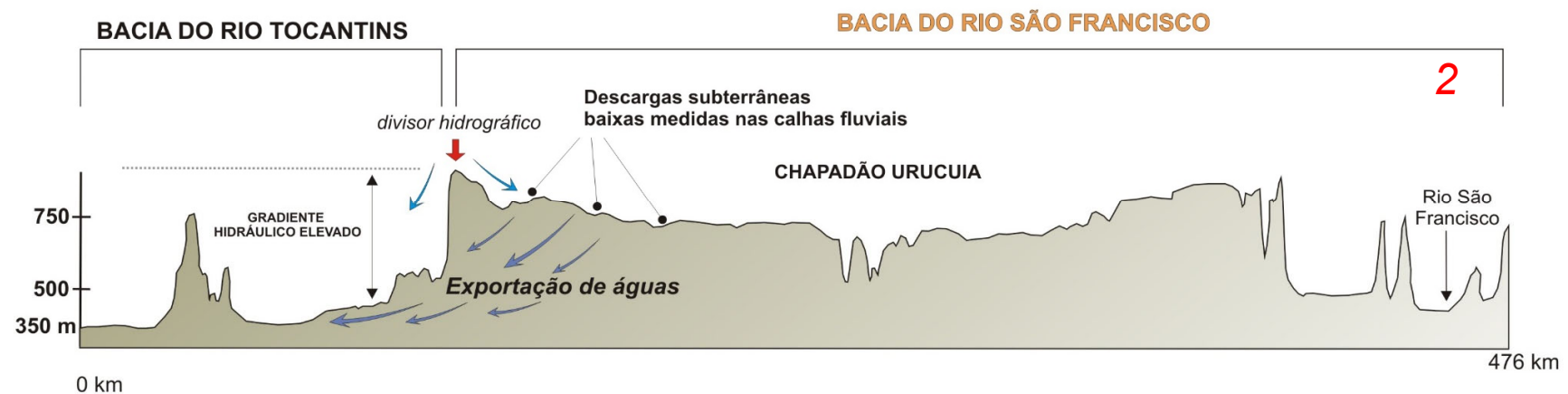
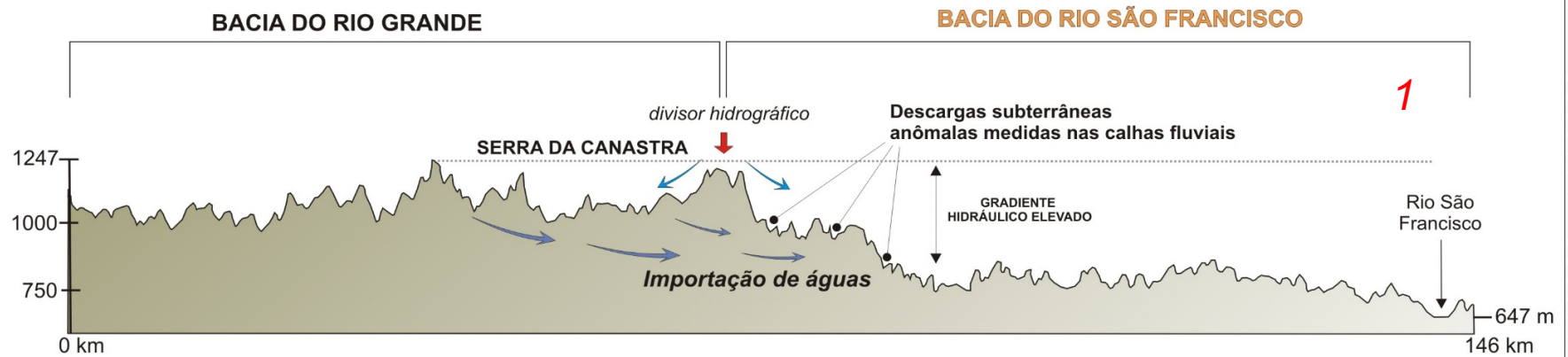
Arraes & Campos (2007)

# Bacia hidrográfica x hidrogeológica

## Bacia do Rio São Francisco

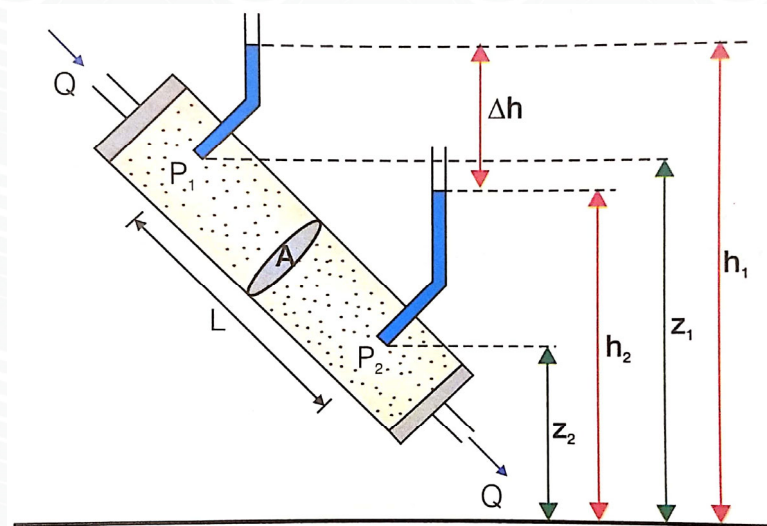


CONDIÇÕES DE EXPORTAÇÃO E IMPORTAÇÃO DE ÁGUA NAS BORDAS DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO



# PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS

K, T, S



Datum ( $z = 0$ )

Esboço esquemático do experimento de Darcy

$$Q = K \cdot A \cdot \frac{(h_1 - h_2)}{L}$$

Conductividade hidráulica

Gradiente hidráulico

- $h$  = carga hidráulica
- $Z$  = cota no ponto
- $Q$  = vazão
- $A$  = área da seção transversal do cilindro
- $L$  = distância entre os piezômetros





# PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS

K, T, S

K

## CONDUTIVIDADE HIDRAÚLICA

Característica intrínseca do material (rocha, sedimentos do aquífero) e do fluido. É a facilidade com que a água se move através dos interstícios da rocha. Usualmente expressa em m/s, cm/s.

Material	Condutividade hidráulica (cm/s)
Argila	$10^{-9}$ a $10^{-6}$
Silte; Silte arenoso	$10^{-6}$ a $10^{-4}$
Areia argilosa	$10^{-6}$ a $10^{-4}$
Areia Siltosa; Areia fina	$10^{-5}$ a $10^{-3}$
Areia bem distribuída	$10^{-3}$ a $10^{-1}$
Cascalho bem distribuído	$10^{-2}$ a $10^{-0}$

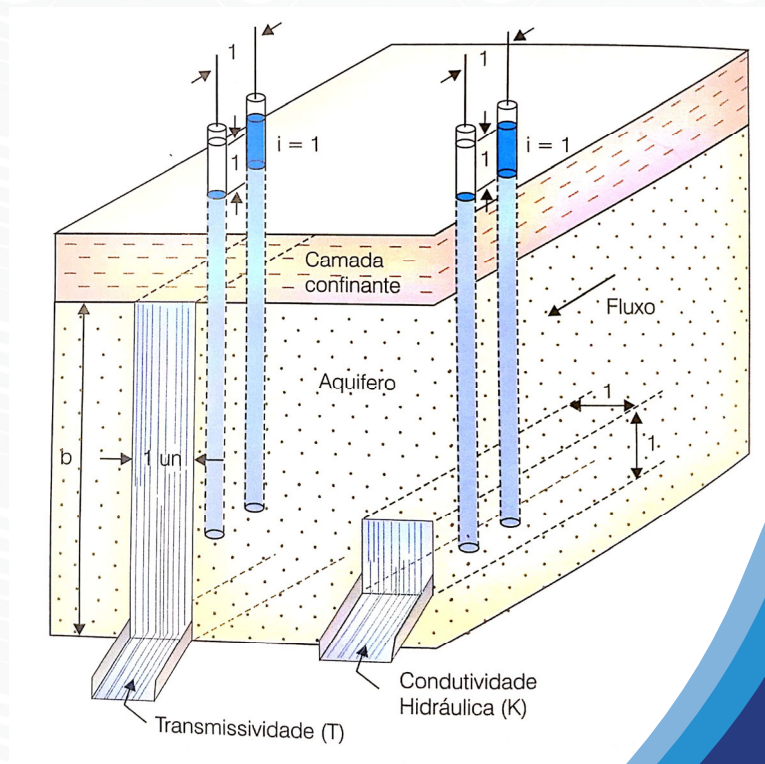
# PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS

K, T, S

T

## TRANSMISSIVIDADE

É a capacidade de transmissão horizontal de água por toda a espessura saturada do aquífero. É usualmente expressa em  $m^2/s$ ,  $m^2/dia$ .



$$T = K \cdot b$$

Onde:

b = espessura saturada

# PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS

K, T, S

S

COEFICIENTE DE ARMAZENAMENTO

É conceituada como a quantidade de água que pode ser liberada do aquífero de toda a espessura saturada do aquífero. É um valor adimensional.

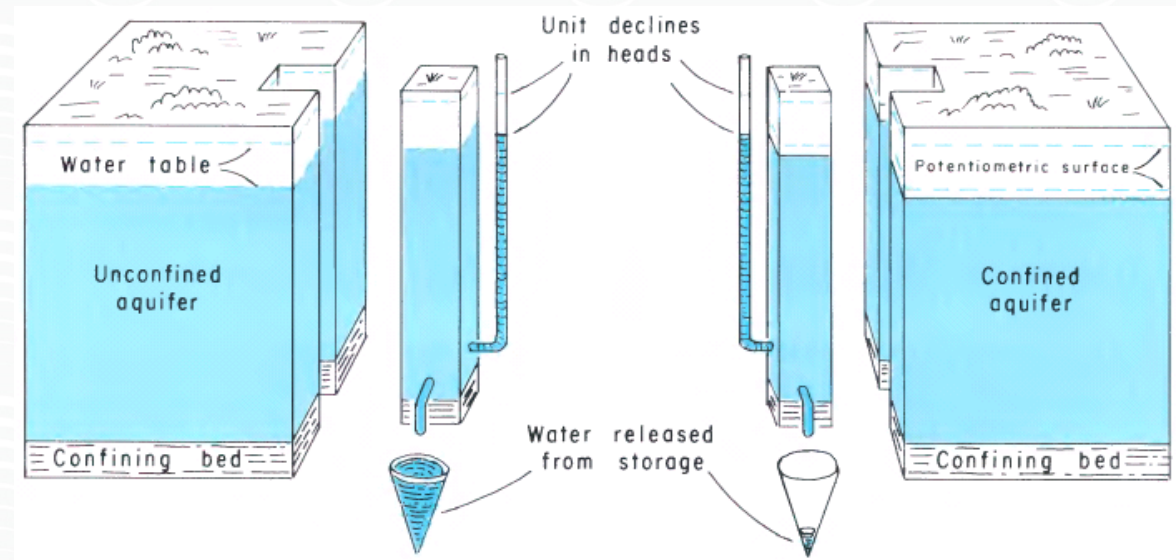
$$S = S_e \cdot b$$

Onde:

$S_e$  = armazenamento específico

$b$  = espessura saturada

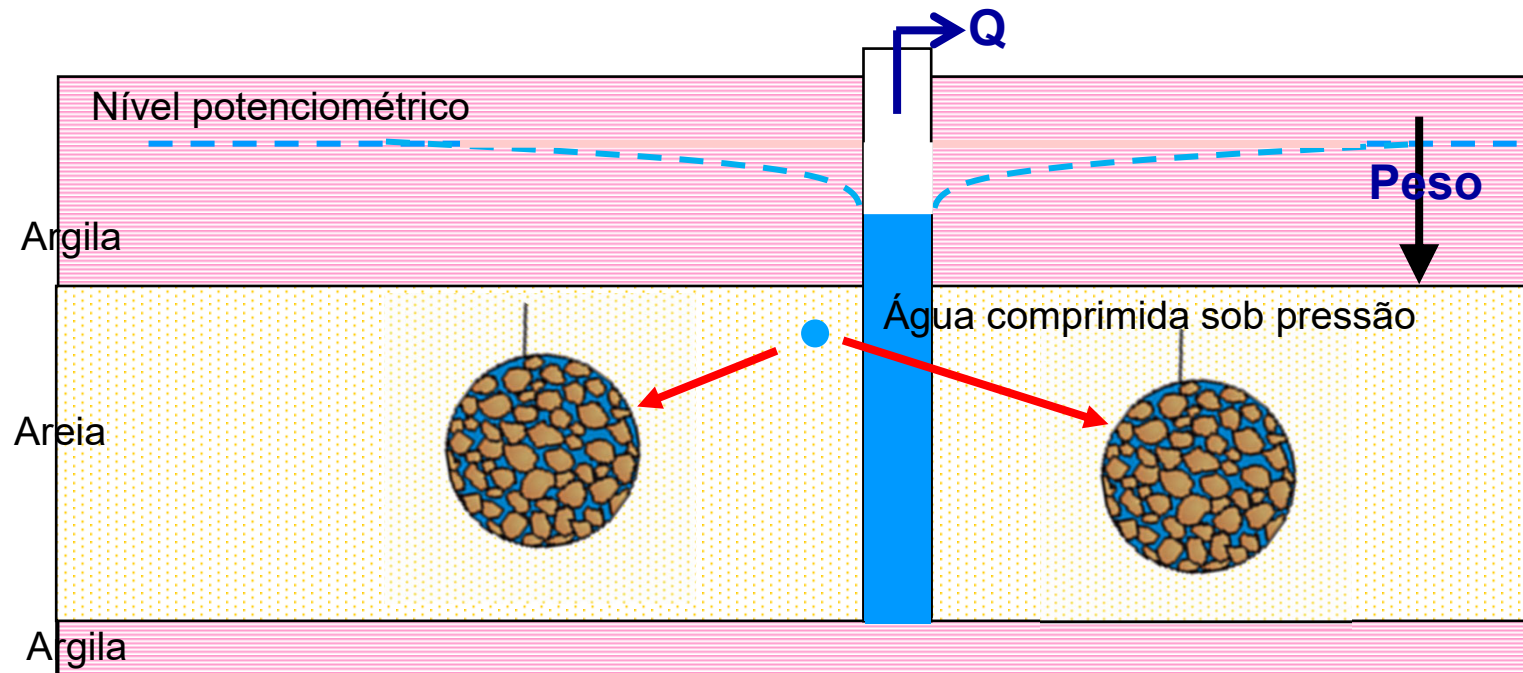
$$S_e = \frac{\delta V}{V \cdot \delta h}$$



AQUÍFEROS LIVRES:  $S = 0,01$  A  $0,35$

AQUÍFEROS CONFINADOS:  $S = 10^{-3}$  A  $10^{-5}$

## Mecanismos de Liberação de Água dos Aqüíferos Confinados

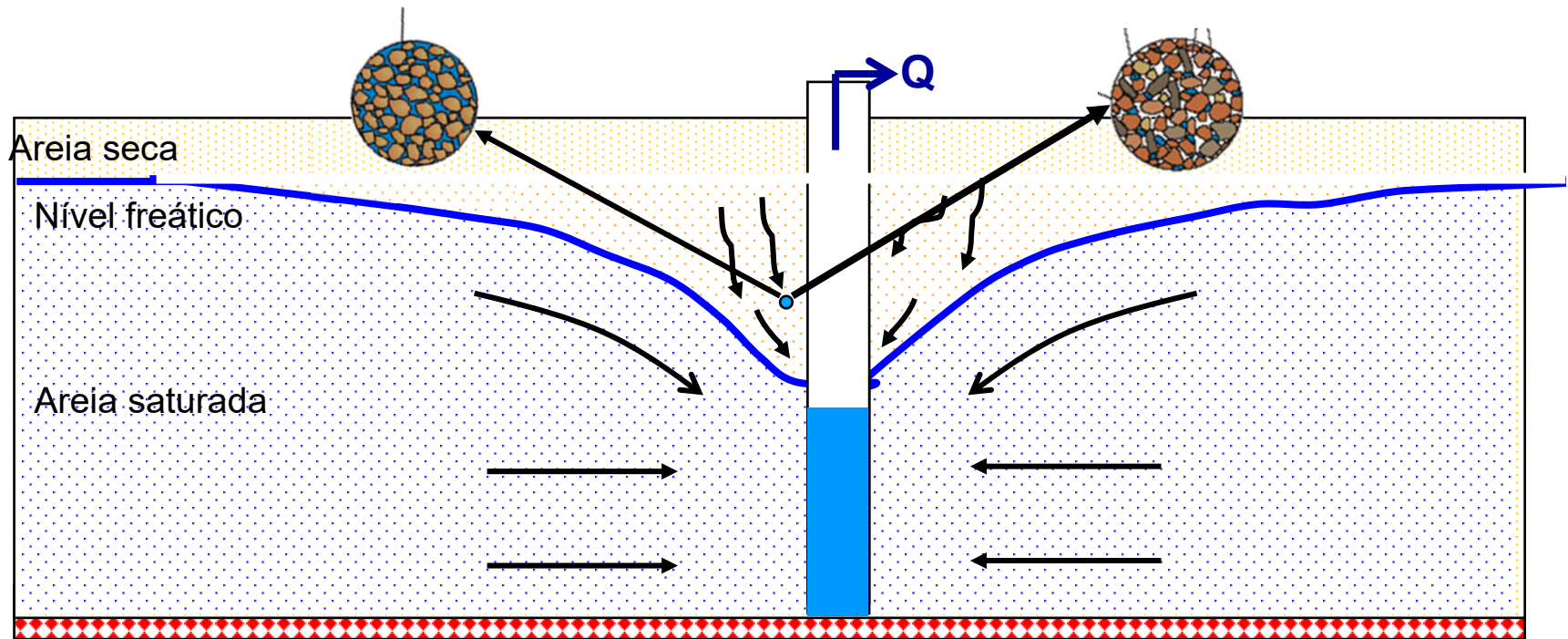


➡ **Descompressão da água**

➡ **Compactação do aqüífero**

**S**

## Mecanismos de Liberação de Água dos Aquíferos Livres



*Descompressão da água*  
*Compactação do aquífero*

**S**

*Drenagem gravitacional dos poros*

**$\eta_e$**

# PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS

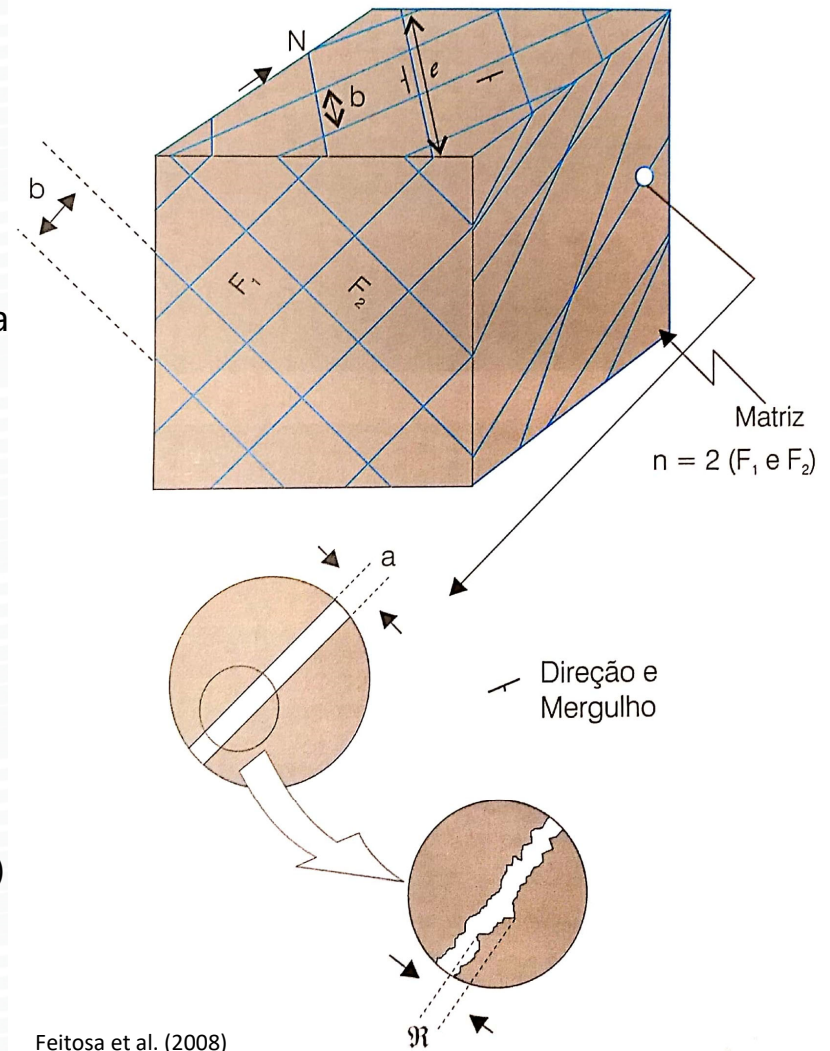
$K$ ,  $\mathcal{R}$ ,  $S$

## ■ Aquíferos Fissurais/Fraturados

### HETEROGÊNEO E ANISOTRÓPICO

Porosidade secundária: função das fissuras e outras descontinuidades. Fatores que influenciam a hidrodinâmica do meio fissural:

1. Amplitude das fissuras ( $l$ )
2. Abertura das fissuras ( $a$ )
3. Forma e rugosidade das paredes das fissuras ( $\mathcal{R}$ )
4. Propriedades do material que preenche as fissuras
5. Conectividade entre as fissuras
6. Frequência ou espalhamento das fissuras ( $b_f$ )
7. Orientação e posição das fissuras (direção e mergulho)
8. Porosidade e permeabilidade da matriz rochosa



Feitosa et al. (2008)

## PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS

- Aquíferos Fissurais/Fraturados



- Aquíferos Cársticos



## POÇOS

Tipo de "OBRA DE ENGENHARIA" utilizada para captação das águas subterrâneas.

Normalmente de formato circular, com diâmetro e profundidade variáveis.

- 1 Tipos principais e incomuns
- 2 Aspectos construtivos
- 3 Testes de bombeamento





## POÇOS

### 1 Tipos principais e incomuns

#### Poço Raso, Cisterna, Cacimba ou Amazonas - Poços Escavados

Poços de grandes diâmetros (1 metro ou mais), escavados manualmente e revestidos com tijolos ou anéis de concreto (ou sem revestimento). Captam a água do lençol freático, geralmente com profundidades de até 20 metros.



# POÇOS

## 1 Tipos principais e incomuns

### Poço Tubular

Obra de engenharia para acesso a água subterrânea, executada com sonda perfuratriz mediante perfuração vertical com diâmetro de 4" a 36".



# POÇOS

## 1 Tipos principais e incomuns

### “Poços” incomuns

- Poço aranha: poços rasos interligados a um único sistema de bombeamento.



## POÇOS

### 1 Tipos principais e incomuns

#### “Poços” incomuns

- Cava mineração: Afloramento do lençol freático devido a escavação para atividades de extração mineral

# POÇOS

## 1 Tipos principais e incomuns

### “Poços” incomuns

- Tanques escavados: Tanques de formatos retangular ou quadrado, rasos, escavados manualmente, onde aflora o lençol freático



# POÇOS

2

## Aspectos construtivos



## POÇOS

2

### Aspectos construtivos

ABNT

**Etapas Prévias:** Projeto do Poço

NBR12.212 - Projeto de poço tubular

**Etapas Construtivas:**

NBR12.244 - Construção de poço tubular

- **Perfuração** - Percussivo, Rotativo ou Rotopneumático.
- **Completação** - Colocação do revestimento, filtro, pré-filtro e cimentação.
- **Limpeza** - retirar toda a lama e resíduos de perfuração.
- **Desenvolvimento** - tem o objetivo de aumentar a condutividade hidráulica natural nas proximidades do poço, através da retirada seletiva de finos, e corrigir danos causados ao aquífero devido a perfuração (compactação, colmatação).

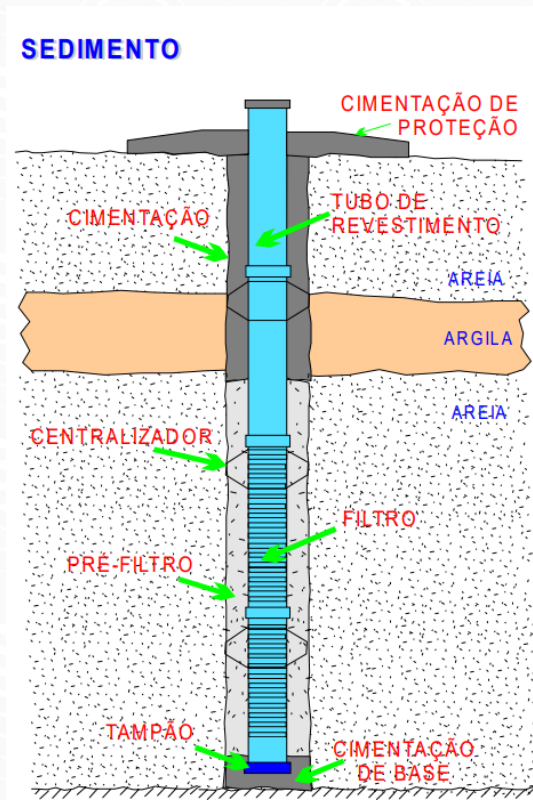
**Etapas Posteriores:**

- Teste de vazão
- Desinfecção

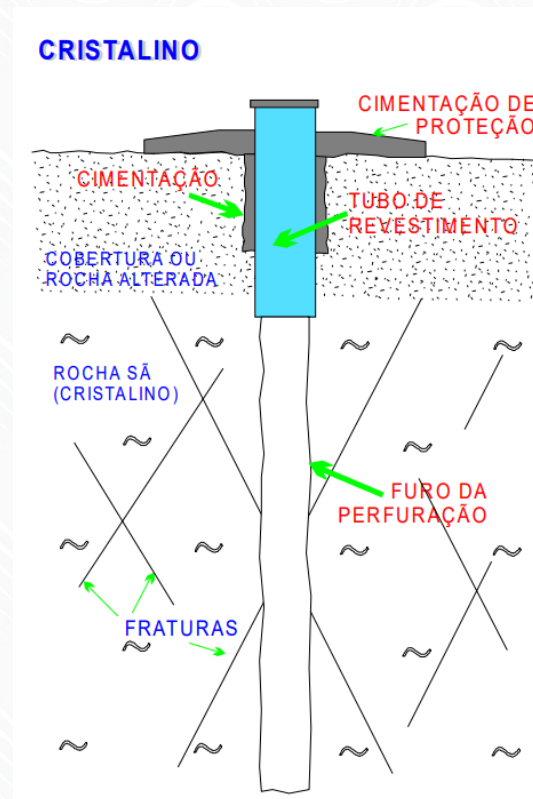
# POÇOS

## 2

### Aspectos construtivos



**Aquífero Granular**



**Aquífero Fissural**



## POÇOS

### 2

#### Aspectos construtivos

#### Revestimentos



#### *Material*

- PVC geomecânico
- Metais (aço carbono, ferro galvanizado)

## POÇOS

### 2

### Aspectos construtivos

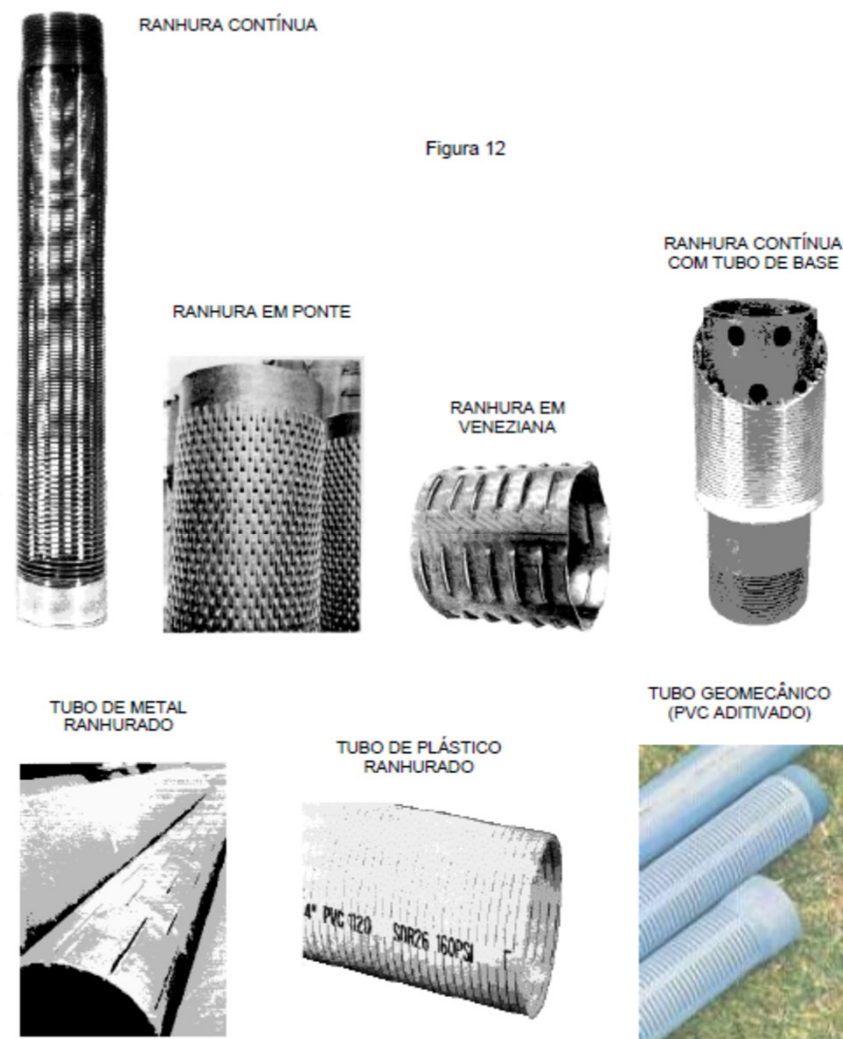
#### Filtros

##### Material

- PVC geomecânico
- Metais (aço carbono, ferro galvanizado)

##### Tipo de ranhura/abertura

- Ranhura em ponte
- Contínua
- Veneziana



## POÇOS

### 2

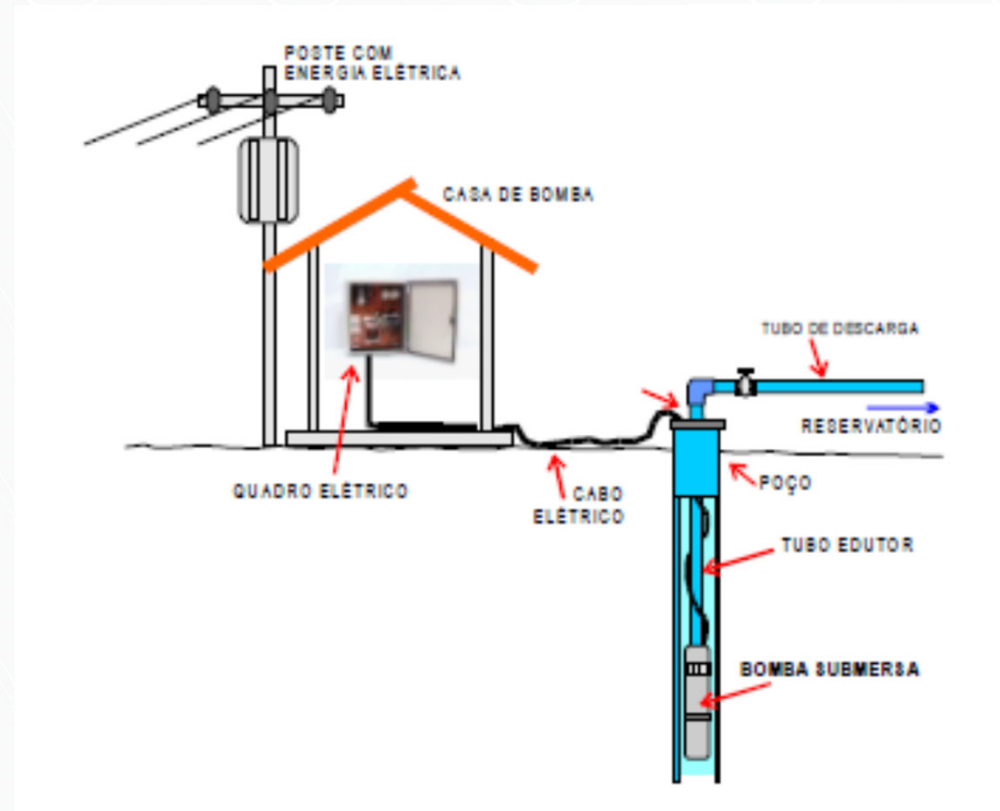
### Aspectos construtivos

#### Unidades de bombeamento

*Bomba e tubulação edutora*

#### Tipos

- Submersa
- Centrífuga
- Compressor
- Manual
- ...



## POÇOS

### 2

### Aspectos construtivos

#### Unidades de bombeamento

#### *Tipos*

- Submersa
- Centrífuga
- Compressor
- Manual
- ...



# POÇOS

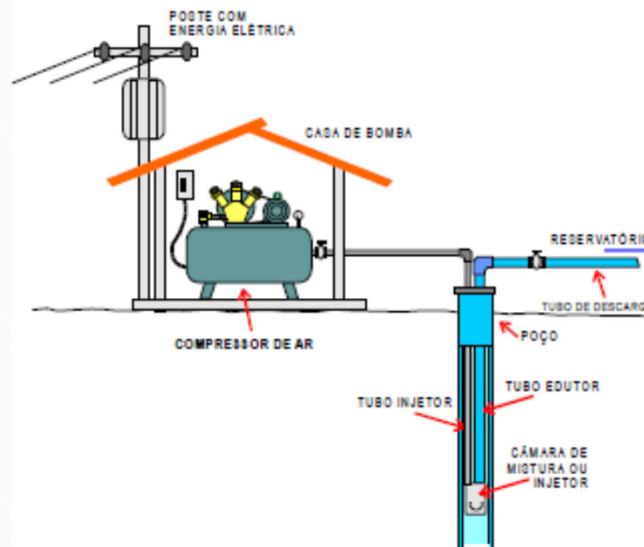
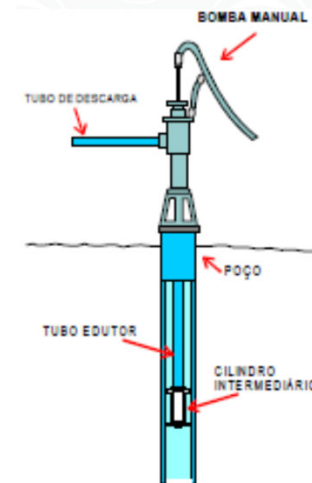
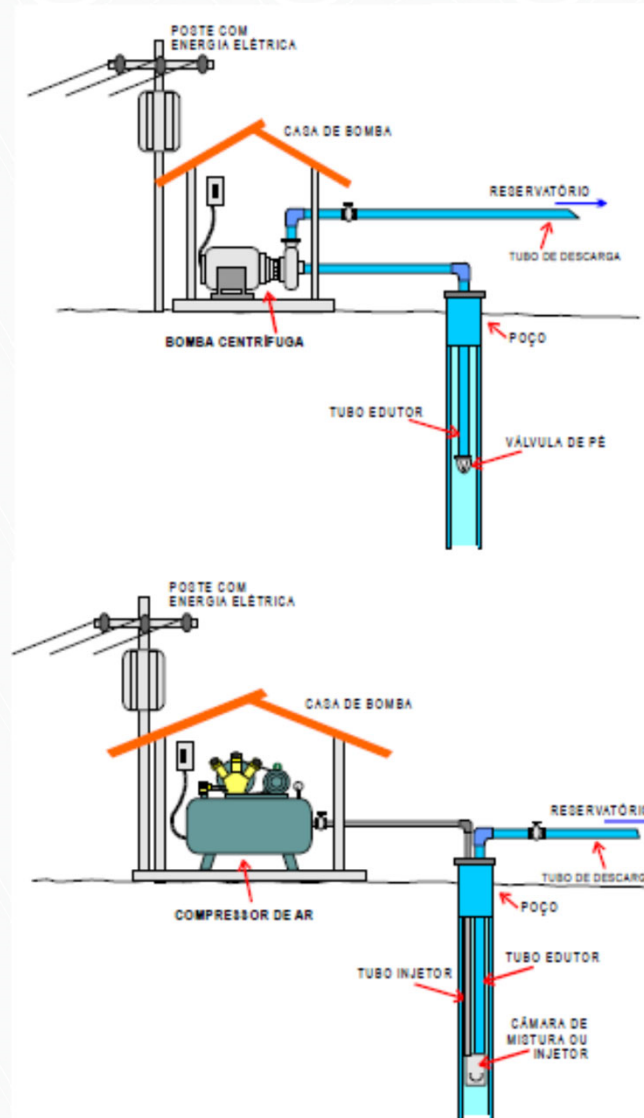
## 2

### Aspectos construtivos

#### Unidades de bombeamento

##### Tipos

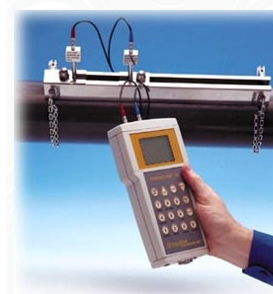
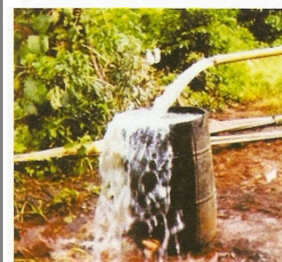
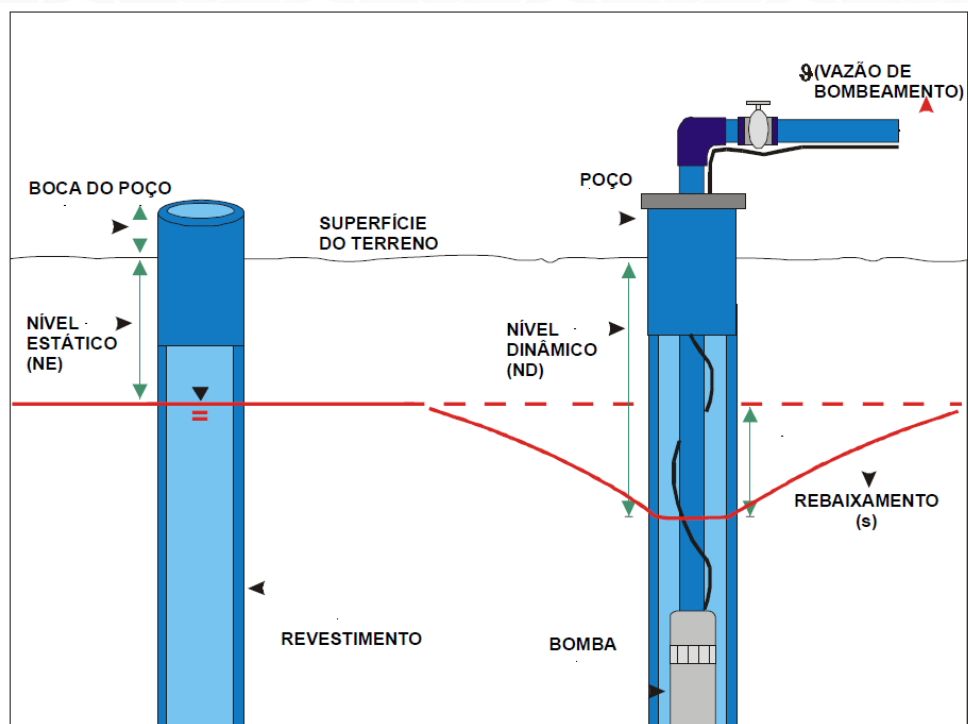
- Submersa
- Centrífuga
- Compressor
- Manual
- ...



## POÇOS

### 3 Testes de bombeamento (rebaixamento e recuperação)

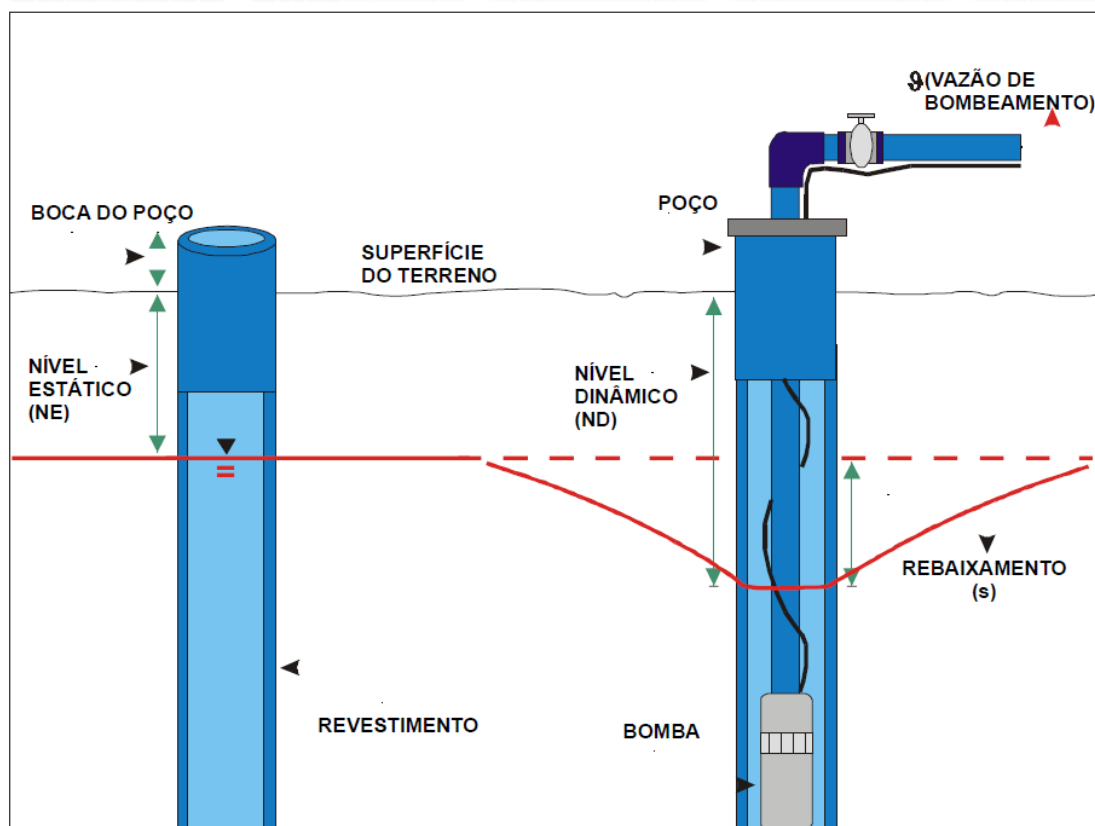
- Consiste na medida do nível do poço ao longo do tempo para uma determinada vazão. Variáveis envolvidas: **Vazão (Q)**, **rebaixamento (s)** e **tempo (t)**



## POÇOS

### 3

### Testes de bombeamento (rebaixamento e recuperação)



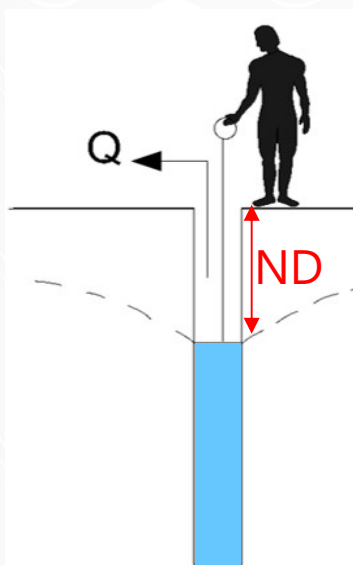
- **Nível Estático (NE):** É a profundidade do nível da água dentro do poço, quando não está em bombeamento por um bom período de tempo.
  - **Nível Dinâmico (ND):** É a profundidade do nível da água dentro do poço, quando está em bombeamento.
  - **Rebaixamento (s):** É a diferença entre o nível estático e o dinâmico, ou seja, o quanto o nível da água rebaixou dentro do poço, durante o bombeamento.
- ❖ Medidos geralmente em metros (m) em relação à boca do poço.

## POÇOS

### 3 Testes de bombeamento (rebaixamento e recuperação)

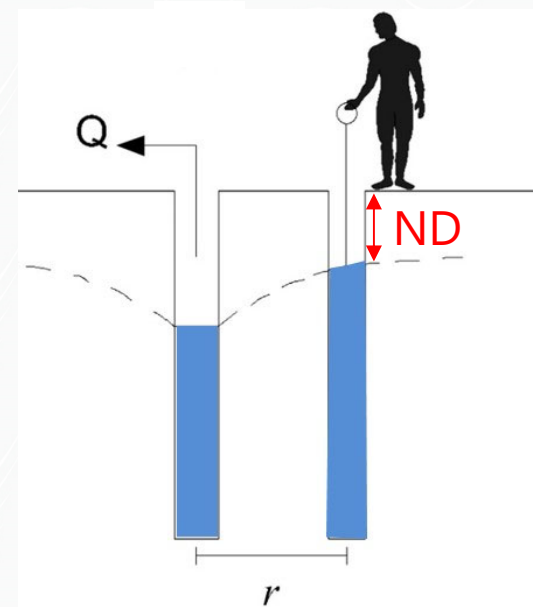
#### Teste de Produção

- Determinação da vazão de exploração.
- Registro do rebaixamento no próprio poço.



#### Teste de Aquífero

- Caracterizar o aquífero (K, T, S).
- Registro do rebaixamento em poços de observação.





## POÇOS

### 3 Testes de bombeamento (rebaixamento e recuperação)

Registro dos Dados (Teste de Aquífero ou Produção)

<b>POÇO BOMB.:</b>	<b>PROF.:</b>	<b>Q (m<sup>3</sup>/h):</b>							
<b>POÇO OBSERV.:</b>	<b>R (m):</b>	<b>AQUÍFERO:</b>							
<b>LOCAL:</b>	<b>MUNIC./EST.:</b>	<b>EXECUTOR:</b>							
<b>TEMPO BOMB.:</b>	<b>NE (m):</b>	<b>ND (m):</b>							
<b>CRIVO BOMBA (m):</b>	<b>INÍCIO:</b>	<b>TÉRMINO:</b>							
REBAIXAMENTO					RECUPERAÇÃO				
HORA	t (min)	ND (m)	s <sub>w</sub> (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Q/s <sub>w</sub> (m <sup>3</sup> /h/m)	t' (min)	ND (m)	s <sub>w</sub> (m)	tb/t' + 1

Frequência de medição:

0-10	1 min
10-20	2 min
20-50	5 min
50-100	10 min
100-500	30 min
500-1000	60 min
>1000	100 min

#### Teste de Recuperação

Efetuada ao término do teste de produção. Consiste na medida do nível em função do tempo até que o nível atinja o nível estático original.

# POÇOS

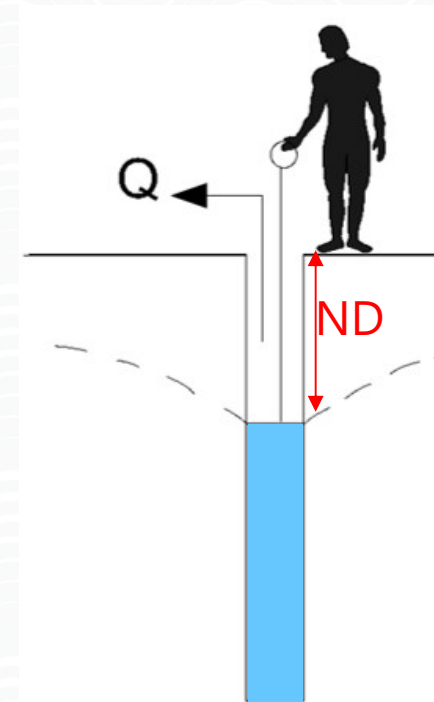
## 3

### Testes de bombeamento (rebaixamento e recuperação)

#### Teste de Produção

É o tipo de teste executado na grande maioria dos poços perfurados para produção de água. É esse o tipo de teste usualmente solicitado pelos órgãos gestores de recursos hídricos

- Bombeamento e registro dos rebaixamentos no próprio poço bombeado.
- Definir a vazão de operação do poço e a profundidade da bomba.
- Determinação das perdas de carga no poço e no aquífero (equação característica do poço  $s = BQ + CQ^2$ ).
- Avaliação da eficiência do poço.
- Pode ser realizado em etapa única (contínuo) ou em múltiplas etapas (escalonado ou sucessivo).
- Tempo de bombeamento usual, de 24 a 48 hs (etapa única) e de 3 a 7 hs por etapa (escalonado ou sucessivo)

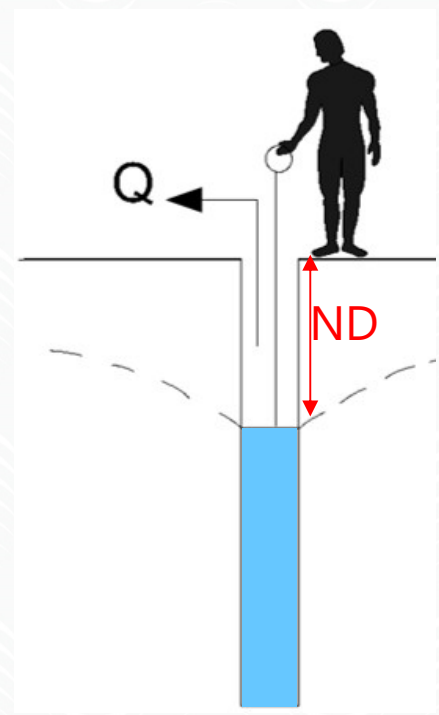
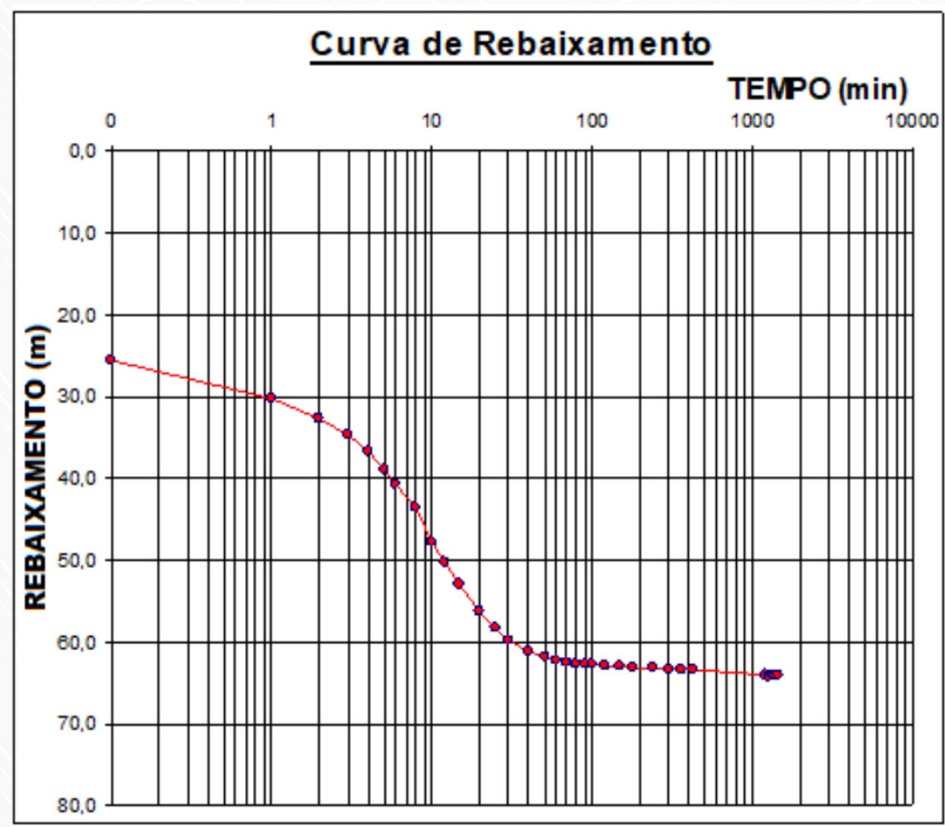


# POÇOS

3

Testes de bombeamento (rebaixamento e recuperação)

## Teste de Produção em Etapa Única (Contínuo)



## 3

### Testes de bombeamento (rebaixamento e recuperação)

#### Teste de Produção em Múltiplas Etapas

- No mínimo 3 etapas, onde a vazão em cada etapa deve ser constante e  $Q1 < Q2 < Q3 < Q4...$
- A maior vazão deve ser igual ou superior àquela cogitada para exploração.
- Duração do teste: 3 a 7 horas cada etapa.
- Permite a construção da equação característica do poço  $s = BQ + CQ^2$  e a avaliação da eficiência do poço.
- Pode ser em etapas sucessivas (com recuperação do nível estático ao término de cada etapa) ou escalonadas (sem recuperação do nível estático).
- Podem ser realizados com ou sem estabilização final do ND.

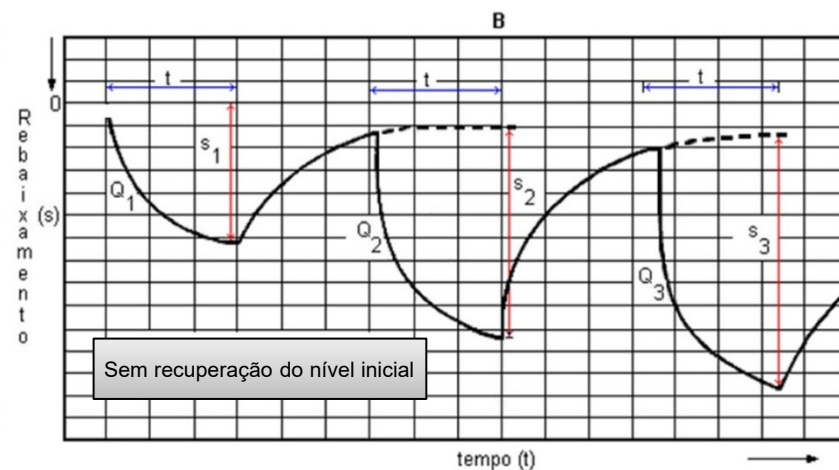
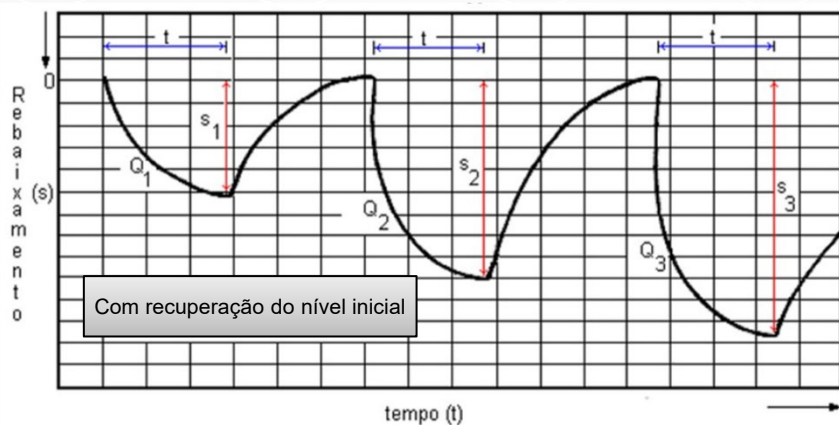
# POÇOS

## 3

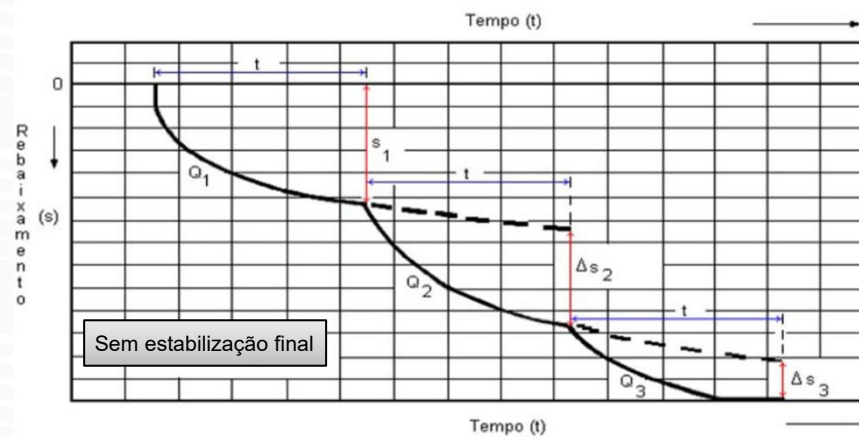
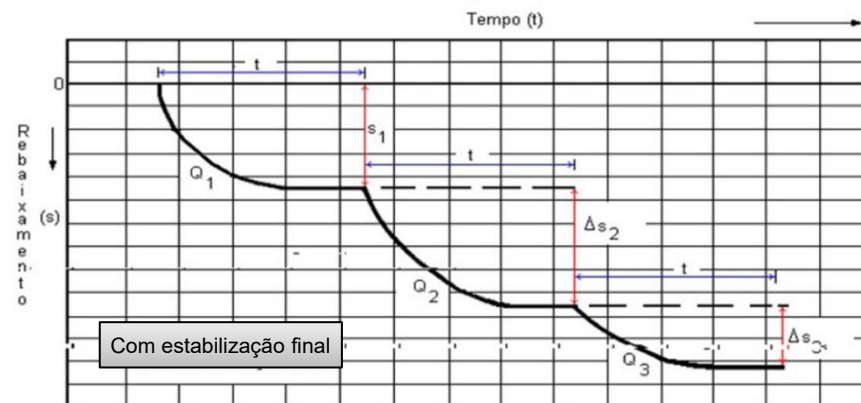
### Testes de bombeamento (rebaixamento e recuperação)

#### Teste de Produção em Múltiplas Etapas

##### Sucessivos



##### Escalonados

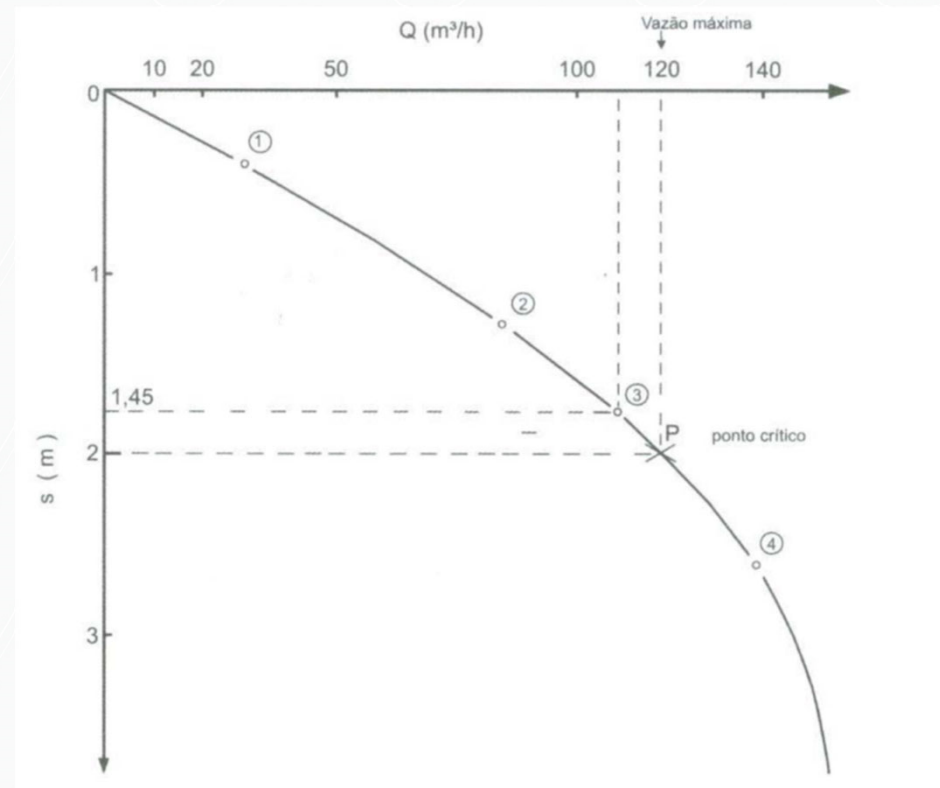


# POÇOS

## 3

### Testes de bombeamento (rebaixamento e recuperação)

Vazão de exploração é aquela determinada para a produção do poço considerando um alcance determinado (5, 10, 15, 20 ... anos). É calculada considerando tanto a produtividade do aquífero captado, como as características construtivas do poço, além de fatores influentes externos (interferências de outros poços, etc.).

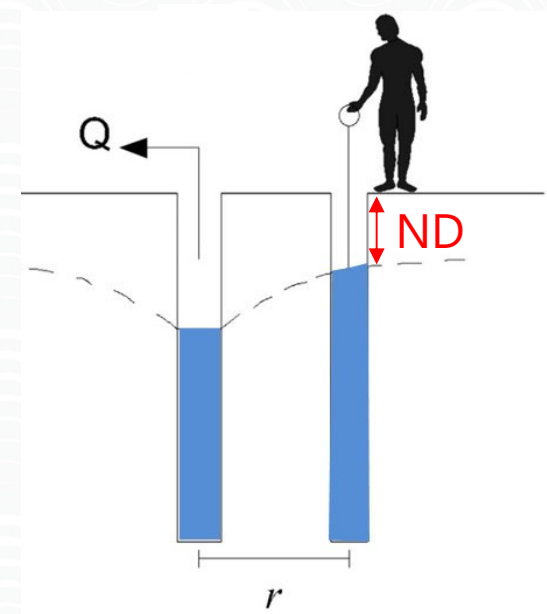


# POÇOS

## 3

### Testes de Aquífero

- Bombeamento do poço e registro dos rebaixamentos em poço(s) de observação localizado a uma distância  $r$ .
- Maior tempo de bombeamento - 24 a 72 hs (cada etapa).
- Caracterização do aquífero -  $K$ ,  $T$ ,  $S$
- Diferentes métodos de interpretação a depender do tipo de aquífero e do regime de fluxo.
- fluxo.



Análise de fluxo para poços em meios homogêneos

Regime de Fluxo	Tipo de aquífero		
	Confinado não drenante <sup>1</sup>	Confinado drenante <sup>2</sup>	Livre
Estacionário <sup>3</sup>	Thiem	De Glee Hantush-Jacob	Dupuit & Forchheimer
Transiente <sup>4</sup>	Theis Jacob	Walton Hantush	Hantush-Jacob Boultoun-Pricket

- 1 - **Confinado drenante** - pelo menos uma das camadas limítrofes é semipermeável
- 2 - **Não drenante** - as camadas limítrofes são impermeáveis
- 3 - **Regime Estacionário ou Permanente** - O cone de rebaixamento é estabilizado devido a contribuição de água de uma fonte externa
- 4 - **Regime Transiente** - O cone de rebaixamento evolui progressivamente com o tempo



# POÇOS



Exercício

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS/CONSULTAS

HIDROGEOLOGIA – Conceitos e Aplicações CPRM. Feitosa et al. 2008  
DECIFRANDO A TERRA  
PARA ENTENDER A TERRA

Noções Básicas de Poços Tubulares – Cartilha Informativa. CPRM (1998). Disponível em :  
[https://www.cprm.gov.br/publique/media/hidrologia/mapas\\_publicacoes/Nocoos\\_Basicas\\_Pocos\\_Tubulares.pdf](https://www.cprm.gov.br/publique/media/hidrologia/mapas_publicacoes/Nocoos_Basicas_Pocos_Tubulares.pdf)

## SITES CONSULTADOS:

- THROUGH THE SANDGLASS
- LEARNING GEOLOGY - A Geology Outreach Website
- WATER EDUCATION FOUNDATION (CALIFORNIA)
- SPRINGS STEWARDSHIP INSTITUTE (VASEYS PARADISE)

Hidrogeologia dos Ambientes Cársticos da Bacia do Rio São Francisco (ANA, 2018) - Disponível do Portal de Metadados da ANA

Estudos Hidrogeológicos e de Vulnerabilidade do Sistema Aquífero Urucua e Proposição de Modelo de Gestão Integrada e Compartilhada (ANA, 2017) – Disponível no Portal de Metadados da ANA

Sistema Aquífero Urucua: Caracterização regional e Propostas de Gestão. Tese de Doutorado (UnB) (Gaspar, 2006)

Proposição de critérios para avaliação e delimitação de bacias hidrogeológicas. Revista Brasileira de Geociências 37(1): 81-89  
Tássia de Melo Arraes & José Eloi Guimarães Campos (2007)

# Márcia Gaspar

Coordenação de Águas Subterrâneas  
Superintendência de Implementação e Programas e Projetos

marcia.gaspar@ana.gov.br | (+55) (61) 2109 –5300



[www.twitter.com/anagovbr](http://www.twitter.com/anagovbr)

facebook

[www.facebook.com/anagovbr](http://www.facebook.com/anagovbr)

YouTube

[www.youtube.com/anagovbr](http://www.youtube.com/anagovbr)

## Obrigada