

IEG162 - Hidrogeologia

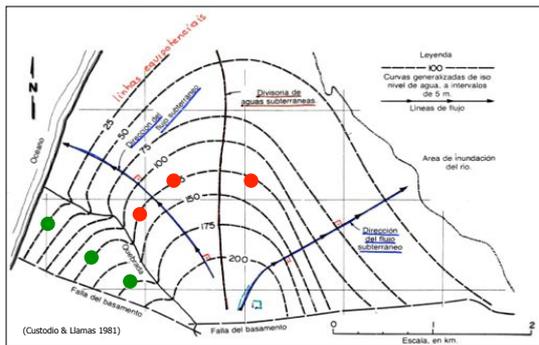
Monitoramento das águas subterrâneas

Ricardo Hirata
Ingo Wahnfried

Objetivo

- Mapeamento
- Fluxo
- Recarga
- Qualidade
 - Natural
 - Contaminação

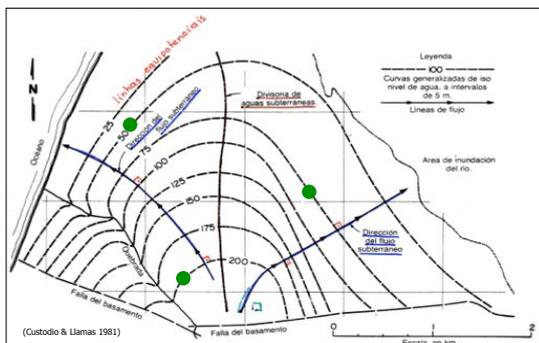
Determinação do Fluxo



Fluxo

- Determinação do Fluxo de Base: equação de Darcy e área de descarga para o rio
- Recarga do aquífero freático: equação de Darcy e área do aquífero

Mapeamento



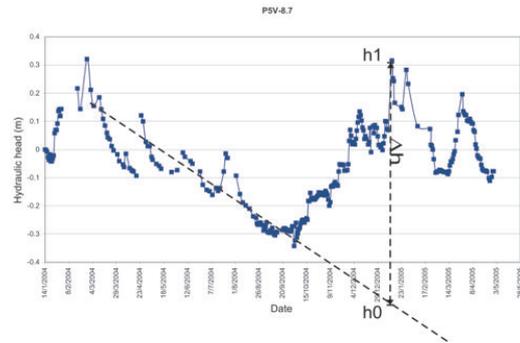
Fluxo e Mapeamento

- Mesmo aquífero
- Mesmo tempo
- Monitoramento: mensal / trimestral

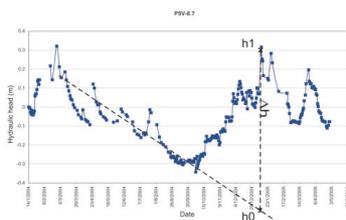
Fluxo e Mapeamento

- Mesmo aquífero
- Mesmo tempo
- Monitoramento: mensal / trimestral

Recarga do Aquífero: Variação do Nível de Água



Recarga do Aquífero: Variação do Nível de Água



**Picos do nível de água:
Precipitação de > 20 mm/dia or > 100mm/mês**

$$R = (\Delta h \times S_y) / \Delta t$$

$$\Delta h = 0,2 - (-0,6) = 0,8 \text{ m}$$

$$R = 0,8 \times 0,2 = 0,16 \text{ m/ano}$$

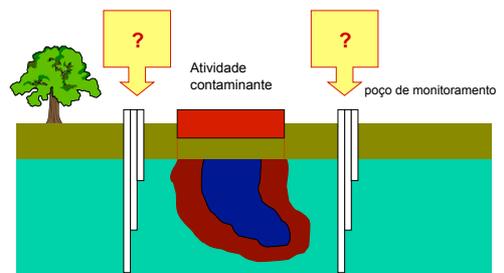
Recarga do Aquífero: Variação do Nível de Água

- Quanto mais raso e permeável o aquífero, mais rápida a resposta à precipitação
- Monitoramento por evento ou diário: aparelho de medição automática
- Monitoramento semanal / mensal: medidas manuais

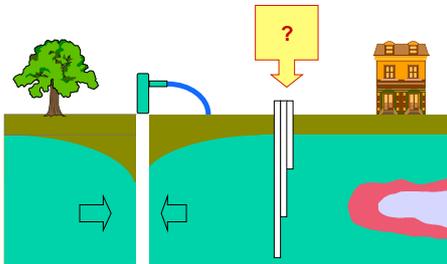
Determinação da Vazão Específica - S_y

- Teste de bombeamento: $S_y = V_{\text{bomb}} / V_{\text{cone}}$
- Curva de retenção de água no solo (primeiro ponto de pressão)
- Literatura (impreciso)

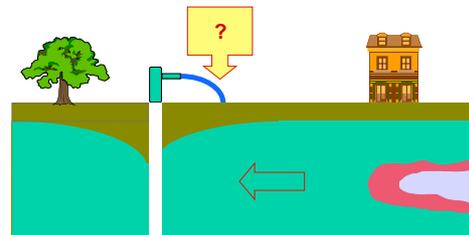
A. Monitoramento de detecção (ofensivo)



B. Monitoramento defensivo



C. Monitoramento de vigilância da qualidade do abastecimento de água potável

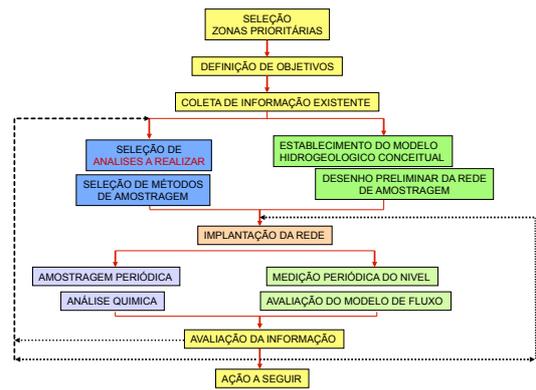


D. Monitoramento de avaliação



Cemitério de PVC, Borden (Canadá)

Monitoramento da qualidade das águas subterrâneas

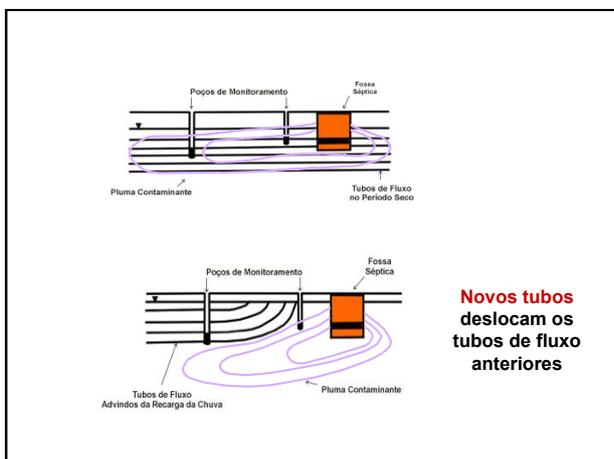
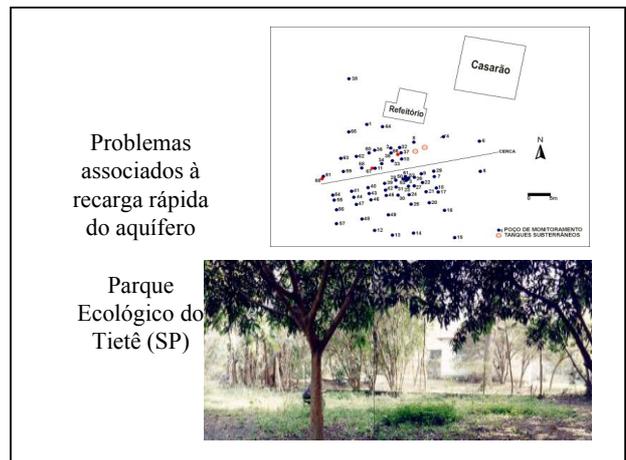
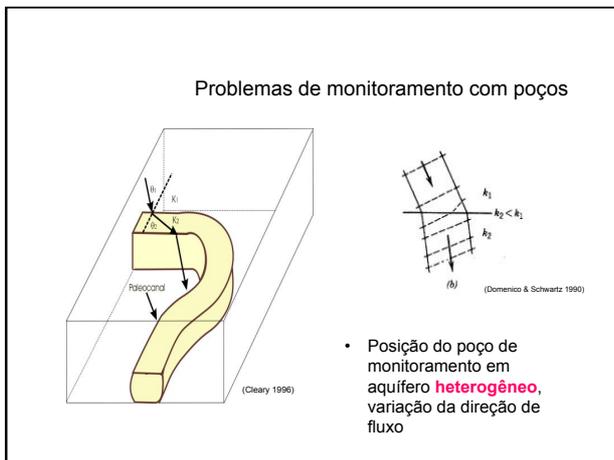
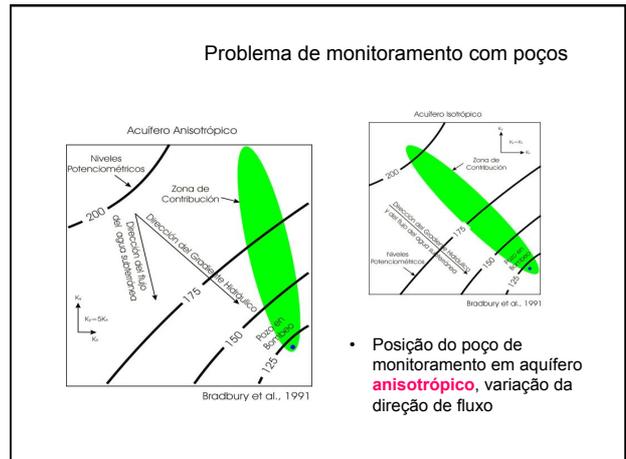
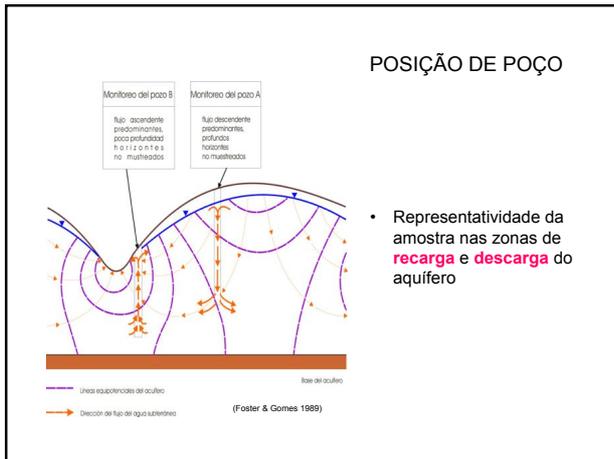


Problemas associados ao monitoramento da qualidade da água subterrânea

- Circulação de água e tubos de fluxo
- Poço: construção e desenho inadequados
- Diferentes tempos de bombeamento
- Procedimentos de amostragem
- Preservação, transporte e laboratório

Problemas associados ao monitoramento da qualidade das águas subterrâneas

- **CIRCULAÇÃO DE ÁGUA E TUBOS DE FLUXO**
 - Zonas de recarga e descarga do aquífero
 - Heterogeneidade e anisotropia do aquífero
 - Recarga em aquíferos livres rasos

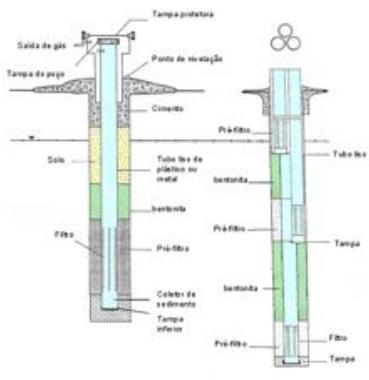


Problemas associados ao monitoramento da qualidade das águas subterrâneas

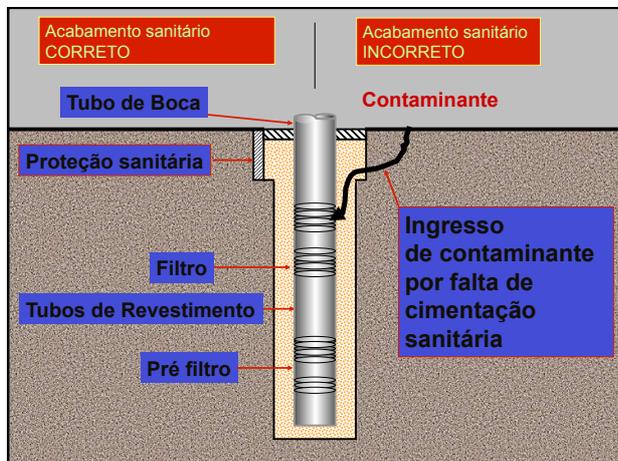
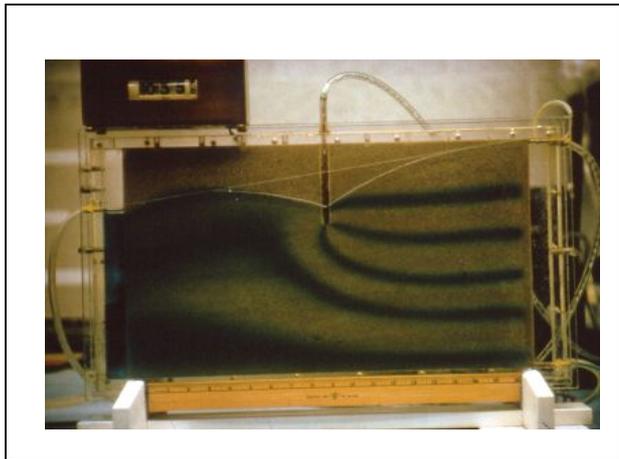
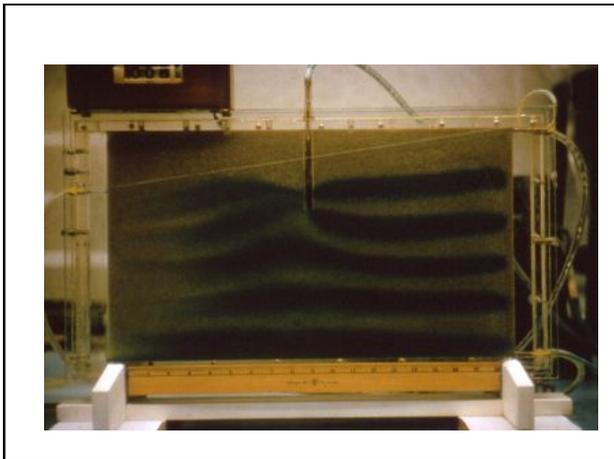
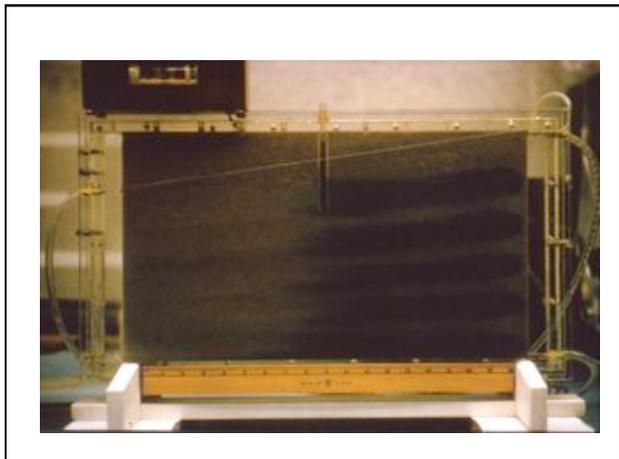
POÇO: desenho e construção inadequados

- Posição dos filtros e da pluma contaminante
- Falta de acabamento sanitário do poço
- Reação química entre materiais do poço e da pluma contaminante

Poços de Monitoramento: simples e multinível



(Foster e Gomes, 1988)



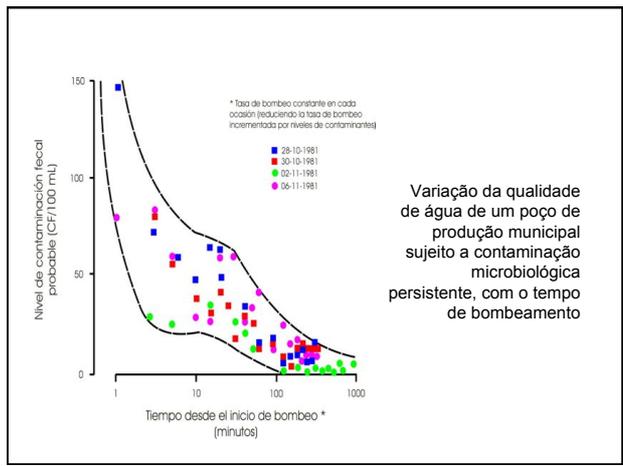
Material de construção do poço de monitoramento

Tipo de material	Reatividade química	Força de compressão	Disponibilidade geral	Custo relativo
PVC	□(*)	**(*)	***	*
Teflón	□*	□**(*)	□**(*)	***
Aço inoxidável	*(*)	***	**	**(*)
Ferro galvanizado	*(*)	***	***	*(*)

Número maior de asteriscos indica tendência crescente da propriedade indicada

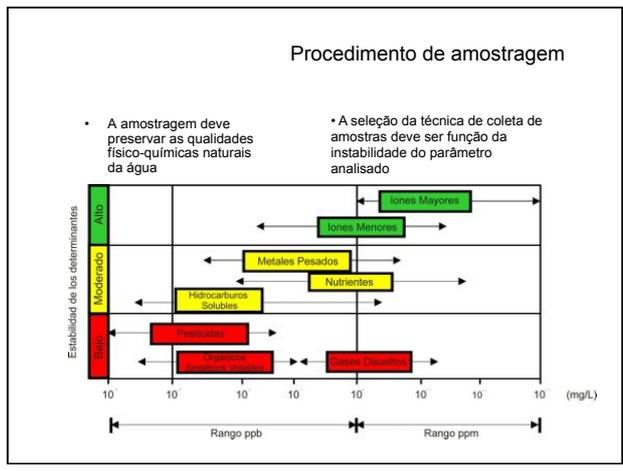
Problemas associados ao monitoramento da qualidade das águas subterrâneas

- **DIFERENTES TEMPOS DE BOMBEAMENTO DOS POÇOS**
 - Variação temporal do bombeamento



Problemas associados ao monitoramento da qualidade das águas subterrâneas

- **PROCEDIMENTO DE AMOSTRAGEM**
 - Mudanças das condições físico-químicas do meio (aeração e oxigenação; mudanças de pressão e desgaseificação)



ANÁLISE NO CAMPO E EM LABORATÓRIO

- Alguns parâmetros físico-químicos são muito instáveis e requerem análises em campo.

- pH
- Eh (redox)
- Alcalinidade
- Oxigênio dissolvido
- Temperatura



ANÁLISE EM CAMPO E LABORATÓRIO

- Alguns parâmetros são passíveis de análise no campo com precisão aceitável

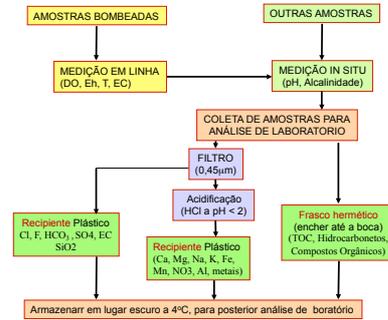
- RQflex (Merck)



Problemas associados ao monitoramento da qualidade das águas subterrâneas

- **PRESERVAÇÃO, TRANSPORTE E ANÁLISE NO LAB.**
 - Preservação e filtração adequadas
 - Tempo de amostragem e análise
 - Identificação e custódia de amostras
 - Controle de qualidade e reprodutibilidade dos resultados laboratoriais
 - Checagem de laboratório (amostras brancas, duplicatas, spikes)

Coleta de amostras de águas subterrâneas para análise química de laboratório



Filtração: bomba de vácuo manual



Filtração: filtros e suportes de filtros



Procedimento de amostragem

Grupo de Análises	Procedimentos de amostragem	Materiais de armazenamento	Tempo máximo
Ions principais (Cl, SO4, F, Na, K)	filtro 0,45 µm armazenar a 4°C	qualquer	7 dias (até 150 dias)
Metais pesados (Fe, Mn, Cu, Zn etc)	filtro 0,45µm selado acidificar < 2Ph evite aeração por derrame/ ingresso de ar	plástico, evite filtros e recipientes de metal	150 dias
Compostos nitrogenados (NO3, NH4, NO2)	filtro 45 µm selado armazenar a 4°C	qualquer	1 dia (até 150 dias)
Microbiológicos (TC, FC, FS)	Condições de esterilidade não filtrar armazenar a 4°C preferível análise in situ	vidro escuro, evitar plástico e cerâmica	6 horas
Equilíbrio de carbonatos (pH, HCO3, Ca, Mg)	Amostra bem selada não filtrar pH e HCO3 in situ cátions em laboratório amostra acidificada	qualquer	1 hora (até 150 dias)
Estado do oxigênio (Eh, DO, T)	in situ em célula de fluxo evitar aeração não filtrar	qualquer	0,1 hora
Orgânicos (TOC, VOC, HC, CICHC)	não filtrar entrada suave ao recipiente sem ar preferível absorção direta em cartuchos para VOC	vidro escuro, teflon ou aço inoxidável	1-7 dias Cartucho: indefinido

EQUIPAMENTO DE AMOSTRAGEM

- **Garrafa amostradora:** um equipamento de amostragem (conhecido também como *bailer*) dentro da coluna do poço, permitindo que se encha com água a uma profundidade conhecida.
 - Garrafa simples
 - Amostrador pressurizado



EQUIPAMENTOS DE AMOSTRAGEM
bombas em poços

- **Bomba de sucção:** amostra retirada por vácuo aplicada diretamente à água ou através de garrafa de coleta.
 - Bomba peristáltica
 - Bomba a vácuo manual ou elétrico
 - Bomba centrífuga

Bomba peristáltica



Equipamento de low flow da Clean Environment Brasil



Célula de Fluxo MP20 para Muestreo de Bajo-Caudal



Painel Controlador Digital MP10 para amostrar Baixa-Vazão

Sistema de amostragem *low flow* caseiro (com células de fluxo)



Sistema de amostragem *low flow* caseiro (com células de fluxo)



EQUIPAMENTO DE AMOSTRAGEM bomba no poço

- **Bomba sumergível:** água bombeada continuamente do poço por:
 - **centrifuga elétrica:** impulsionado por rotores
 - **bomba pistão:** êmbolo operado por gás.
 - **bomba diafragma:** diafragma operado por gás.

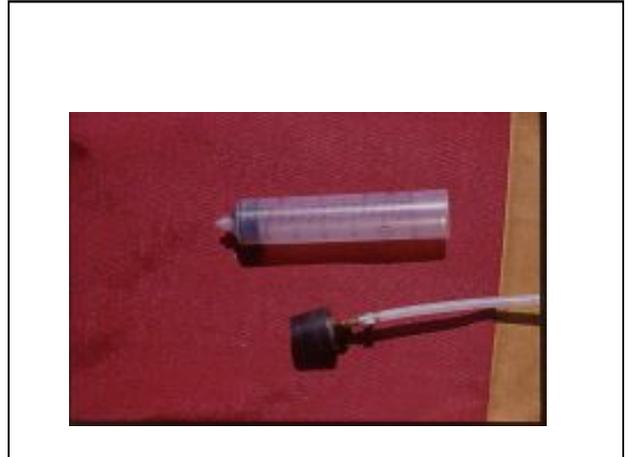
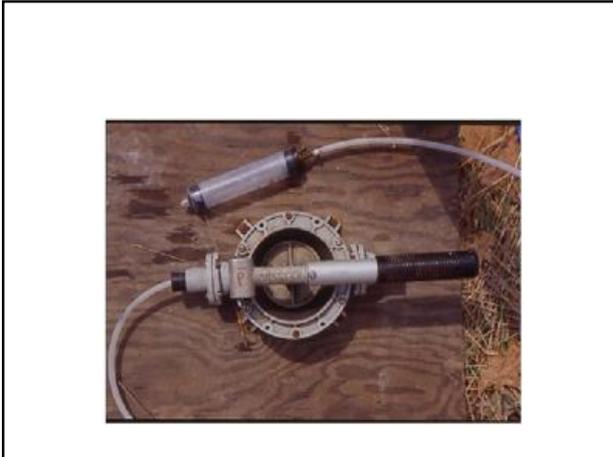
Bomba elétrica submersível Centrifuga para extração de água



Bomba elétrica Submersível

Eletro-bomba submersa para poços de produção





Bomba de diafragma



Bomba de diafragma



Bomba de diafragma



Bomba de diafragma



EQUIPAMENTOS DE AMOSTRAGEM
bombas em poço

- **Deslocamento positivo submergível** água bombeada continuamente do poço por:
 - **Bomba inercial manual**: tubo de amostragem com válvula de pé, que se move verticalmente, enchendo-se de água quando baixa e bombeia a água quando sobe.
 - **Bomba inercial mecânica**

Bomba inercial manual



Bomba inercial manual



Bomba inercial mecânica



Bibliografias

- Freeze, A. & Cherry, J. 1971. Groundwater. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ. 604pp.
- Domenico, P. & Schwartz, F. 1990. Physical and chemical hydrogeology. John Wiley & Sons. New York. 824 pp.
- Fetter, C. 2001. Applied hydrogeology. Prentice Hall, Londres, UK. 598 pp.
- Cleary, R. 1989. Águas subterrâneas. In Ramos, F. et al. 1989. Engenharia hidrológica. ABRH e Editora UFRJ. Cap. 5. Rio de Janeiro. 291-404 pp.
- Foster, S. & Gomes, D. 1988. Monitoreo de las aguas subterrâneas. CEPIS Technical Report. WHO/PAHO. Lima, Peru.