Tecnologias para Amostragem e Monitoramento de Águas Subterrâneas

2º Workshop Paranaense de Áreas Contaminadas

Paulo Negrão, Ph.D.
Clean Environment Brasil / Instituto de Geociências UNICAMP
Campinas, SP

Este material é de uso privativo e acadêmico.
A reprodução de qualquer conteúdo deste material é permitida somente com autorização expressa do autor.
Todos os direitos reservados.

© Copyright 2004-2018, Paulo Negrão.

Tecnologias de Monitoramento e Amostragem de Águas Subterrâneas - Parte 1

- Programa de Monitoramento de Águas Subterrâneas
- Determinação na Locação dos Pontos de Amostragem
- Comprimento e Posicionamento da Seção Filtrante do Poço de Monitoramento
- Sistemas Multiníveis

Paulo Negrão
Clean Environment Brasil
E-mail: p.negrao@clean.com.br
Tel: (019) 3794-2900

Aspectos Importantes a Serem Considerados num Programa de Monitoramento de Águas Subterrâneas

- Identificar os parâmetros necessários e como os dados serão utilizados
- Caracterizar a geologia, hidrogeologia e geoquímica da área e as **substâncias químicas de interesse** (SQI)
- Projetar a rede de monitoramento e a localização dos pontos de amostragem
- Projetar e instalar os pontos de monitoramento (sistema de poços convencionais ou multi níveis)
- Especificar o programa de amostragem
  - Frequência de amostragem
  - Parâmetros a serem amostrados
  - Procedimentos de purga e amostragem
  - Procedimentos de coleta e manuseio das amostras

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Poço de Monitoramento ≠ Investigação do Site

"…previamente à elaboração do projeto e construção do poço de monitoramento é recomendado que seja desenvolvido um modelo hidrogeológico conceitual que identifique o sentido de fluxo e a(s) zona(s) de interesse para o monitoramento.

O desenvolvimento do modelo hidrogeológico conceitual é obtido em duas etapas:

a) reconhecimento inicial da área
b) investigação de campo"

(ABNT 15495)

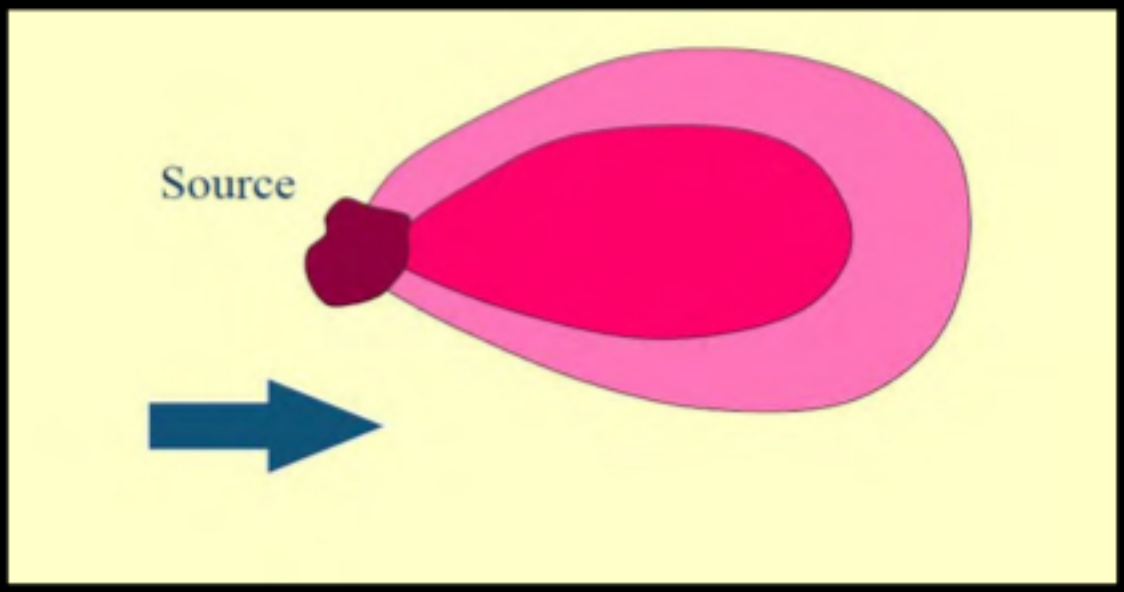
© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Caracterização x Monitoramento

- A função dos poços de monitoramento em áreas contaminadas mudou significantemente com os avanços no entendimento das complexidades da sub superfície e com as novas abordagens e tecnologias de caracterização.
- **Antigamente, poços de monitoramento eram utilizados para a investigação do site.**
- Atualmente, a investigação/caracterização do site é frequentemente feita com ferramentas de campo que produzem dados quali-quantitativos da geologia, hidrogeologia e da presença de contaminantes.
- Sabemos hoje, por exemplo, que as plumas de contaminação migram por um pequeno percentual da seção do aquífero e que a dispersividade lateral das plumas é bem pequena.
- Desta maneira, os poços de monitoramento são/devem ser instalados mais tarde no processo de investigação do site e função dos dados específicos das condições hidrogeológicas do site e da maturidade do modelo conceitual do site.

(California EPA, 2014)

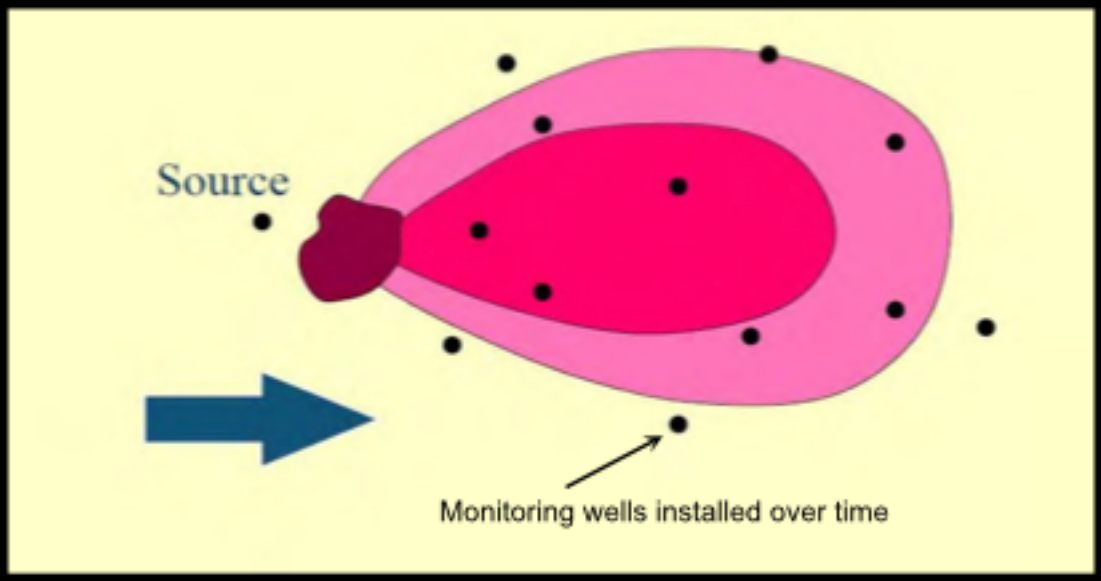
A Pluma de Contaminação dos Anos 80



(Einarson, 2005)

EPA 1-14

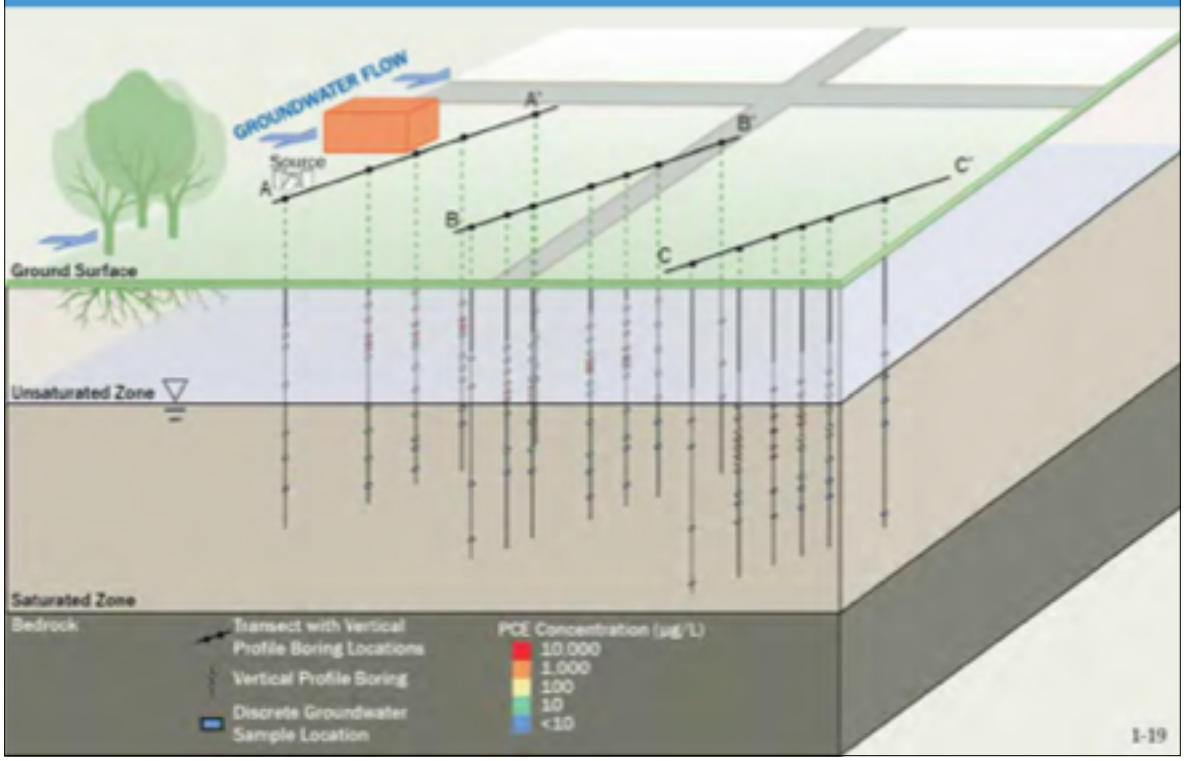
"Vamos instalar poços para delimitar a pluma!"



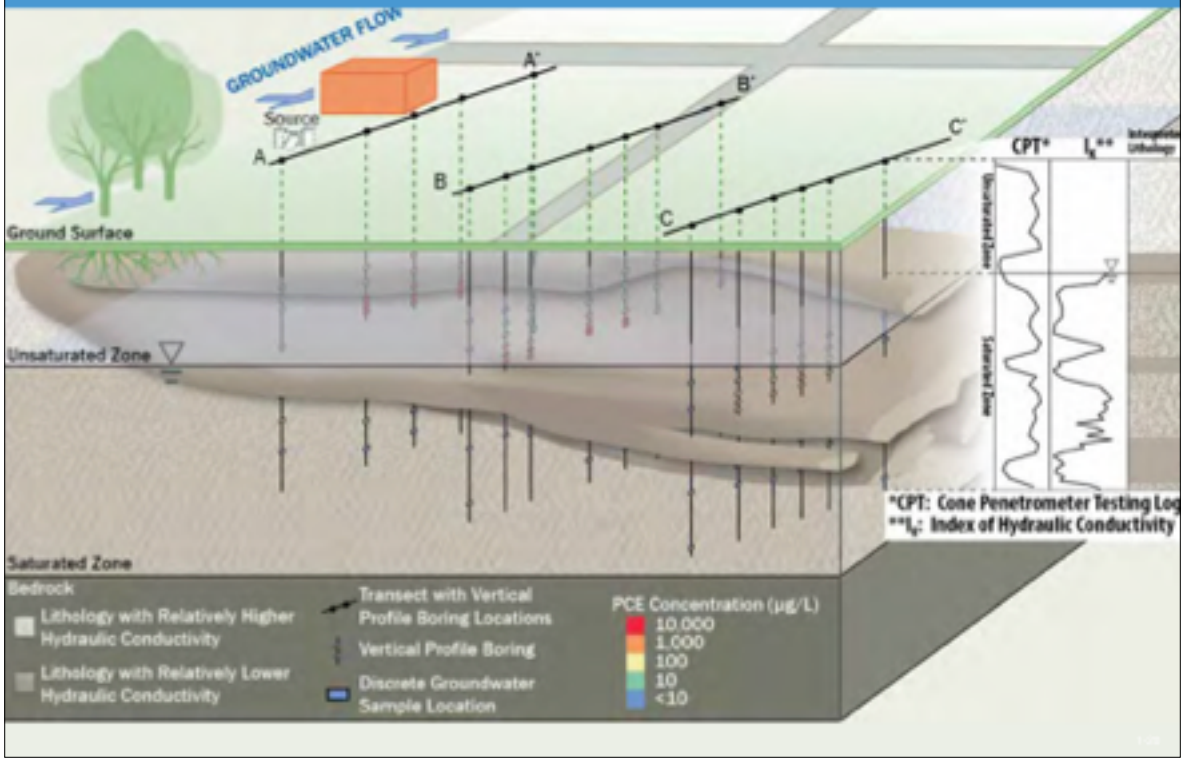
(Einarson, 2005)

EPA 1-15

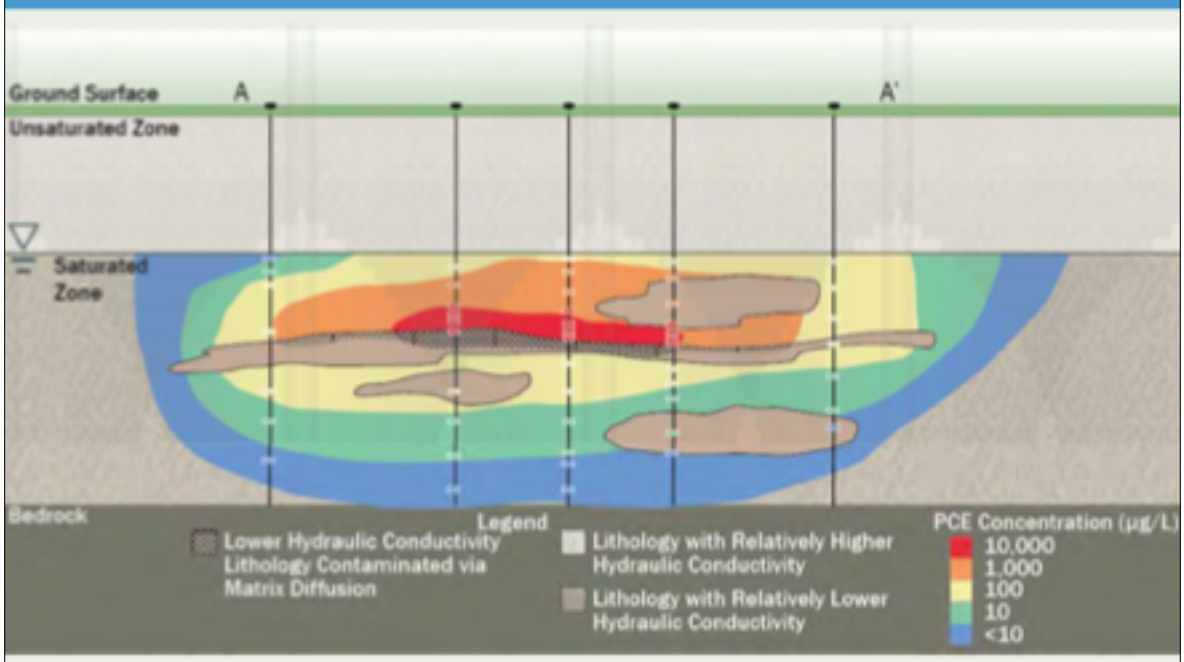
Transects de Alta Resolução sem Poços



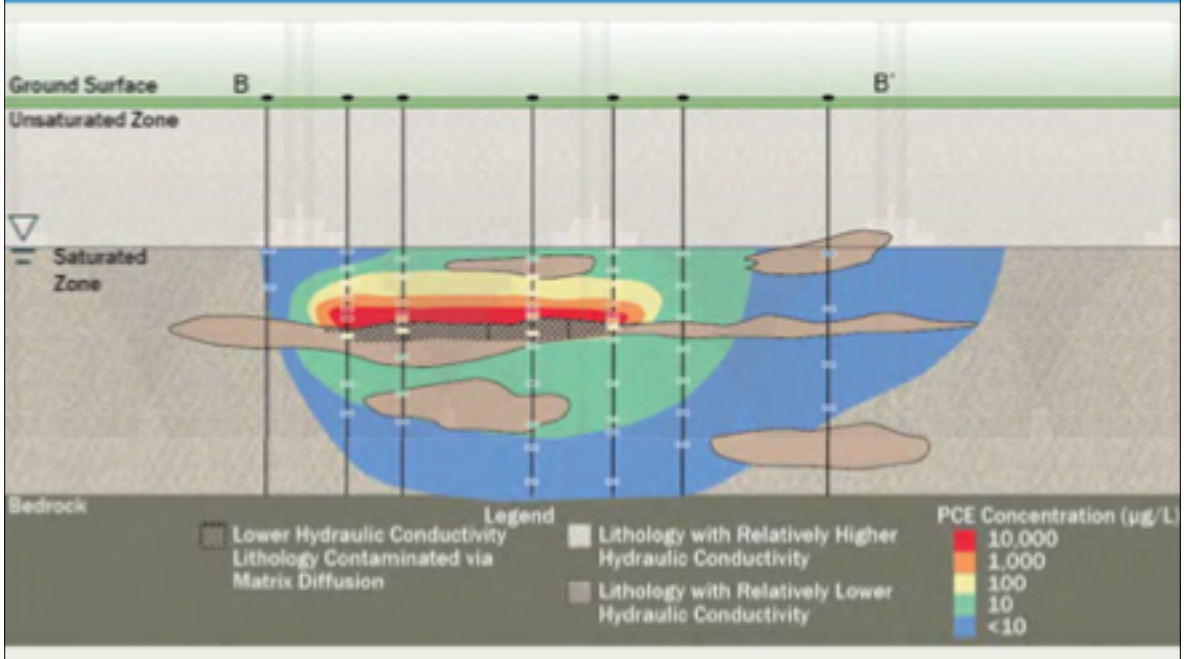
Determinação das Zonas de K's Altos e Baixos



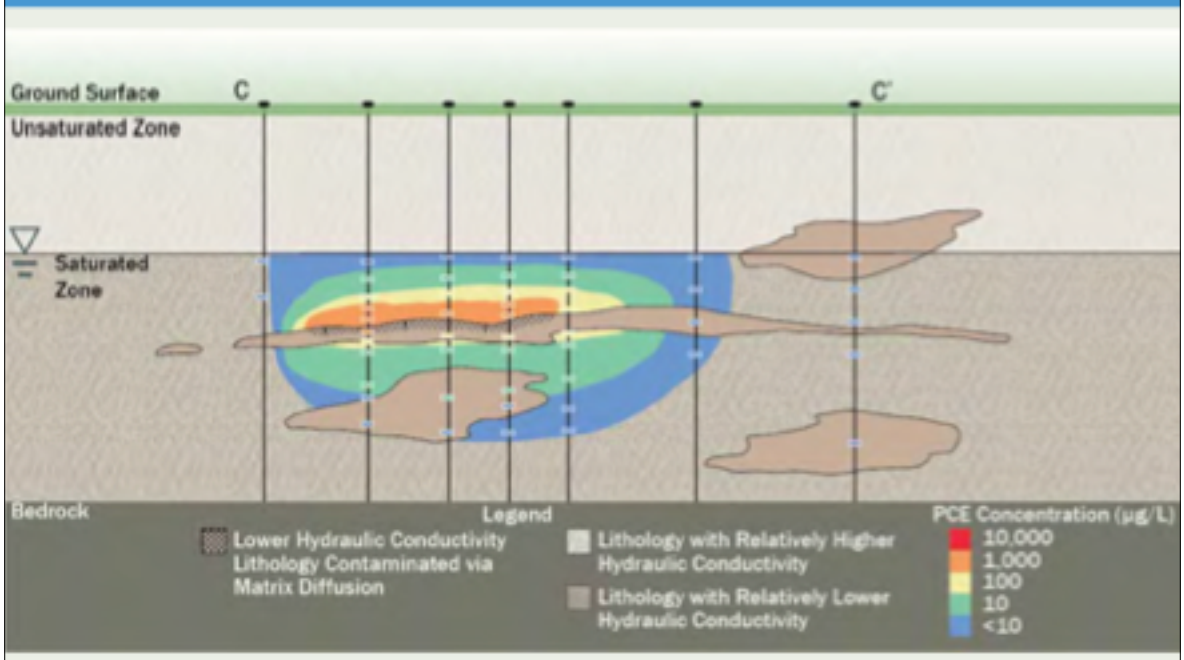
Mapeamento dos Contaminantes



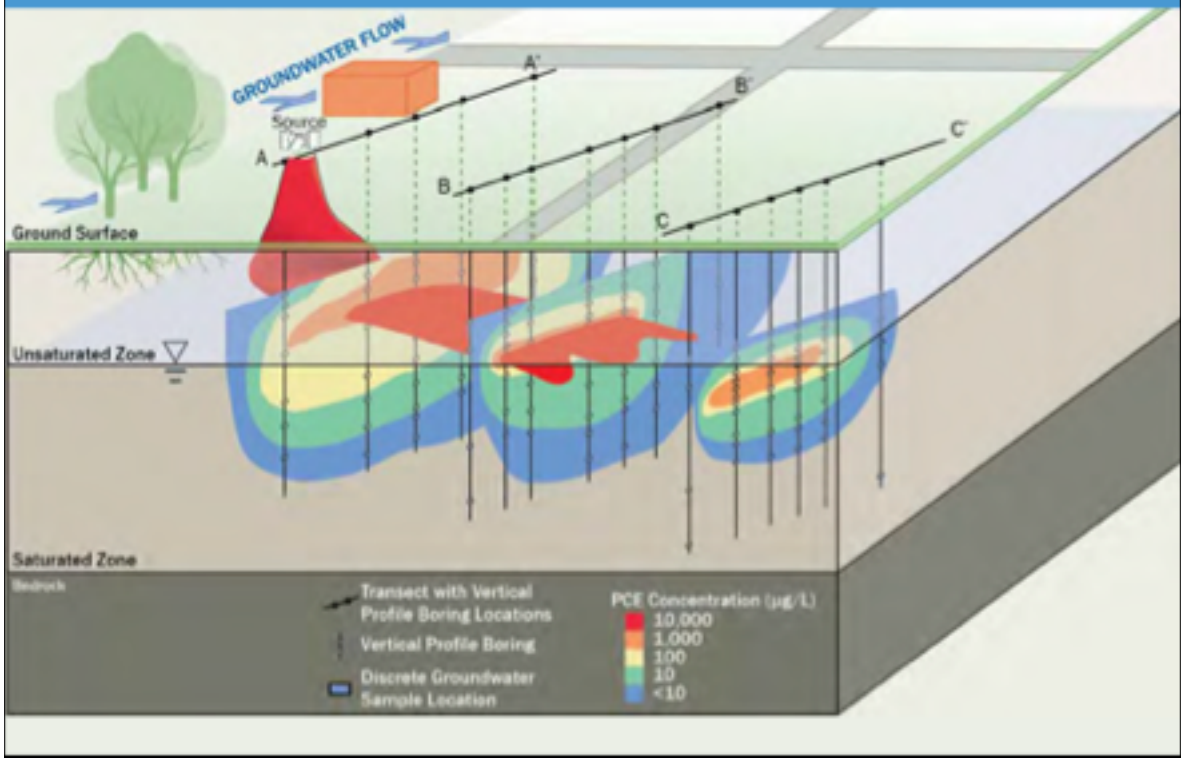
Mapeamento dos Contaminantes



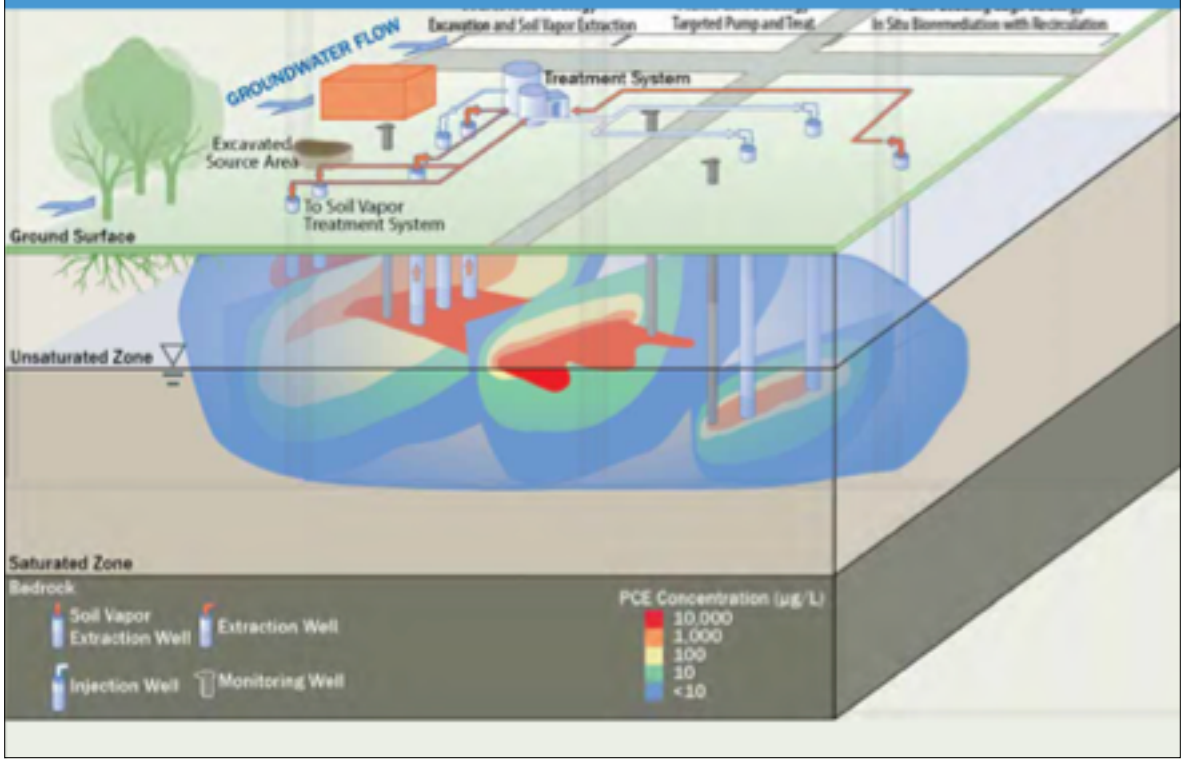
Mapeamento dos Contaminantes

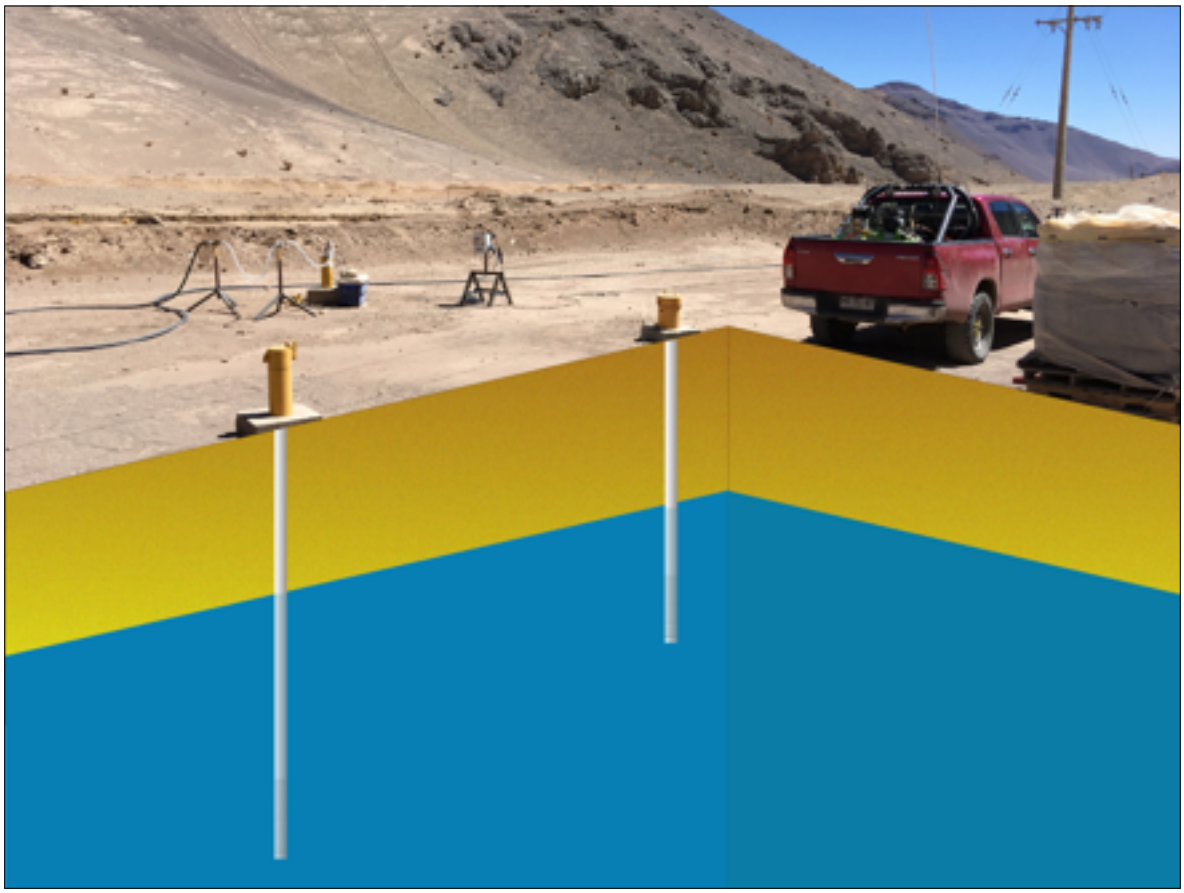


Visualização Tridimensional da Pluma



Remediação Focada no "Olho da Pluma"





Dados Coletados e Como São Utilizados 1/3

Dados Necessários	Usado para
Contexto Geológico: não consolidada ou consolidada, preseça de matacões, cavernas, vazios	• Definir o regime do aquífero • Especificar tipo de perfuração • Especificar tipo de completação do poço
Localização dos caminhos preferenciais para o fluxo do aquífero, **zonas de alta condutividade hidráulica** (K alto)	• Determinar as zonas alvo de monitoramento
Localização, profundidade e espessura das zonas alvo de monitoramento	• Determinar a localização dos poços • Determinar a profundidade dos poços • Definir profundidade e comprimento da seção filtrante

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Dados Coletados e Como São Utilizados 2/3

Dados Necessários	Usado para
Presença de gradientes verticais	• Definir a localização e comprimento da seção filtrante • Determinar necessidade de vários poços com seções independentes ou sistemas multi níveis
Profundidade e flutuação sazonal do aquifero	• Definir localização da seção filtrante • Definir a localização e comprimento da seção filtrante para a detecção de fase livre sobrenadante (LNAPL)
Distribuição da granulometria da formação na zona alvo de monitoramento	• Especificar abertura da ranhura do tubo filtro • Especificar granulometria do pré filtro • Selecionar método de desenvolvimento do poço

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Dados Coletados e Como São Utilizados 3/3

Dados Necessários	Usado para
• Tipos de contaminantes e concentrações • Presença de fase livre (LNAPL ou DNAPL) • Qualidade do aquífero (pH, O2, CO2, TDS, Cl -, H2S • Microbiologia (ferro bacteria, redutores de sulfato)	• Seleção dos materiais de construção do poço (tubo revestimento e tubo filtro, materias dos selos) • Seleção dos materiais de construção dos equipamentos de amostragem, em especial para sistemas dedicados • Necessidade de manutenção e limpeza do poço

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Locação dos Pontos de Monitoramento

- Posicionamento da seção filtrante ou pontos de amostragem:
  - Dentro dos **horizontes preferenciais de fluxo** (formações de alta condutividade hidráulica em meios heterogêneos)
  - Dentro dos "**tubos de fluxo**" que emanam da área estudada (para fase livre de LNAPL ou DNAPL ou fases dissolvidas em meio "uniforme")
  - **Hidraulicamente** a jusante e a montante do site
  - Seção Filtrante **interceptando o nível d'água** quando o objetivo for mapear **fase livre de LNAPL**
  - Seção Filtrante **no topo da primeira camada confinante** quando o objetivo for mapear **fase livre de DNAPL**

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Posicionamento das Seções Filtrantes e Pontos de Amostragem de Sistemas Multiníveis

- **Hidraulicamente a Montante**
  - Em quantidade suficiente para estabelecer estatisticamente o background da qualidade da água em cada uma das unidades monitoradas
    - Normalmente são necessários, no mínimo, 3 poços em função da variabilidade espacial da qualidade natural dos aquíferos
  - Considere as variações sazonais (ex: recarga) e naturais (ex: maré, enchentes, etc) das direções de fluxo
  - Considere os efeitos antropogenicos (ex: poços de abastecimento) que possam afetar a direção de fluxo
  - Considere fontes potenciais de contaminação a montante da área em estudo

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

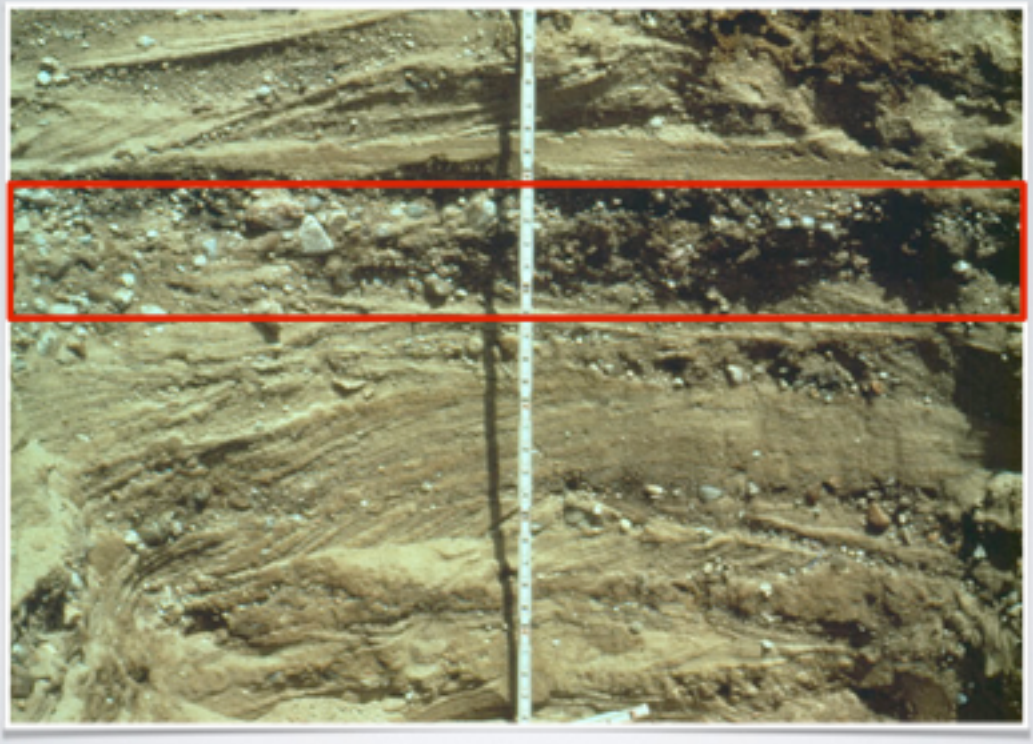
Posicionamento das Seções Filtrantes e Pontos de Amostragem de Sistemas Multiníveis

- **Hidraulicamente a Jusante**
  - Em quantidade suficiente para monitorar todos os caminhos preferenciais de fluxo do aquífero em cada uma das unidades monitoradas
  - A quantidade de poços necessários é totalmente dependente das características específicas do site e depende de muitos fatores:
    - heterogeneidade: caminhos preferenciais de fluxo (ex: lentes de areia, fraturas em rochas, canais dissolvidos em formações cársticas)
    - tipos de contaminantes presentes

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

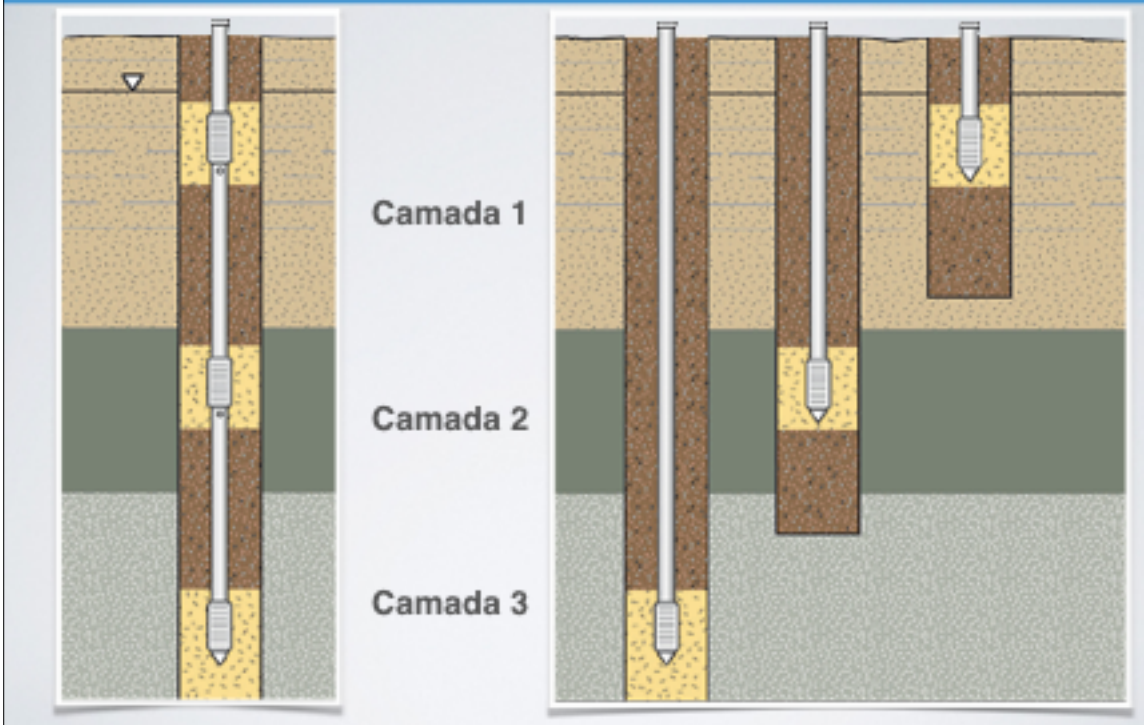
(M. Sara, Site Assessment and Remediation Handbook)

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

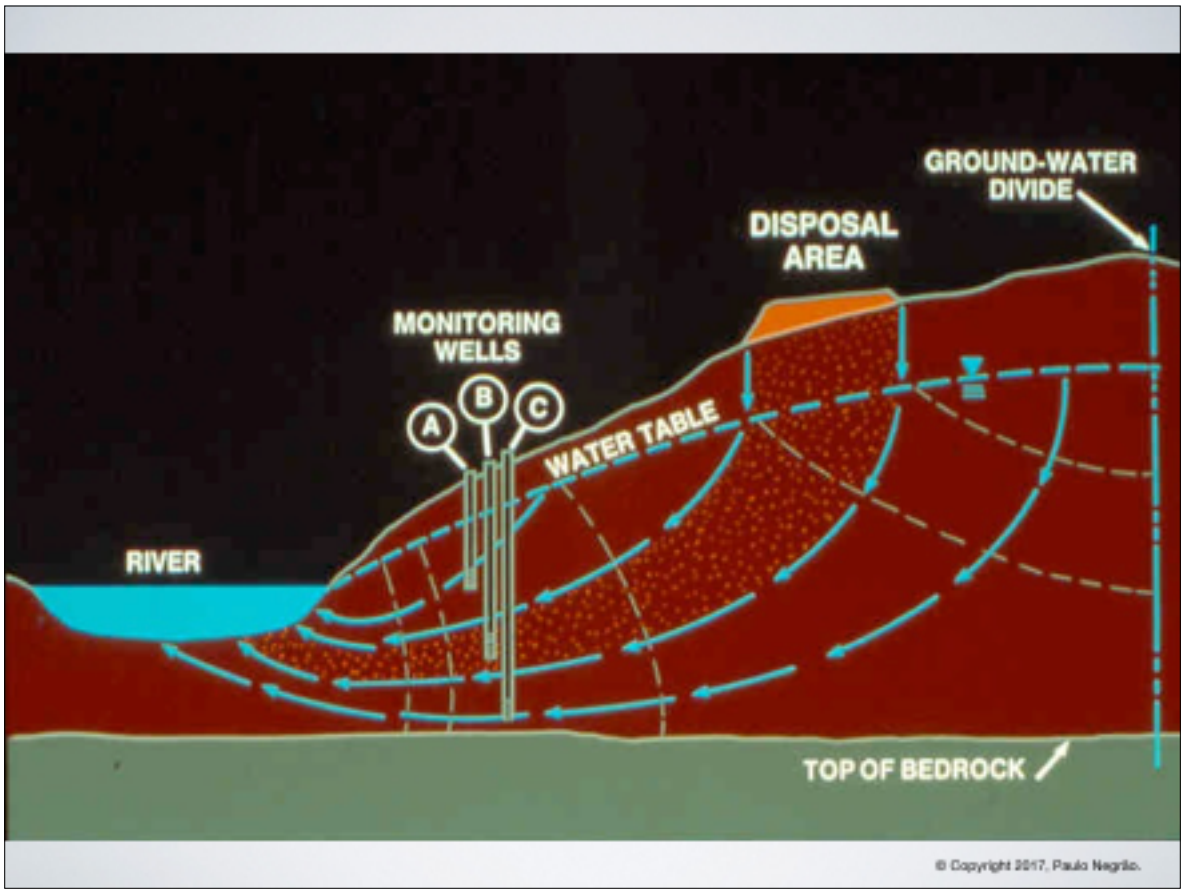


© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Configurações de Poços Multiníveis



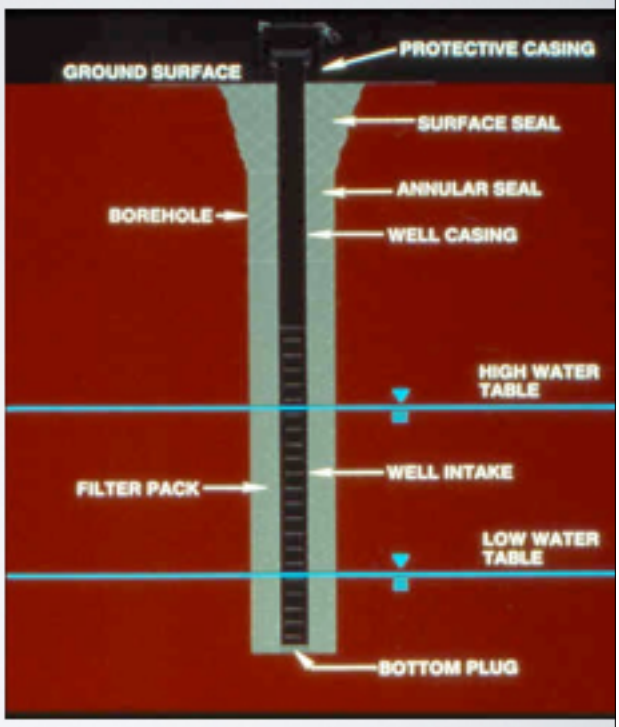
© Copyright 2017, Paulo Negrão.



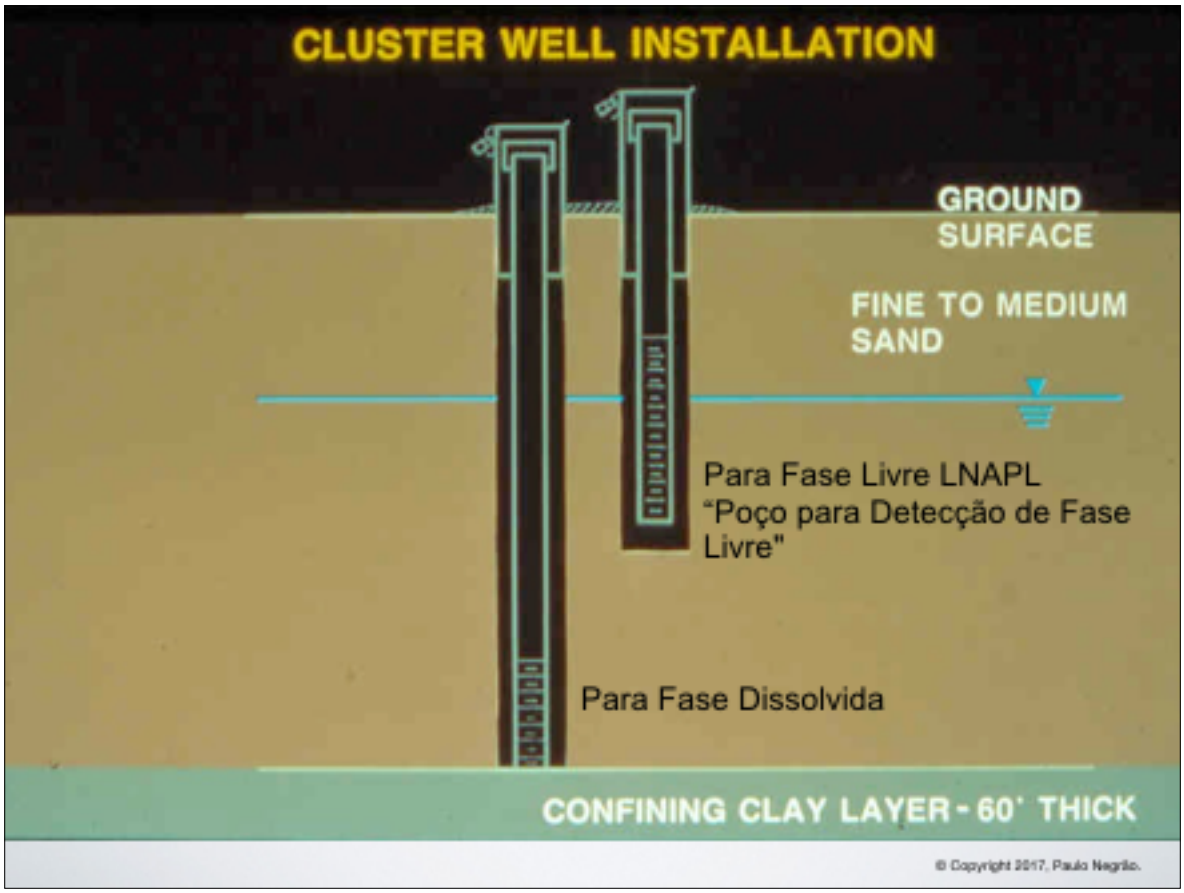
© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Configuração de Poços para Detecção de Fase Livre

- O nível d'água deve interceptar a seção filtrante do poço na época de estiagem (NA profundo) e chuvas (NA alto).
- Poços que tenham apresentando fase livre não servem para amostrar a fase dissolvida, uma vez que o tubo filtro e o tubo de revestimento terão sorvido massa de contaminante e causarão falsos positivos por décadas.
- **Poço para Deteção de Fase Livre não é Poço de Monitoramento!!!!!!**



© Copyright 2017, Paulo Negrão.



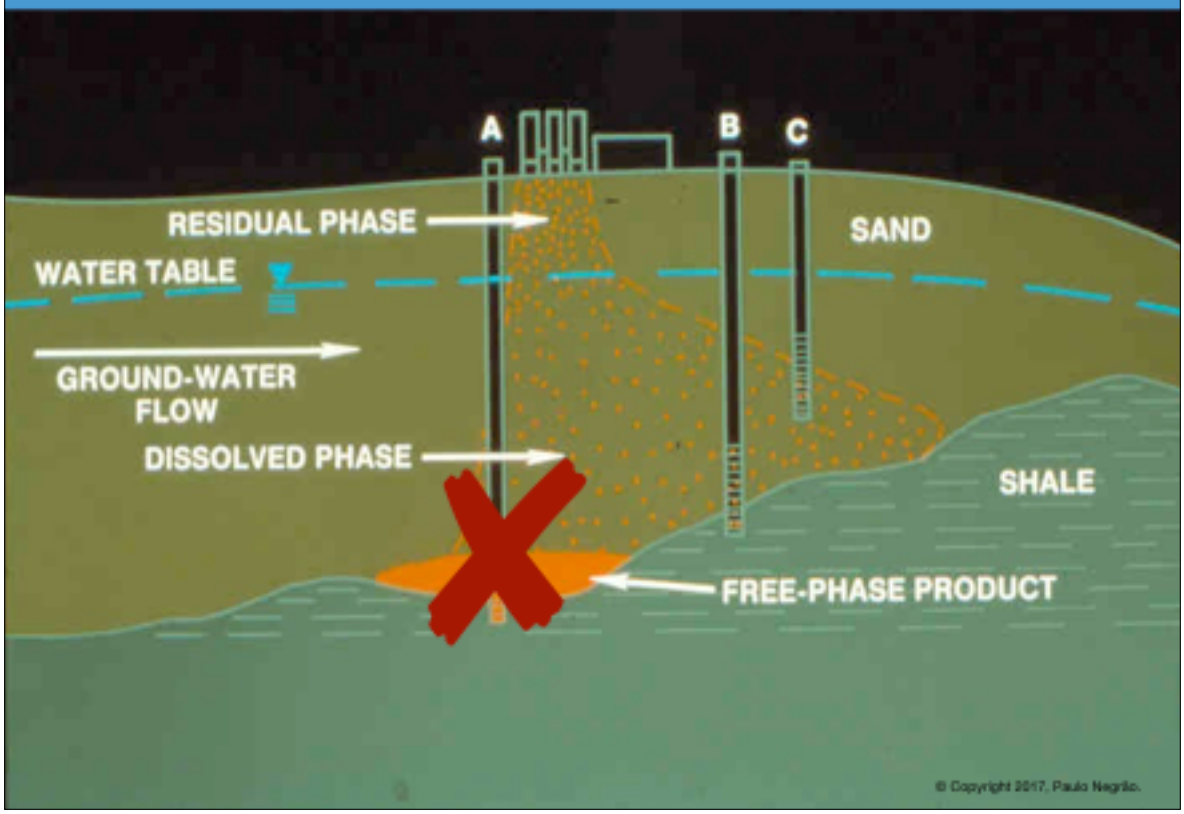
© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Configuração de Poços para Monitoramento de Fase Dissolvida

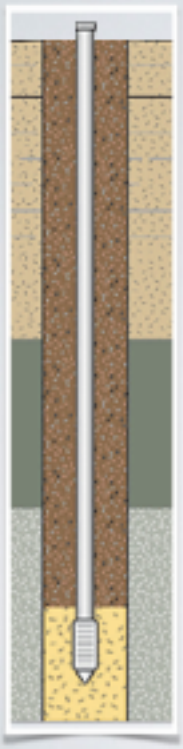
- A seção filtrante do poço deve ser obrigatoriamente afogada.
- A seção filtrante deve ser posicionada nas camadas de interesse
  - **Camadas de alta condutividade hidráulica:** monitoramento das zonas de transporte dos contaminantes.
  - **Camadas de baixa condutividade hidráulica:** monitoramento das zonas de armazenamento dos contaminantes.
- A seção filtrante não deve interceptar mais de uma camada geológica.

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Configuração de Poços para Monitoramento de DNAPL



Posição Vertical das Seções Filtrantes ou Pontos de Amostragem

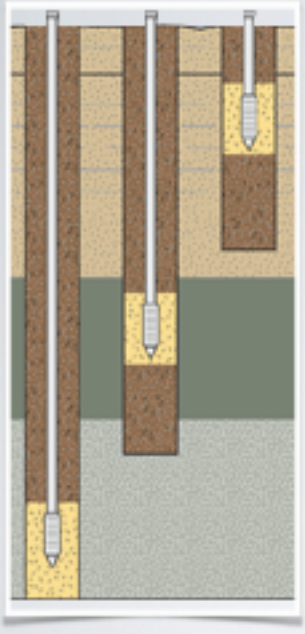


O uso de uma única seção filtrante pode ser justificado perante as seguintes condições:

- Verificação de que não há fluxo vertical
- Presença de apenas um caminho preferencial de fluxo
- Geologia relativamente simples e homogênea
- Ausência de Fase Livre (DNAPL ou LNAPL)

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Posição Vertical das Seções Filtrantes ou Pontos de Amostragem



O uso de mais de uma seção filtrante por local de amostragem (cluster, ninho ou multiníveis) são necessários quando:

- Há potencial para existência de fluxo vertical (poços instalados em áreas de recarga ou descarga)
- Presença de vários caminhos preferenciais de fluxo dispostos verticalmente
- Geologia heterogênea
  - Litologias com grandes variações
  - Vários aquíferos interconectados
  - Aquíferos suspensos
- Presença de Fase Livre (LNAPL ou DNAPL)

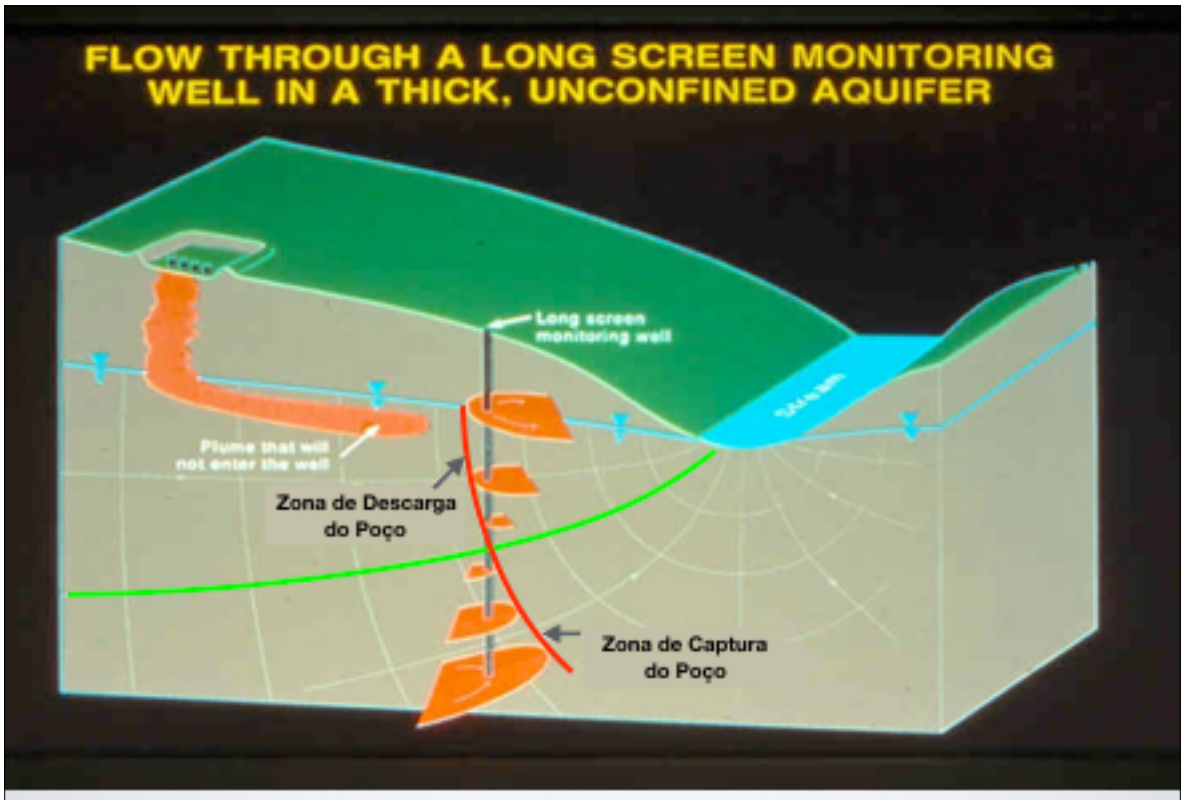
© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Comprimento da Seção Filtrante

Poços com **seções filtrantes longas** permitem a comunicação entre horizontes diferentes da formação, ou mesmo diferentes formações, nas proximidades do poço.

- O resultado é uma amostra que representa a **média ponderada das concentrações em função do fluxo** e o nível d'água no interior do poço é a **média das linhas potenciométricas interceptadas pela seção filtrante longa**.
- Dificulta a determinação se uma das camadas está contaminada
- Impossível determinar os gradientes verticais ou horizontais
- Pode causar o espalhamento da massa de contaminantes em locais onde haja gradientes verticais (fluxo ambiente), dificultando a definição das relações da(s) pluma(s) de fase dissolvida em relação à fonte da contaminação.

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

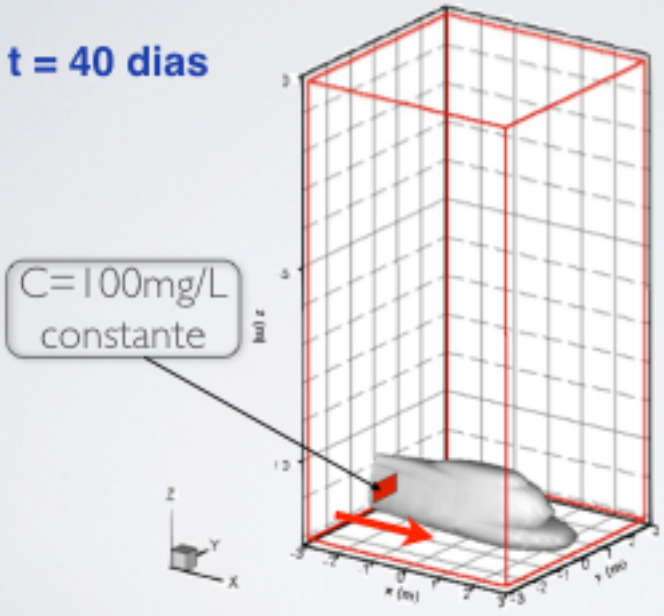


© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Redistribuição de Contaminantes em Função do Uso de Seções Filtrantes Longas

Simulação em zona de descarga: fluxo vertical ascendente

t = 40 dias

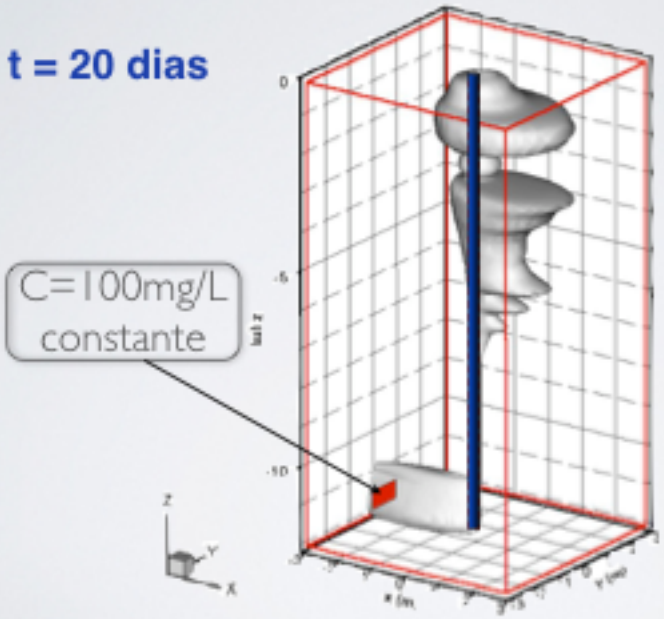


Elci et al, 2001

Redistribuição de Contaminantes em Função do Uso de Seções Filtrantes Longas

Simulação em zona de descarga: fluxo vertical ascendente

t = 20 dias



Elci et al, 2001

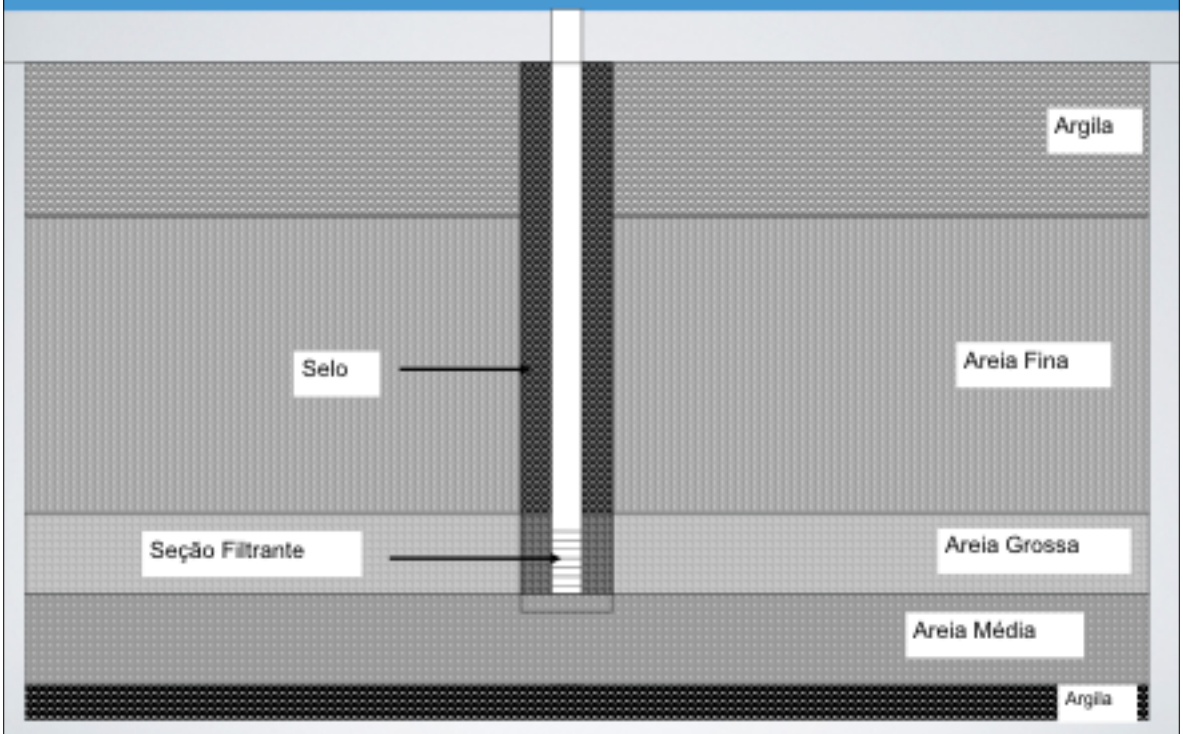
Comprimento da Seção Filtrante

Poços com seção filtrante curta permitem o isolamento de uma única zona da formação nas proximidades do poço de monitoramento

- Fornece amostras da água subterrânea e leituras no nível d'água daquela zona discreta (ex: zona alvo de monitoramento)
- Fornece informações muito melhores sobre a distribuição dos contaminantes
- Minimiza o risco de redistribuição da massa de contaminantes em formações onde há gradientes verticais

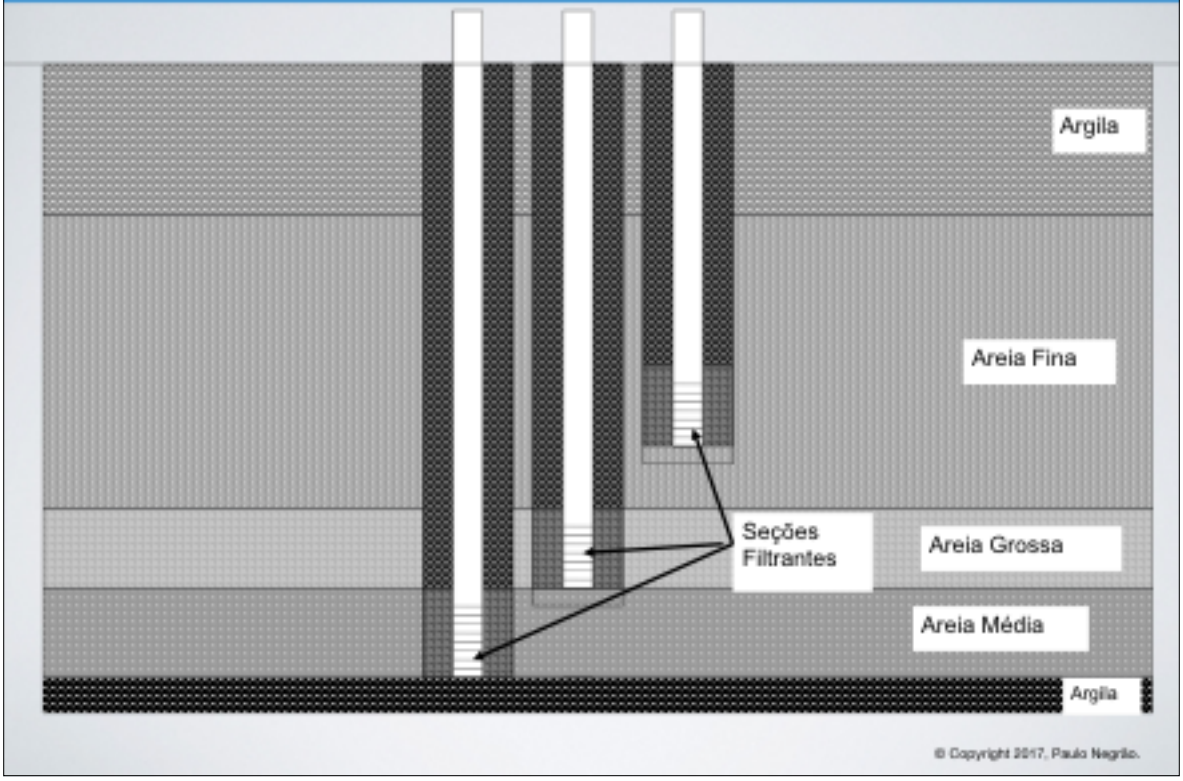
© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Poços com Seções Filtrantes Curtas Permitem a Amostragem Discreta de Horizontes Específicos de Interesse



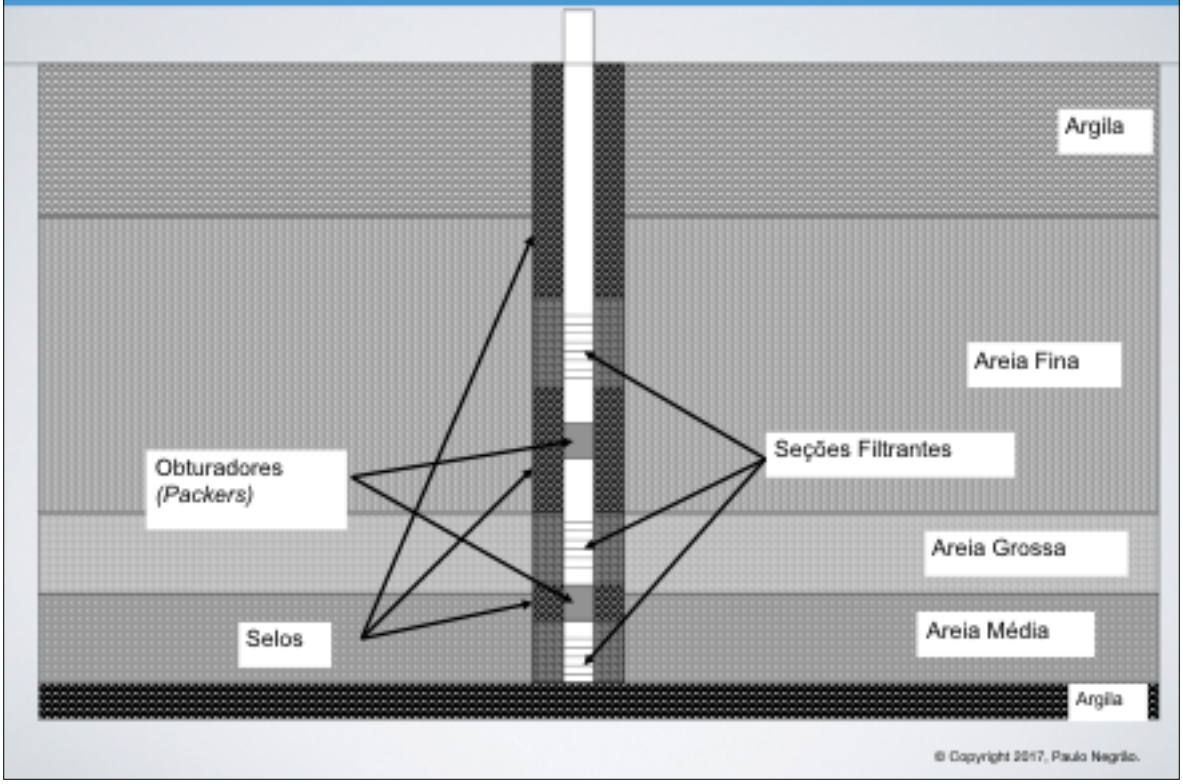
© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Poços Multiníveis com Seções Filtrantes Curtas permitem melhor detalhamento espacial



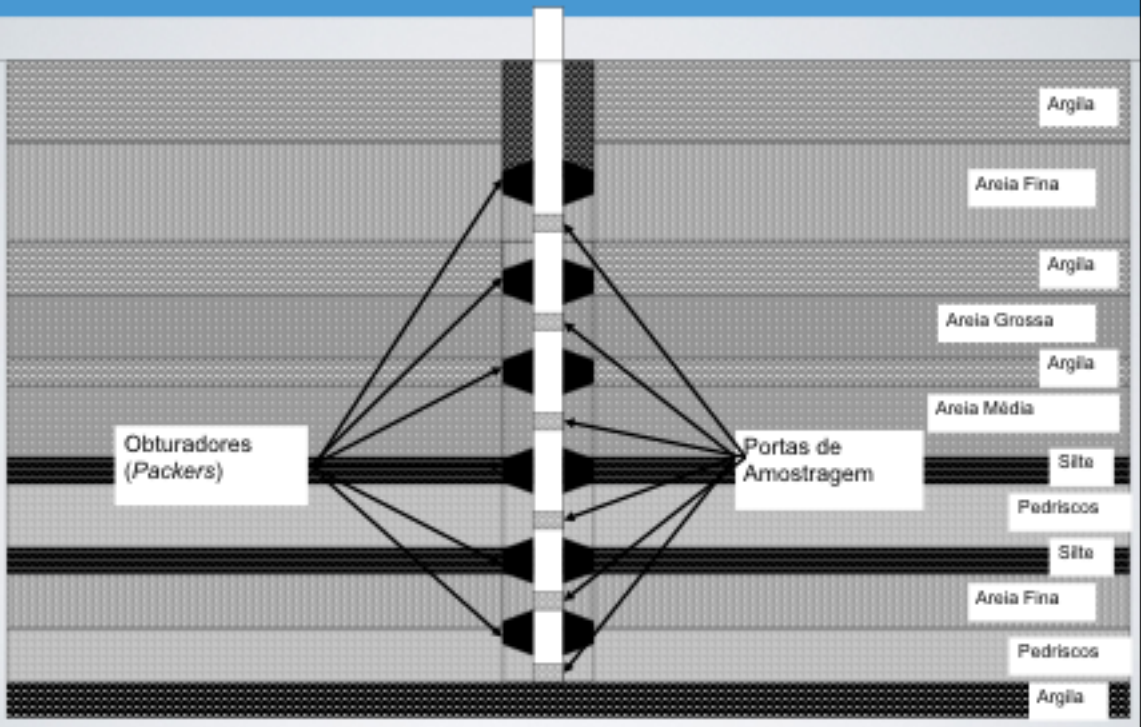
© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Poços com Várias Seções Filtrantes requerem o uso de Obturadores



© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Sistemas Multiníveis Comerciais (ex: CMT. WestBay, FLUTe) permitem a amostragem de horizontes discretos numa única perfuração



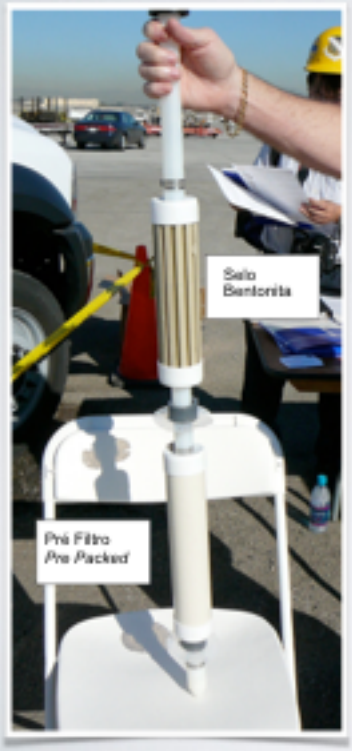
© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Sistemas Multiníveis Comerciais: CMT

Continuous Multichannel Tubing (CMT)
Solinst, Canada
www.solinst.com

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

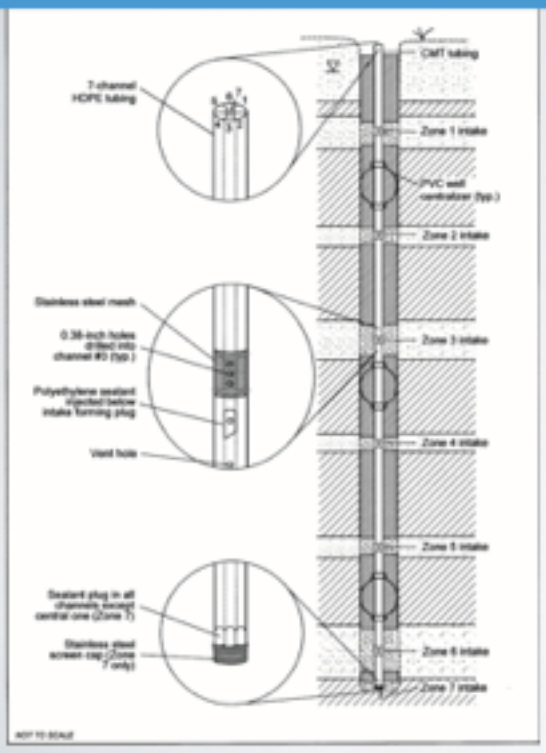
Sistemas Multiníveis Comerciais: CMT



Sistema CMT com pré filtro *pre-packed* ao redor das portas de amostragem e selos de bentonita entre as portas de amostragem. A posição das portas de amostragem pode ser determinada no campo, permitindo flexibilidade no projeto do poço.

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Sistemas Multiníveis Comerciais: CMT

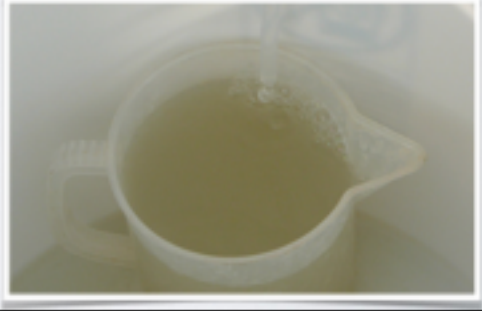


(Einarson & Cherry, 2002)

Sistemas Multiníveis Comerciais: CMT

Os pequenos canais do CMT limitam as opções de bomba (< 3/8" dia).

Bombas peristálticas e tubos de inércia são utilizados com frequência para a coleta da amostra. O uso de Tubos de Inércia tende a resultar em amostras com alta tirbidez (foto)



Sistemas Multiníveis Comerciais: WestBay Instruments

Westbay
www.westbay.com

O Sistema Westbay® também utiliza obturadores (*packers*) para isolar as zonas de amostragem. Este sistema é usado mais frequentemente em poços abertos na rocha (particularemente em rocha fraturada e formações carsticas).

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Sistemas Multiníveis Comerciais: FLUTe

O Sistema FLUTe® são fabricados em tecido flexível no formato de uma "meia" que reveste o interior do furo ou do revestimento do poço perfurado em **rocha fraturada**

O próprio FLUTe atua como um selo continuo ao longo de todo o comprimento do poço ou furo.

Variações de configuração do FLUTe permitem:

- Vedação das fraturas em formações de rochas fraturadas.
- Perfilamento contínuo das Transmissividades das fraturas
- Amostragem multinível discreta das fraturas
- Identificação e Mapeamento da distribuição de DNAPL e fase dissolvida

Flexible Liner Underground Technologies
www.flut.com

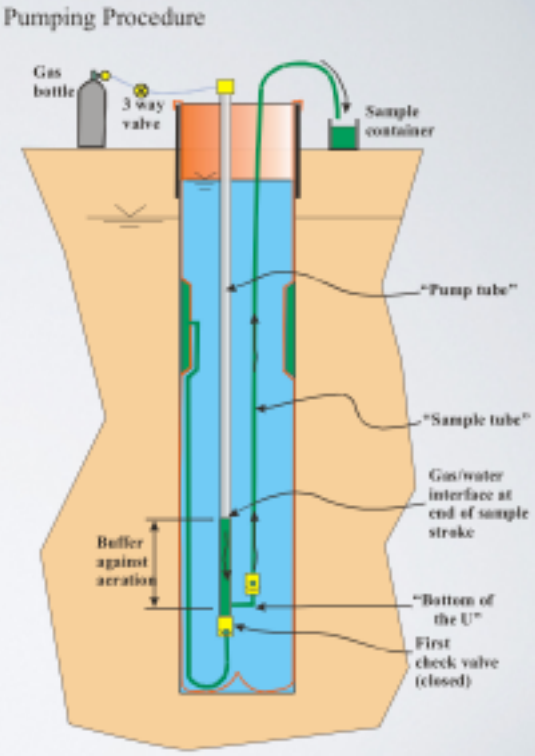
© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Instalação Liner FLUTe

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Instalação Liner FLUTe

© Copyright 2017, Paulo Negrão.



O FLUTe utiliza um sistema de bombeamento por deslocamento de composto por tubos e válvulas de retenção.

O Flute permite a instalação de até 15 portas de amostragem num liner para poços de 4" a 8" de diâmetro.

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Tecnologias de Monitoramento e Amostragem de Águas Subterrâneas - Parte 2

- Projeto e Construção de Poços de Monitoramento
- Materiais de Revestimento
- Materiais para Pré-Filtro e Selos
- Proteção de Superfície

Paulo Negrão
Clean Environment Brasil
E-mail: p.negrao@clean.com.br
Tel: (019) 3794-2900

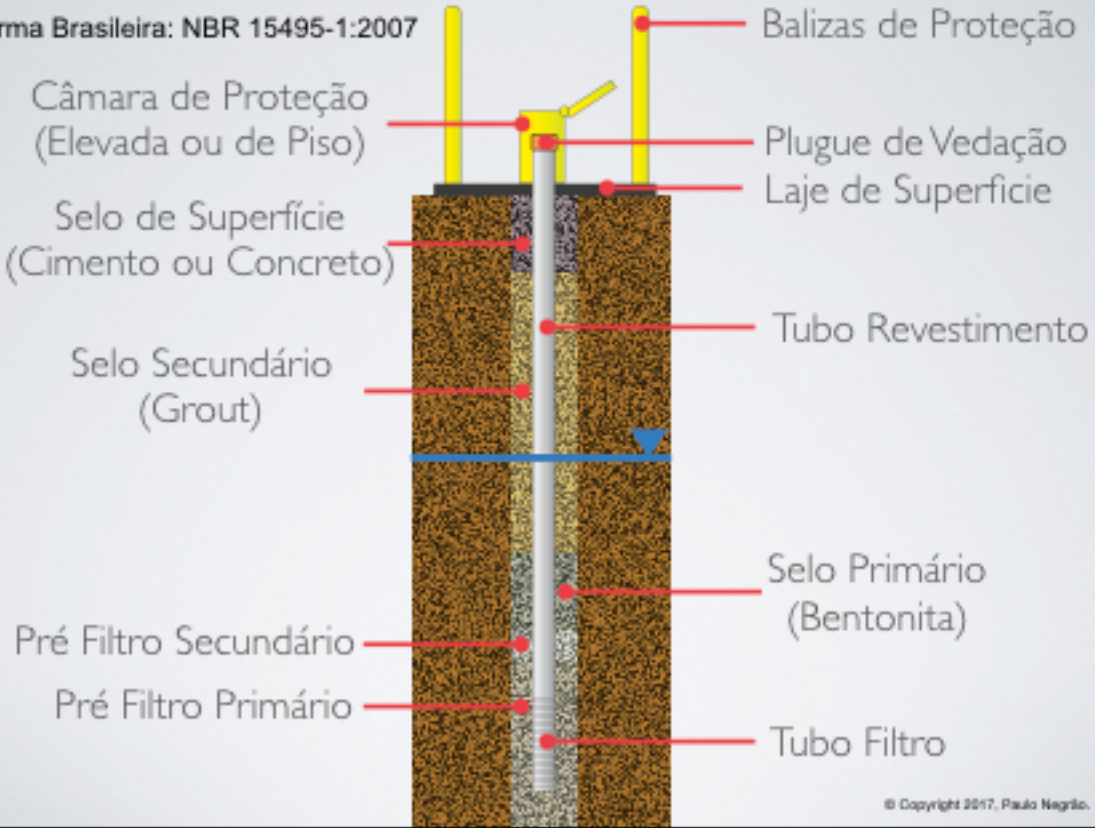
Porque Instalamos Poços de Monitoramento?

- Permitir a coleta de **amostras representativas** da água subterrânea na zona alvo de amostragem para análises químicas, a fim de detectar e quantificar uma série de parâmetros (especialmente compostos orgânicos e metais traço) **[C]**
- Permitir a coleta de **dados representativos do nível da água subterrânea** na zona alvo de monitoramento **[H]**
- Permitir a coleta de **dados representativos da condutividade hidráulica** da zona alvo de monitoramento **[K]**

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Componentes Típicos de um Poço de Monitoramento

Norma Brasileira: NBR 15495-1:2007



© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Projeto e Construção de Poços de Monitoramento em Aquíferos Granulares

NORMA BRASILEIRA

ABNT NBR 15495-1

Primeira edição
18.06.2007

Válida a partir de
18.07.2007

Versão corrigida
03.09.2007

Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aqüíferos granulares
Parte 1: Projeto e construção

Monitoring wells of ground water and granular aquifers
Part 1: Design and construction

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Tubos de Revestimento: PVC

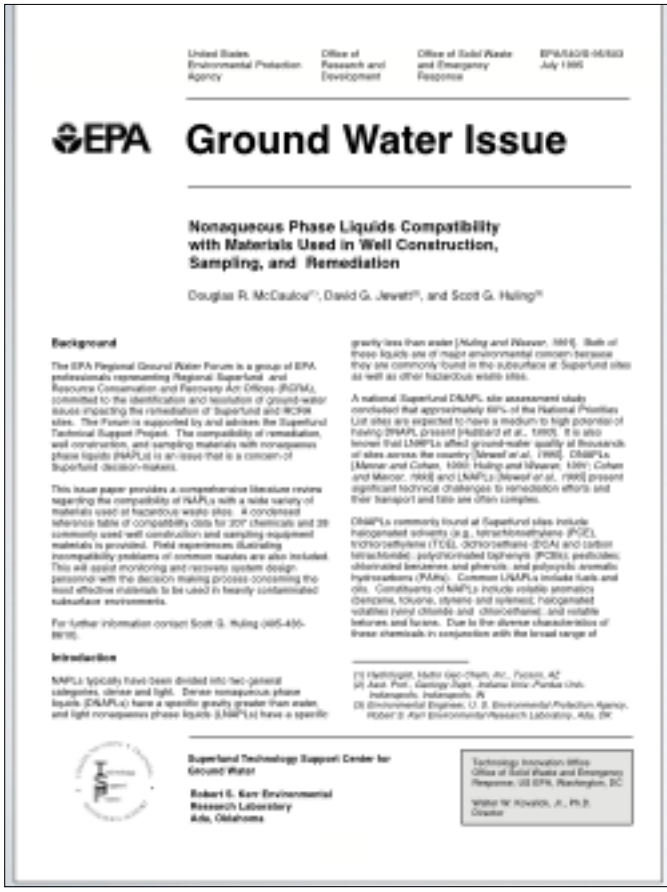
Vantagens

- Podem ser utilizados numa série de contextos geoquímicos e tipos de contaminantes
- Alta resistência e pouco peso
- Fáceis de encontrar no mercado
- Baixo preço em relação a outros materiais

Limitações

- Podem sofrer ataque químico em altas concentrações de SQI (>30% da solubilidade em água) para alguns solventes (alcanos clorados, fase livre de benzeno)
- Podem romper se submetidos a altas temperaturas (ex: durante a cura do cimento, remediações por tecnologias térmicas)
- Podem romper se submetidos a altas pressões (ex: durante o pistoneamento para o desenvolvimento)
- Área aberta limitada para tubos filtros ranhurados.

© Copyright 2017, Paulo Negrão.



United States Environmental Protection Agency | Office of Research and Development | Office of Solid Waste and Emergency Response | EPA/540/S-95/503 July 1995

EPA **Ground Water Issue**

Nonaqueous Phase Liquids Compatibility with Materials Used in Well Construction, Sampling, and Remediation

Douglas R. McCaulou[1], David G. Jewett[2], and Scott G. Huling[3]

Background

The EPA Regional Ground Water Forum is a group of EPA professionals representing Regional Superfund and Resource Conservation and Recovery Act Offices (RCRA), committed to the identification and resolution of ground-water issues impacting the remediation of Superfund and RCRA sites. The Forum is supported by and advises the Superfund Technical Support Project. The compatibility of remediation, well construction, and sampling materials with nonaqueous phase liquids (NAPLs) is an issue that is a concern of Superfund decision-makers.

This issue paper provides a comprehensive literature review regarding the compatibility of NAPLs with a wide variety of materials used at hazardous waste sites. A condensed reference table of compatibility data for 207 chemicals and 28 commonly used well construction and sampling equipment materials is provided. Field experiences illustrating incompatibility problems of common metals are also included. This will assist monitoring and recovery system design personnel with the decision making process concerning the most effective materials to be used in heavily contaminated subsurface environments.

For further information contact Scott G. Huling (405-436-8616).

Introduction

NAPLs typically have been divided into two general categories, dense and light. Dense nonaqueous phase liquids (DNAPLs) have a specific gravity greater than water, and light nonaqueous phase liquids (LNAPLs) have a specific gravity less than water (Huling and Weaver, 1991). Both of these liquids are of major environmental concern because they are commonly found in the subsurface at Superfund sites as well as other hazardous waste sites.

A national Superfund DNAPL site assessment study concluded that approximately 60% of the National Priorities List sites are expected to have a medium to high potential of having DNAPL present (Hubbard et al., 1995). It is also known that LNAPLs affect ground-water quality at thousands of sites across the country (Newell et al., 1995). DNAPLs (Mercer and Cohen, 1990; Huling and Weaver, 1991; Cohen and Mercer, 1993) and LNAPLs (Newell et al., 1995) present significant technical challenges to remediation efforts and their transport and fate are often complex.

DNAPLs commonly found at Superfund sites include halogenated solvents (e.g., tetrachloroethylene (PCE), trichloroethylene (TCE), dichloroethane (DCA) and carbon tetrachloride), polychlorinated biphenyls (PCBs), pesticides, chlorinated benzenes, and phenols, and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). Common LNAPLs include fuels and oils. Constituents of NAPLs include volatile aromatics (benzene, toluene, styrene and xylenes); halogenated volatiles (vinyl chloride and chloroethane); and volatile ketones and furans. Due to the diverse characteristics of these chemicals in conjunction with the broad range of

[1] HydroGeoLogic, Martin Geo-Chem, Inc., Tucson, AZ
[2] Asst. Prof., Geology Dept. Indiana Univ./Purdue Univ. Indianapolis, Indianapolis, IN
[3] Environmental Engineer, U. S. Environmental Protection Agency, Robert S. Kerr Environmental Research Laboratory, Ada, OK

Superfund Technology Support Center for Ground Water
Robert S. Kerr Environmental Research Laboratory
Ada, Oklahoma

Technology Innovation Office
Office of Solid Waste and Emergency Response, US EPA, Washington, DC
Walter W. Kovalick, Jr., Ph.D.
Director

EPA/540/S-95/503

Excelente referência para pesquisa de compatibilidade química entre centenas de contaminantes (NAPLs) e uma série de materiais de revestimento de poços de monitoramento e remediação.

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

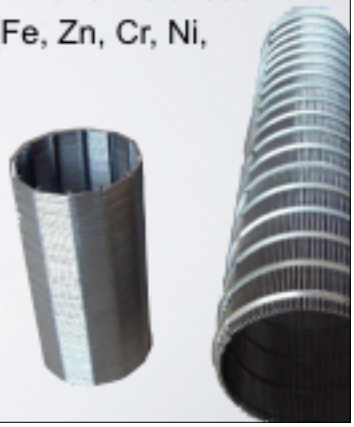
Tubos de Revestimento: Aço Inoxidável

Vantagens

- Podem ser utilizados numa série de contextos geoquímicos e tipos de contaminantes
- Alta resistência numa grande faixa de temperaturas
- Grandes áreas abertas nos tubos filtro
- Disponíveis no mercado de poços de abastecimento
- Podem ser cravados diretamente em algumas formações via Direct-Push

Limitações

- Podem sofrer corrosão em algumas condições geoquímicas (ex: Ph baixo, O_2 baixo, TDS altos, Cl^- >1000 ppm, H_2S alto, CO_2 alto)
- Podem introduzir ions metálicos nas amostras (Fe, Zn, Cr, Ni, Mn, Mo)
- Alto peso
- Alto custo (10 a 20 vezes mais caros que PVC)



© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Poços de Monitoramento revestidos com tubo de Aço Carbono ou Aço Galvanizado (foto) são muito susceptíveis à corrosão e podem contribuir com o aumento da concentração de compostos inorgânicos nas amostras, especialmente zinco e ferro.

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Especificações do Tubo Filtro e Tubo de Revestimento

Considerações para escolha do tubo filtro

- Devem ser construídos em materiais inertes às condições naturais do aquífero e ao contaminante
- Área Aberta deve ser a maior possível a fim de permitir a boa conexão com a formação e:

  a) garantir o bom desenvolvimento do poço,

  b) permitir a execução de testes hidráulicos precisos

  c) resultar na menor perda de carga possível
- O tamanho da abertura do filtro deve ser capaz de impedir a entrada da areia do pré filtro para dentro do poço e, ao mesmo, tempo permitir o desenvolvimento efetivo do poço de pequeno diâmetro.

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Os dois tipos mais comuns de Tubo Filtro: **ranhurado** (esquerda) e **espiralado** (direita). Note a diferença significativa na área aberta entre os dois tubos. Filtros ranhurados tem área aberta de 2-5%; Filtros espiralados tem area aberta de 12-30%.

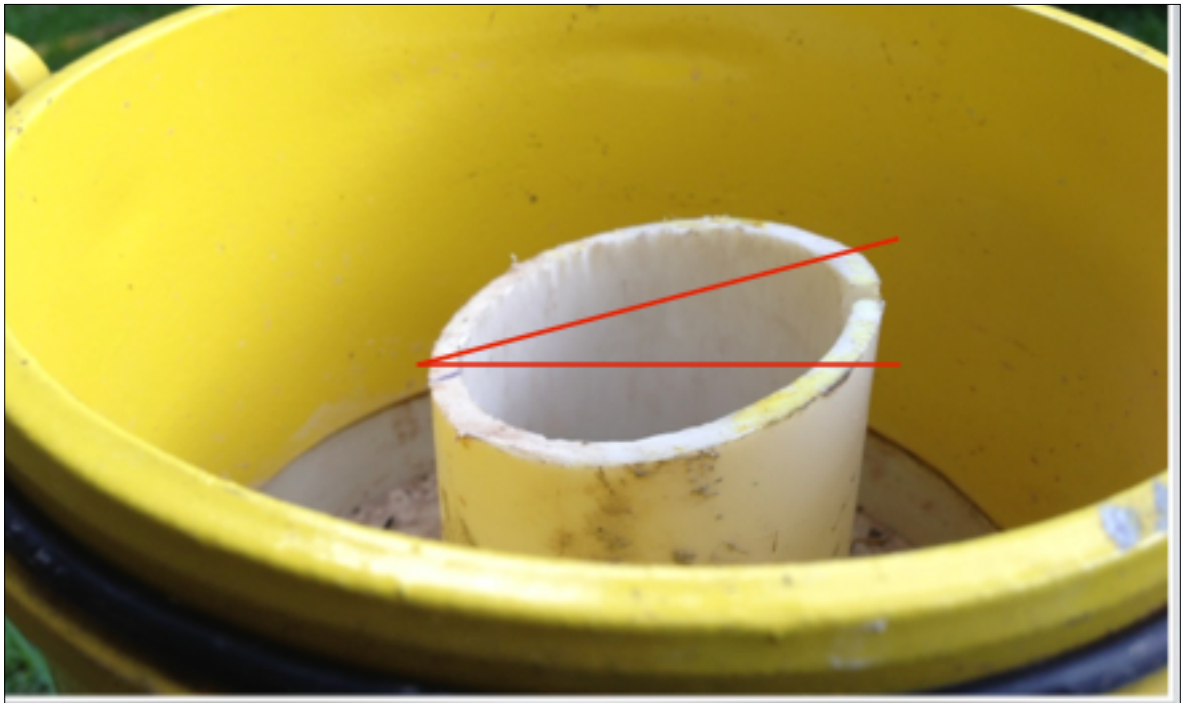
© Copyright 2017, Paulo Negrão.

O Tubo Geomecânico Nervurado é muito utilizado no Brasil para o revestimento de poços de monitoramento.

As nervuras externas auxiliam na performance hidráulica das ranhuras, criando canais verticais contínuos em toda a extensão saturada do poço. Em algumas situações, isso pode contribuir para a coleta de água de profundidades fora da zona alvo de monitoramento.

Dê preferência pelo uso de tubos lisos (não ranhurados)

© Copyright 2017, Paulo Negrão.



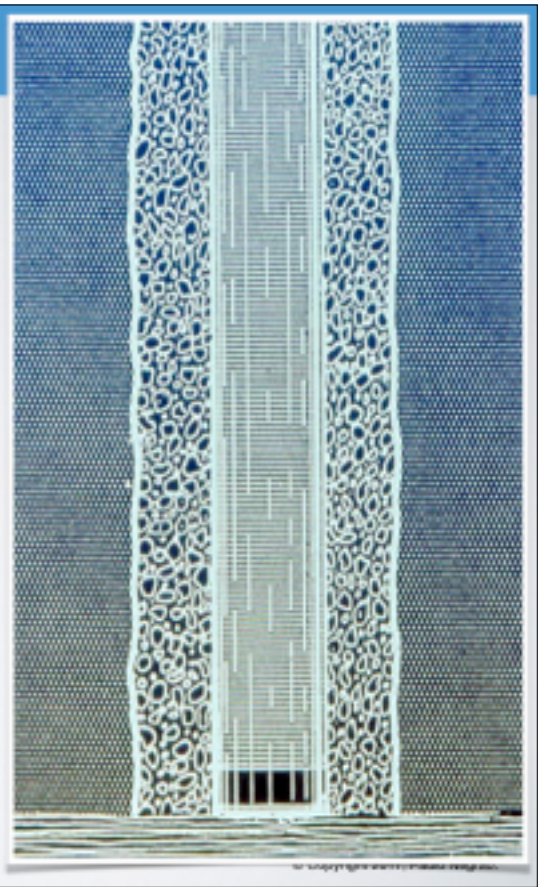
Note que o corte do tubo de revestimento da cabeça do poço esta bastante desnivelado. Isso pode causar erros na medição de nível e determinação dos gradientes hidráulicos.

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Pré Filtro Primário

NBR 15495-1

- O pré filtro deve ser composto por material limpo, de granulometria arredondada e uniforme, formada por > 95% de partículas quartzosas.
- O pré filtro é instalado no espaço anular entre tubo filtro e a parede do furo.
- O pré filtro deve ter condutividade hidráulica maior que a da formação ao redor do poço a fim de permitir que a água subterrânea converja para o poço.



A areia do pré filtro deve ser inerte (> 95% de quartzo), de grãos arredondados, de granulometria controlada e de tamanho determinado por ensaios de peneiramento com o solo da formação.

Elementos Inorgânicos em Areia de Pré-Filtro comercializada no Brasil para Construção de Poços de Monitoramento

Varljen, 2011

	ug/L	CONAMA 420	CETESB DD103	EPA Reg 9
Aluminio	**8941**	3500	200	37000
Antimonio	<5,0	5	5	15
Arsênio	<10,0	10	10	45
Bário	289	700	700	7300
Cadmio	<5,0	5	5	18
Cromo	11,9	50	50	-
Cobre	<30,0	2000	2000	1500
Chumbo	**168**	10	10	-
Cobalto	**12,0**	70	5	11
Ferro	**14004**	2450	300	26000
Manganês	**1630**	400	400	880
Molibidênio	<10,0	400	400	880
Nickel	<10,0	20	20	730
Selênio	<10,0	10	10	180
Prata	<10,0	50	50	180
Vanádio	71,9	-	-	-
Zinco	101	1050	5000	11000
Boro	<200	500	500	7300
Mercúrio	<1,00	1	1	11

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Calcule o volume de areia necessário para preencher o espaço anelar do poço após a retirada do trado helicoidal oco.

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Tabela para Cálculo do Volume e Quantidade de Areia para Pré Filtro

Diametro do Poço (d)	50 mm (2")	100 mm (4")
Diametro da Perfuração (D)	7 ½"	10"
Volume do Espaço Anular por metro do poço	26.3 L/m	42.5 L/m
Quantidade de Areia por metro de Pré Filtro	42.5 Kg/m	68 Kg/m
Sacos de 25Kg de Areia por metro de Pré Filtro	1.7 sacos/m	2.7 sacos/m
Comprimento de Pré Filtro por Saco de 25Kg de Areia	~ 60 cm/saco$_{25Kg}$	~ 37 cm/saco$_{25Kg}$
Volume de Água por Metro de Poço	2.04 L/m	8.10 L/m

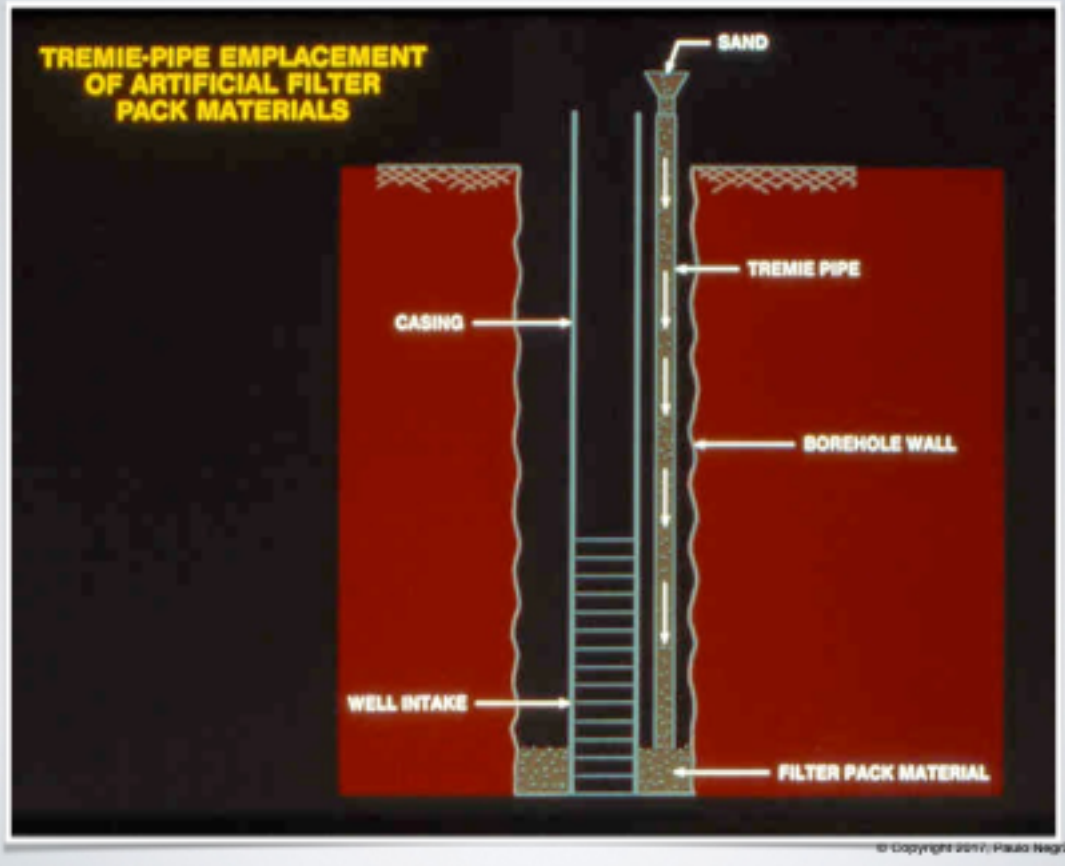
http://www.premiersilica.com/about/resources/calculators/gravelpack_well

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Para poços perfurados por outros métodos que não o de trado helicoidal oco, a melhor maneira de lançar o pré filtro é através do Tubo de Descida (*Tremie Pipe*).

O Tubo de Descida deve ser pequeno o suficiente para caber no espaço anular entre o tubo de revestimento e o furo e grande o suficiente para evitar que a areia crie "pontes" dentro do tubo.

© Copyright 2017, Paulo Negrão.



© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Selos Anulares

Bentonita

- Seca: pallets, lastas ou grãos
- Calda: Mistura de bentonita e água

Calda de Cimento

- Calda: Cimento Portland ABNT e água. Não usar agregados (areia e/ou pedra)
  - Podem requer aditivos para encolhimento, aceleradores de cura e outros aditivos.

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Bentonita em pallets são muito práticas, apesar de mais caras. Permitem serem lançadas em coluna d'água de 20 a 30m.

Pallets com retardante de cura podem ser lançadas em colunas d'água ainda mais espessas. É importante que se conheça a composição química do encapsulamento do pallet de bentonita a fim de se evitar a introdução de compostos químicos na amostra e na água subterrânea (acetona).

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

A única maneira de se lançar a bentonita em pallets ou em lascas no interior do poço é jogando-a pela boca do furo.

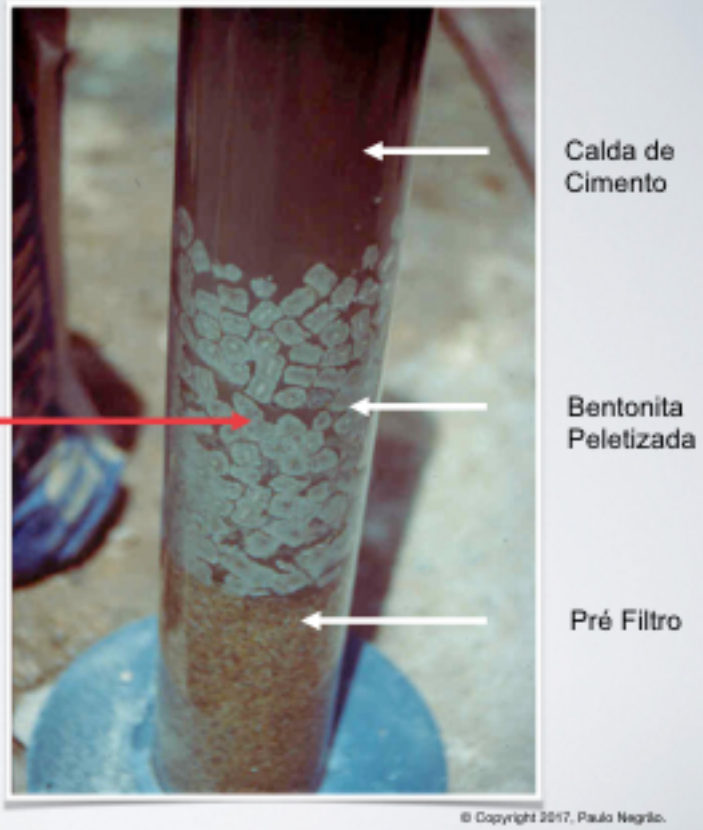
Este procedimento deve ser feito com cuidado e por profissionais experientes, pois pode causar pontes no selo de bentonita.

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Calda de cimento penetrando pelo selo de bentonita em paletizada após 25 minutos de hidratação da bentonita.

Note que a calda de cimento penetrou pela bentonita e atingiu o pré filtro (Isso não é bom).

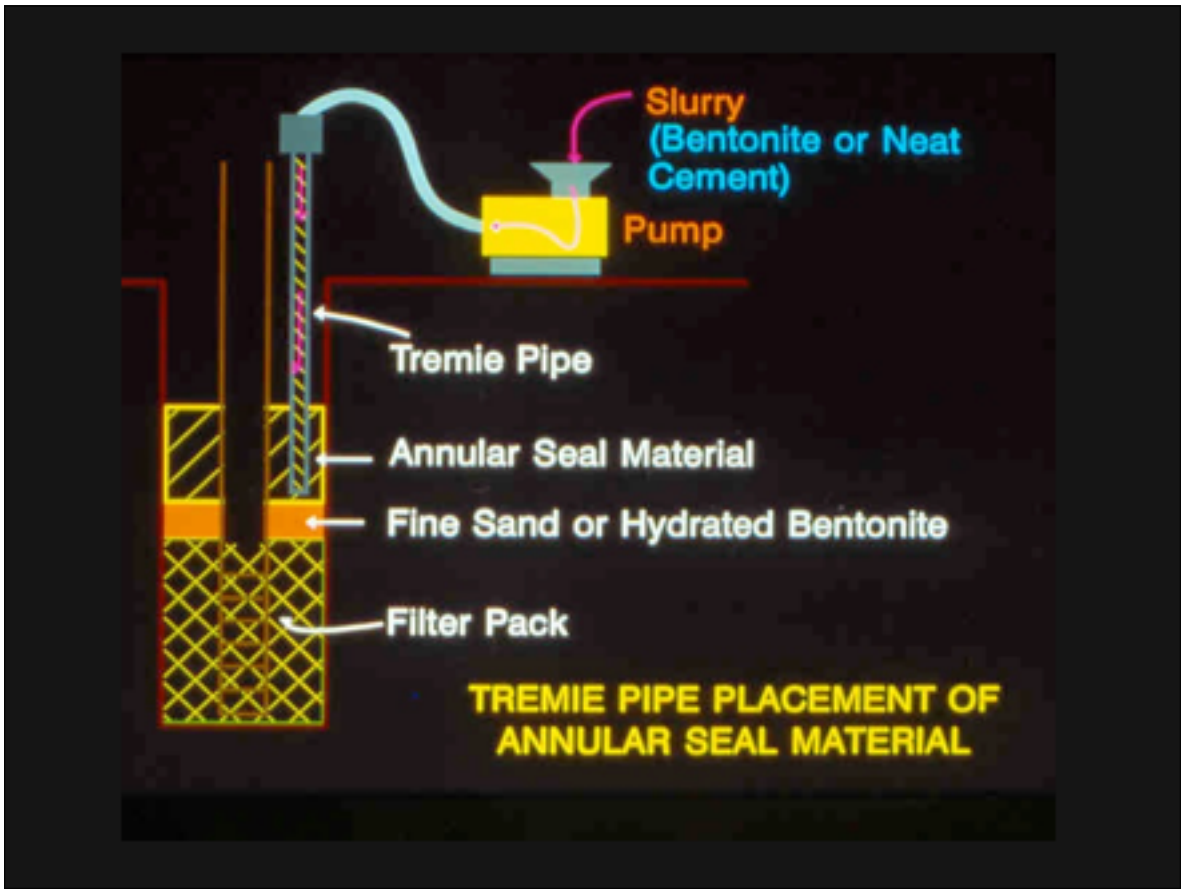
O pH da água aumentará e a bentonita não curará.



© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Quando hidratada de maneira adequada (seguindo as instruções do fabricante) o selo anular de bentonita paletizada, na zona saturada, resulta numa estrutura estável e de condutividade hidráulica bastante baixa.

© Copyright 2017, Paulo Negrão.



The Nebraska Grout Study

The Nebraska Grout Study

- **1999:** Universidade de Nebraska (Lincoln, NE) instalou um poço revestido em PVC transparente para fins educacionais.
- O poço foi projetado para ser "O Poço"
- 16 meses depois de instalado, uma filmagem demonstrou que o selo de bentonita estava todo trincado na zona não saturada, permitindo infiltração vertical para a zona de captura.
- Surpresa geral dos pesquisadores e membros da NGWA dos EUA.
- Novos poços foram instalados em diferentes contextos geológicos e com diferentes receitas de *grout*. Os mesmos problemas foram observados.
- Pesquisa estendida para 63 poços.

The Nebraska Grout Study

The Nebraska Grout Study

- O estudo observou que o selo de bentonita trica na zona não saturada, permitindo contaminação potencial vinda da superficie. Este efeito ocorre em apenas um mês após a instalação do poço.
- Verificou-se que na zona vadosa a bentonita retrai após sua cura e não adere a superfície do revestimento, resultando num caminho preferencial para infiltrações.
- De todas as receitas testadas, verificou-se que a bentonita em *chips* (não disponível no Brasil) foi a que apresentou o melhor resultado.
- Este estudo gerou mudanças em normas da ASTM e guias do EPA

Grout type	Visual rating (All installations)
Bentonite chip	1.3
Neat cement with 6 gallons of water	1.4
Cement with bentonite	1.6
Cement with sand	1.6
Bentonite slurry >20%	1.8
Neat cement with 7 gallons of water	1.8
Bentonite slurry =20%	2.0
Concrete	2.0
Bentonite slurry <20%	2.3
Bentonite geothermal-sand ~60%	2.7
Bentonite geothermal ~20%	2.8

Pontuação: 1 = Bom; 2 =

A calda de bentonita é a mais comumente utilizada para selar o poço. O estudo de Nebraska classificou esta mistura como a 3ª mais susceptível a apresentar fissuramento na zona não saturada.

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Conclusões do Nebraska Grout Study

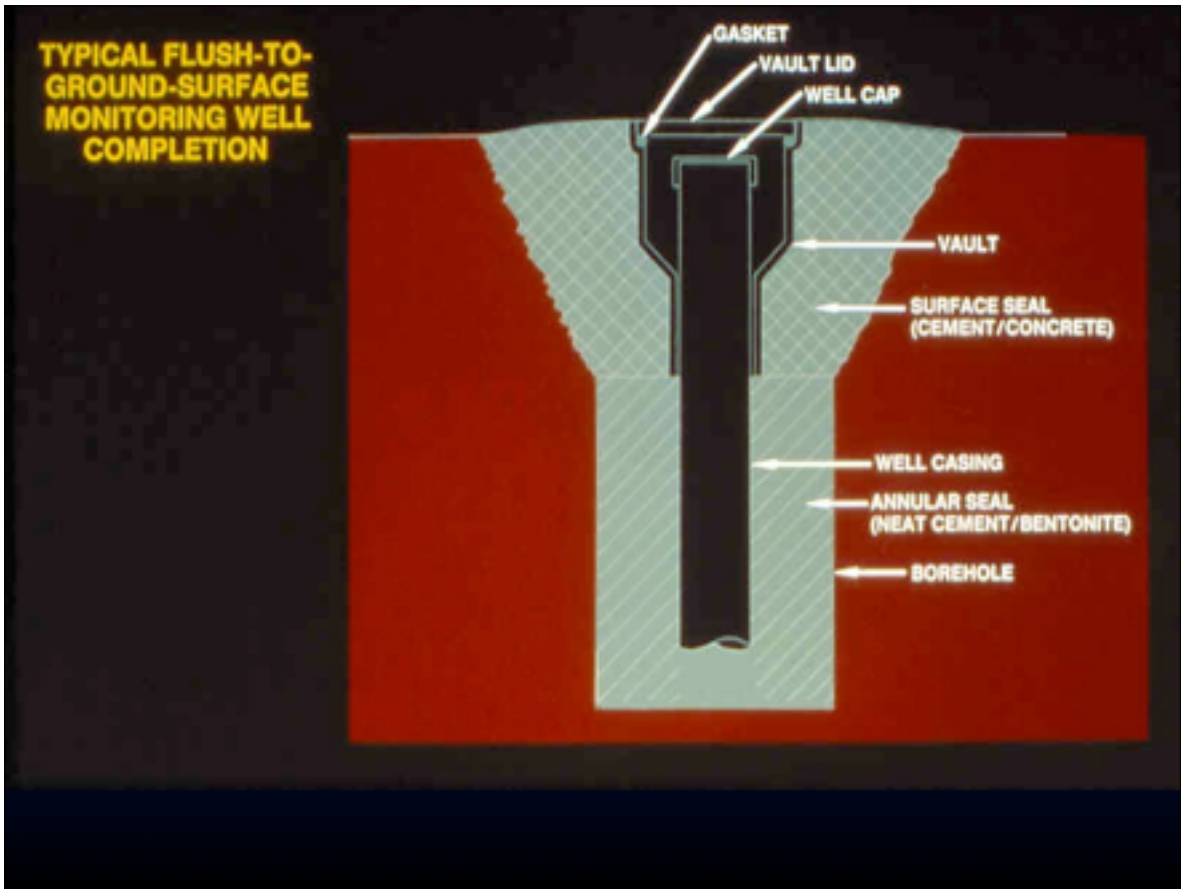
- Não há uma receita perfeita do grout de bentonita que possa ser utilizada em todas as situações.
- As receitas do grout de bentonita devem ser especificadas para cada site (ex: zona saturada/não saturada, geologia consolidada/não consolidada, areia/pedrisco).
- Receitas diferentes do grout de bentonita podem ser necessárias num mesmo poço. Deste modo, deve-se registrar em detalhes os perfis geológicos durante as sondagens, especialmente na zona não saturada.
- O grout de bentonita é sensível às condições da zona não saturada, principalmente quanto ao teor de umidade e granulometria do solo, e não se rehidratam.
- Grouts com alto teor de alta (como usado em técnicas de direct-push) não foram eficientes nem acima, nem abaixo no nível d'água.
- **O grout de bentonita não se adere ao PVC.**
- O aumento do percetual de sólidos (ex: areia) nos grouts de bentonita podem auxiliar na melhora da performance dos selos anulares.

Proteção de Superfície

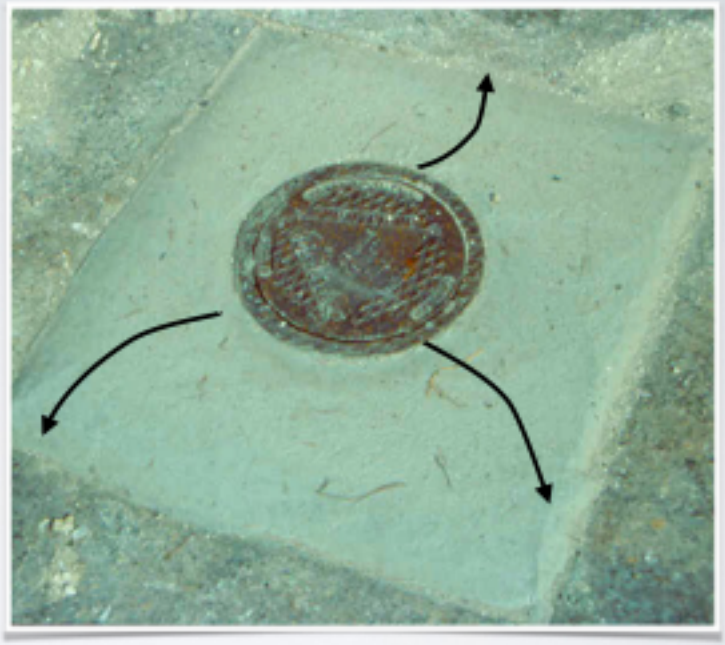
Componentes da proteção de superfície

- Laje (selo) de cimento ou concreto para proteger contra a entrada de água superficial
- Tampas de Proteção
  - Revestimentos para completação acima do piso
  - Caixas ou PVs para completação abaixo do piso
- Câmaras com chave
- Tampas com chave
- Postes de proteção contra veículos

© Copyright 2017, Paulo Negrão.



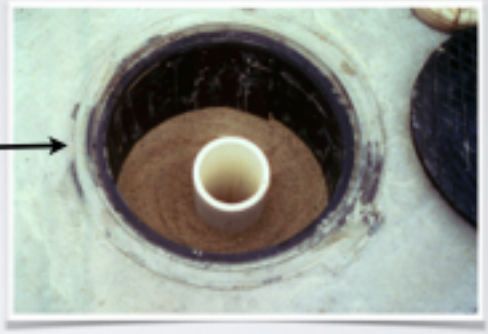
Poços com tampa de proteção no nível do piso devem ser completados com laje de cimento com inclinação para fora do poço, a fim de evitar que a água do piso escorra para dentro do poço.

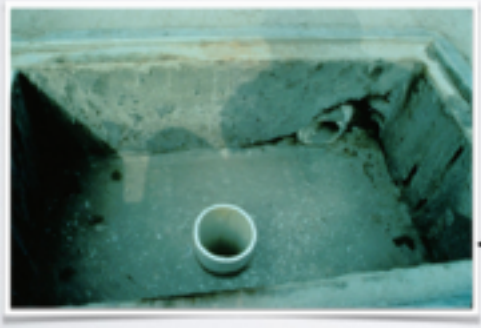


© Copyright 2017, Paulo Negrão.

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

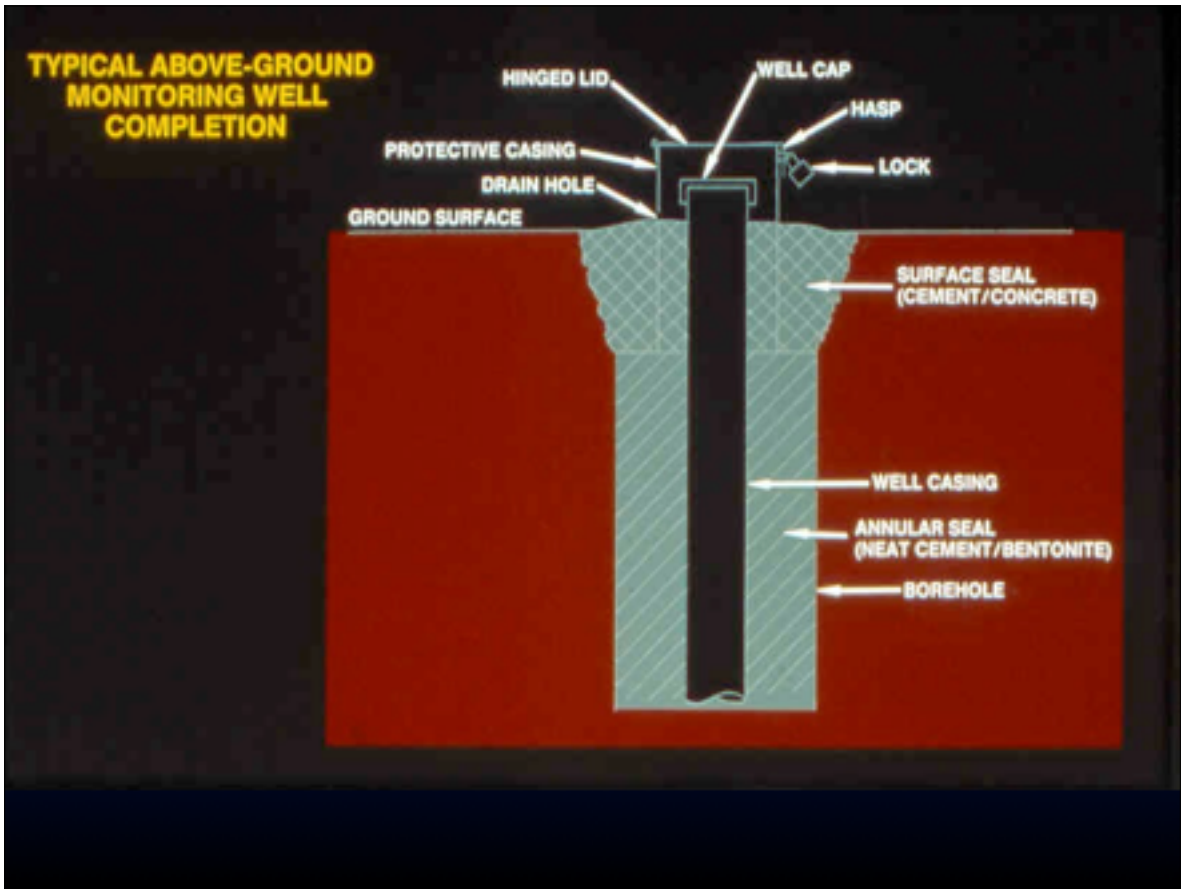
Excelente exemplo de completação abaixo do nível do piso. A caixa de proteção possui um furo para drenar a água. O espaço anular da caixa é preenchido com areia para ajudar na drenagem e reduzir a infestação de insetos





Este tipo de caixa de inspeção é mais indicada para poços de remediação. O piso da caixa é de concreto e há um **conduite** para a passagem de mangueiras do sistema de bombeamento.

© Copyright 2017, Paulo Negrão.



Exemplo de uma boa laje de proteção superficial para poços com completação acima do piso. A laje de concreto possui inclinação para fora do tubo de proteção do poço.

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Não atropele um pobre e indefeso poço de monitoramento....

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Excelente exemplo de completação e proteção superficial de um PM.

Bom selo de superfície, tubo de proteção de alta qualidade, placa de identificação permanente, postes de proteção.

Dinheiro não era o problema nesse site!

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Excelente exemplo de identificação permanente do poço. Número do poço é fornecido pela Agencia Ambiental local.

Note os pedriscos no espaço anular para ajudar na drenagem e reduzir a entrada de insetos na câmara de proteção.

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

DD 038/2017 CETESB

Os Poços de Monitoramento (topo do tubo de PVC) devem ser geo referenciados com base no SIRGAS 2000

© Copyright 2017, Paulo Negrão.

Técnicas de Amostragem de Águas Subterrâneas

2° Workshop Paranaense de Áreas Contaminadas

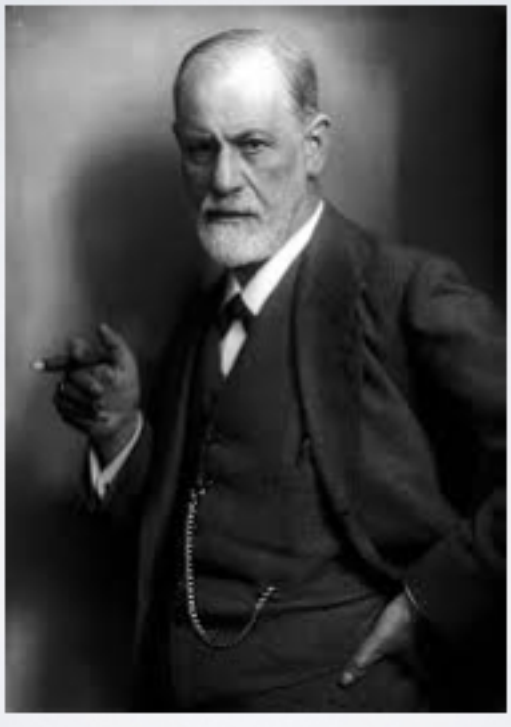
Paulo Negrão, Ph.D.
Clean Environment Brasil / Instituto de Geociências UNICAMP
Campinas, SP

Caracterização x Monitoramento

- A função dos poços de monitoramento em áreas contaminadas mudou significantemente com os avanços no entendimento das complexidades da sub superfície e com as novas abordagens e tecnologias de caracterização.
- **Antigamente, poços de monitoramento eram utilizados para a investigação do site.**
- Atualmente, a investigação/caracterização do site é frequentemente feita com ferramentas de campo que produzem dados quali-quantitativos da geologia, hidrogeologia e da presença de contaminantes.
- Sabemos hoje, por exemplo, que as plumas de contaminação migram por um pequeno percentual da seção do aquífero e que a dispersividade lateral das plumas é bem pequena.
- Desta maneira, os poços de monitoramento são/devem ser instalados mais tarde no processo de investigação do site e função dos dados específicos das condições hidrogeológicas do site e da maturidade do modelo conceitual do site.

(California EPA, 2014)

HidroGeoPsicologia da Água Subterrânea



Características Típicas das Águas Subterrâneas

Temperatura quase constante ao longo de todo o ano

- Próxima da média anual da temperatura local (para aquíferos rasos)
  - ★ Águas mais frias tendem a armazenar maiores concentrações de gases dissolvidos

Pressão acima da pressão atmosférica

- 10m de coluna d'água = 1 atmosfera (14.7 psi)
  - ★ Águas submetidas a pressões acima da P_{atm} podem armazenar maiores concentrações de gases dissolvidos

Normalmente possui baixa concentração de oxigênio dissolvido (OD)

- Normalmente por volta de 2-3 mg/L; frequentemente > 1 mg/L
  - ★ Águas com baixas concentrações de OD, ou anóxicas, tendem a armazenar maiores concentrações de gases dissolvidos

Influência da Exposição das Amostras às Condições Atmosféricas

- Difusão do ar para a amostra pode causar a oxidação e resultar na precipitação de oxi-hidróxidos. Caso este efeito ocorra na formação ou no poço, esses compostos serão "perdidos" da amostra.
  - ★ Essas reações podem ocorrer em alguns segundos ou poucos minutos.
- A perda do CO_2 dissolvido das amostras causa aumento do pH e a precipitação de metais traço. Caso este efeito ocorra na formação ou no poço, esses compostos serão "perdidos" da amostra.
- Os VOCs que estão em solução na amostra podem difundir para a atmosfera, resultando em menores concentrações nos resultados analíticos.
- Exposição da amostra a VOCs presentes na atmosfera podem causar a "contaminação" da amostra.
  - ★ ex: exaustão de veículos, geradores, vapores orgânicos, poeira, etc.

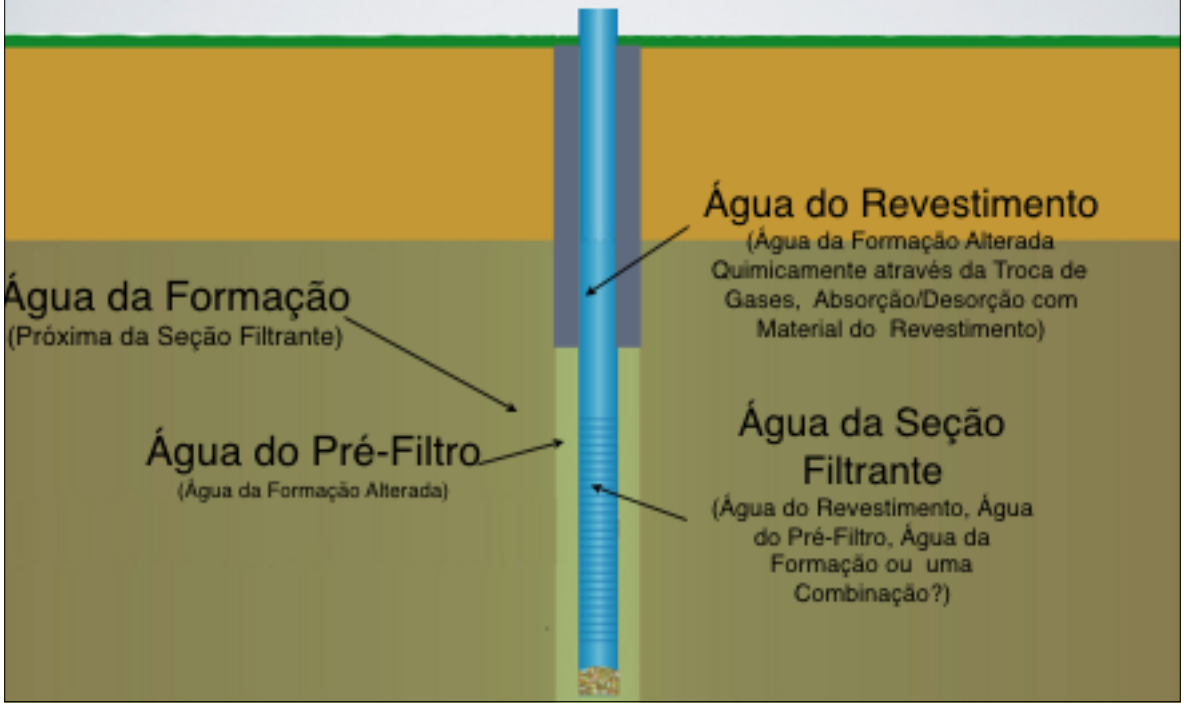
Procedimentos de Amostragem dos Anos 80

Os primeiros protocolos de amostragem de águas subterrâneas buscavam uma maneira expedita de se coletar amostras.

Por Que Purgar o Poço?

- Remover água "estagnada" do interior do poço que possa ter sido alterada física, química ou biologicamente em função do contato com a atmosfera, com o revestimento do poço, seção filtrante e pré-filtro
- Obter Amostras Representativas da Água da Formação (não da água do revestimento, seção filtrante ou pré-filtro)

Sua Amostra é Representativa do Que?



No atual estágio do conhecimento científico, das boas práticas de mercado e das rigorosas regulamentações ambientais, é, no mínimo, questionável coletar amostras de águas subterrâneas com bailers.

Exemplo de Valores de Interveção para Águas Subterrâneas (CETESB, CONANA, etc)

Benzeno: 5 μg/L

Percloroetileno: 40 μg/L

Mercurio: 1 μg/L

Valores de Intervenção: concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerado um cenário de exposição genérico.

Qual o "Tamanho" de 1 micrograma por litro?

1 μg/L = 1 ppb =

1 segundo

em

31 anos e 256 dias

(1 bilhão de segundos)

Anos 80: Os Procedimentos de Amostragem

Quantas Vezes o Poço Precisa ser Purgado?

Autor	Recomendação quanto ao Volume de Purga
Fenn et al. (1980)	Mínimo de 1 volume Recomendação para 3 a 5 volumes
Gillham et al. (1983)	De 1 a 10 vezes
Scalf et al. (1981)	Sugeriu de 4 a 10
Wilson and Dworkin (1984)	Mínimo de 5 a 6 para VOCs
Pettyjohn et al. (1981)	No mínimo 10 volumes a Q > 500ml/
Gibbons et. al (1981)	Recomedou 4 a 6 volumes
Unwin and Huis (1983)	Até 20 volumes

Purga de Volume Determinado: Receita de Bolo?

Purgue de 3 a 5 vezes o volume do poço e colete a sua amostra

Purga de Volume Determinado: Receita de Bolo?

- A primeira regulamentação para a purga do poço para remoção da água não-representativa.
- Valor arbitrário.
- Causa grandes distúrbios na formação, resultando, na maioria das vezes, em amostras não-representativas.

Pesquisas Científicas do Final dos Anos 80

Anos de pesquisas do EPA, DoE, USGS e empresas privadas demonstraram que os métodos tradicionais de purga e amostragem eram raramente capazes de produzir amostras de águas subterrâneas verdadeiramente representativas das condições do aqüífero.

Passando a Década de 80 a Limpo

- Falta de normas e procedimentos para investigações ambientais e coleta de amostras
- Escassez de profissionais/experiência para atender a demanda do mercado
- Empresas de consultoria ambiental atoladas de trabalho
- Órgãos ambientais atolados de relatórios
- Resultados analíticos confusos, inconsistentes e sem significado
- Em meio ao caos, alguns pesquisadores buscaram aprender mais sobre a amostragem de águas subterrâneas para fins ambientais

Pesquisas Científica no Final dos Anos 80

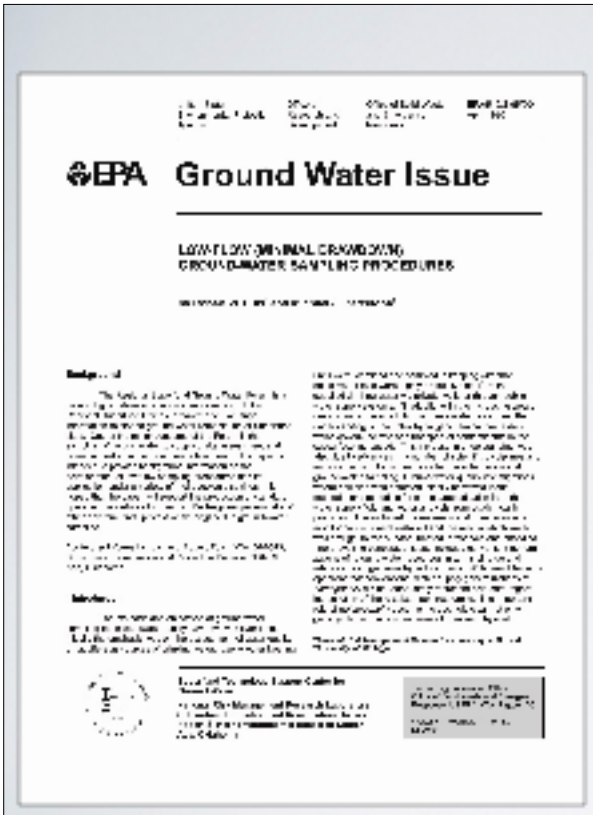
Purga deve ser baseada na performance hidráulica do poço e na estabilização de parâmetros indicativos da qualidade da água.

(Barcelona, 1984)

Pesquisas Científica no Final dos Anos 80

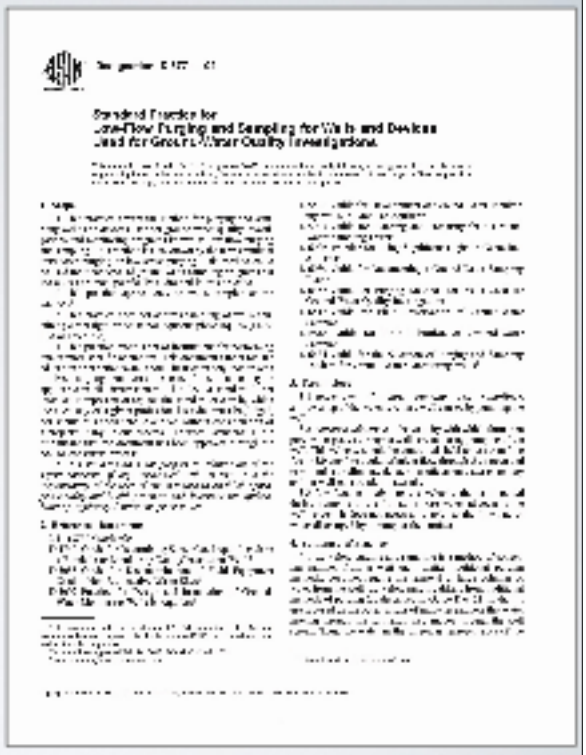
Distúrbios na coluna do poço e manuseio das amostras devem ser reduzidos ao máximo para se obter amostras representativas.

(Puls and Powell, 1992)

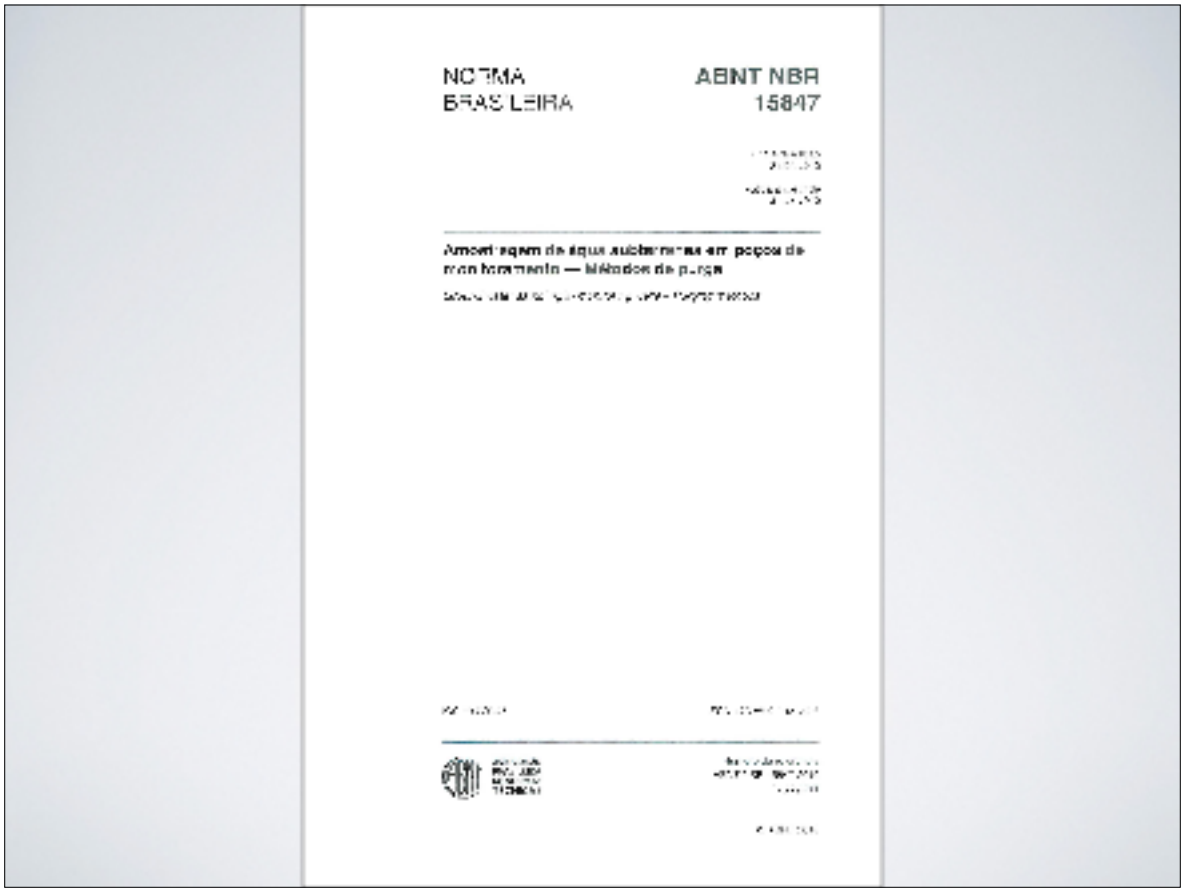


EPA Ground Water Issue

LOW-FLOW (MINIMAL DRAWDOWN) GROUND-WATER SAMPLING PROCEDURES



Standard Practice for Low-Flow Purging and Sampling for Wells and Devices Used for Ground-Water Quality Investigations



NORMA BRASILEIRA

ABNT NBR 15847

Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento — Métodos de purga

Evoluções Científicas e Metodológicas

- Grandes avanços científicos, metodológicos e na tecnologia de amostragem de águas subterrâneas foram registrados e comprovados nas últimas décadas.
- Apesar dos avanços, muitos ainda são relutantes às mudanças.
- Uso continuado de métodos e práticas ultrapassadas colocam em xeque a qualidade dos dados e das decisões tomadas.

ELEMENTOS DE UM PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Elementos de Um Programa de Monitoramento de Águas Subterrâneas

Objetivos do Programa de Amostragem →	Histórico do site x Contaminantes potenciais Quantidade e distribuição dos poços de monitoramento
Projeto e Construção dos Poços →	Técnicas de perfuração Materiais de construção do poço Projeto do poço
Procedimentos de Campo →	Método de purga e amostragem Equipamentos de amostragem Manuseio, preservação, acondicionamento e transporte das amostras
Controle de Qualidade →	Planejamento em função dos dados necessários Controle de qualidade no campo Controle de qualidade no laboratório
Controle Estatístico →	Validação estatística dos dados Avaliação histórica dos dados Interpretação dos dados

COMO AS TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE AMOSTRAGEM PODEM INFLUENCIAR NOS RESULTADOS ANALÍTICOS?

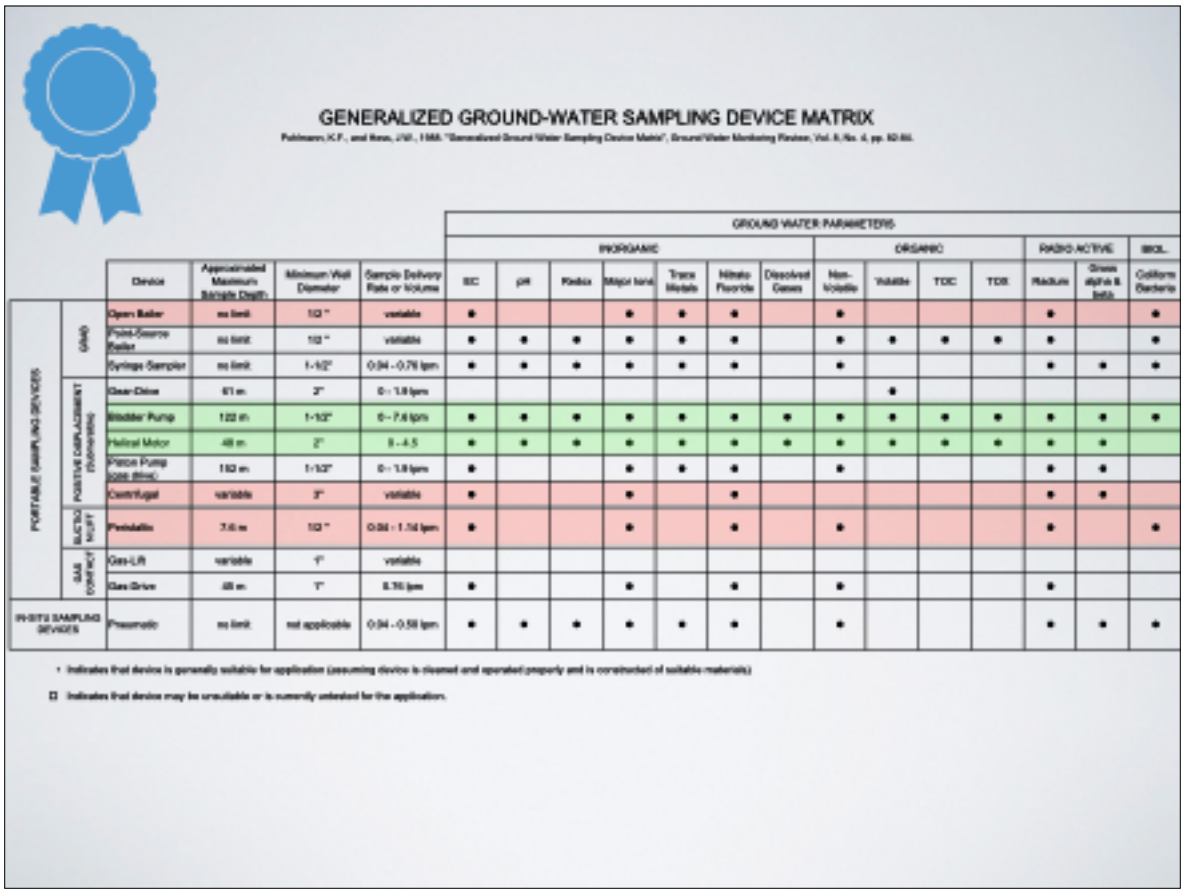
Os métodos analíticos são bem definidos e a precisão pode ser quantificada, fornecendo um alto grau de certeza na representatividade dos resultados.

O processo de amostragem no campo pode introduzir vários erros, tais como:

- Métodos e equipamentos de purga
- Equipamentos de amostragem
- Manuseio de equipamentos
- Procedimentos de amostragem: incluindo transferência, filtração e preservação da amostra
- Descontaminação dos equipamentos entre os poços

Os procedimentos de campo são o ponto mais vulnerável num programa de amostragem de águas subterrâneas

- Dados de qualidade NÃO PODEM ser obtidos através de técnicas inadequadas!
- Mesmo os operadores mais cuidadosos cometem erros em função da pressão do relógio, condições adversas, mau funcionamento de equipamentos e outras dificuldades do site.
- Os avanços nos programas de amostragem, não acompanharam os avanços verificados no segmento analítico.



GENERALIZED GROUND-WATER SAMPLING DEVICE MATRIX

Pohlmann, K.F., and Hess, J.W., 1988, "Generalized Ground-Water Sampling Device Matrix", Ground-Water Monitoring Review, Vol. 8, No. 4, pp. 82-88.

						GROUND-WATER PARAMETERS														
						INORGANIC							ORGANIC				RADIOACTIVE		BIOL.
		Device	Approximated Maximum Sample Depth	Minimum Well Diameter	Sample Delivery Rate or Volume	SC	pH	Redox	Major Ions	Trace Metals	Nitrate Fluoride	Dissolved Gases	Non-Volatile	Volatile	TOC	TOX	Radium	Gross alpha & beta	Coliform Bacteria
PORTABLE SAMPLING DEVICES	GRAB	Open Bailer	no limit	1/2 "	variable	•			•	•	•		•				•		•
		Point-Source Bailer	no limit	1/2 "	variable	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•		•
		Syringe Sampler	no limit	1-1/2"	0.04 - 0.76 lpm	•	•	•	•	•	•		•				•	•	•
	POSITIVE DISPLACEMENT (SUBMERSIBLE)	Gear-Drive	61 m	2"	0 - 1.8 lpm									•					
		Bladder Pump	122 m	1-1/2"	0 - 7.6 lpm	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
		Helical Motor	48 m	2"	3 - 4.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
		Piston Pump (gas drive)	152 m	1-1/2"	0 - 1.8 lpm	•			•	•	•		•				•	•	
		Centrifugal	variable	2"	variable	•			•		•						•	•	
	SUCTION LIFT	Peristaltic	7.6 m	1/2 "	0.04 - 1.14 lpm	•			•		•		•				•		•
	GAS DISPLACE	Gas-Lift	variable	1"	variable														
		Gas-Drive	46 m	1"	0.76 lpm	•			•		•		•				•		
IN-SITU SAMPLING DEVICES		Pneumatic	no limit	not applicable	0.04 - 0.58 lpm	•	•	•	•	•	•		•				•	•	•

• Indicates that device is generally suitable for application (assuming device is cleaned and operated properly and is constructed of suitable materials)

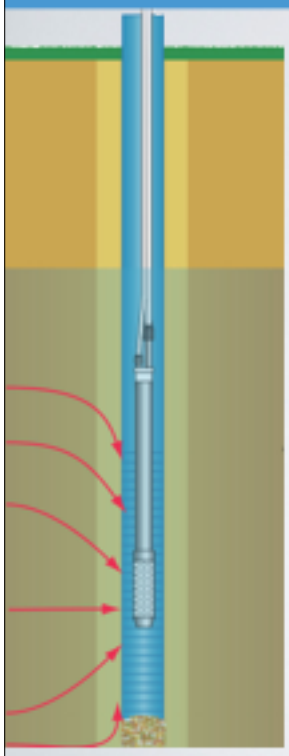
□ Indicates that device may be unsuitable or is currently untested for the application.

Técnica de Amostragem de Águas Subterrâneas pelo Método de Baixa-Vazão (Low-Flow Sampling)

Purga baseada na estabilização dos parâmetros indicativos da qualidade da água

1980: Mencionada pelo USGS pela primeira vez [Temp, Condutividade, pH, OD, Redox)
1981: Gibb et. al [Temp, Condutividade, pH)
1984: Barcelona et. al [Temp, Condutividade, pH, OD, Redox + Nível)
1996: Regulamentado pela EPA 540/S-95/504
1999: Recomendado pela ASTM D6452
2002: Normatizado pele ASTM D6771
2010: Incluida na ABNT NBR 15847:2010

Amostragem de Baixa Vazão



- É um método que não requer a purga de grandes volumes de água do poço.
- Reduz os distúrbios na coluna d'água do poço e na formação, reduzindo e controlando a turbidez da amostra.
- O volume de purga é baseado na estabilização hidráulica (rebaixamento) e estabilização química (parâmetros indicativos da qualidade da água) da água.
- O volume de purga é reduzido em, pelo menos, 95% em comparação ao método de volume determinado.
- Produz amostras representativas das condições do aqüífero.

Amostragem de Baixa Vazão

- A vazão máxima durante a purga é limitada a 1 LPM (Fluxo Laminar)
- O objetivo é alcançar uma vazão de purga que estabilize a condição hidráulica do poço.
- Parâmetros Indicativos da Qualidade da Água (pH, Temperatura, OD, Eh e Condutividade) são monitorados durante a purga.
- A purga é encerrada quando:
  1) O nível d'água se estabilizar na vazão de purga adequada (Q < 1 LPM) para o poço.
  e
  2) Os parâmetros de qualidade permanecerem dentro da faixa de estabilidade por três leituras consecutivas.

Equipamentos para Amostragem de Baixa Vazão

Bomba de Bexiga no interior do poço

Balde para Purga

Fonte de Gas

Célula de Fluxo Multiparâmetros In-Line

Painel Controlador

Estabilização Hidráulica durante a Purga

- Vazão Máxima durante a Purga: 1 LPM
  - A vazão de de 1LPM mantém o fluxo no aquífero em regime laminar, mesmo nas formações de K baixos
- Objetivo é encontrar uma vazão de purga, abaixo de 1 LPM que estabilize o rebaixamento da coluna d'água do poço

Estabilização dos Parâmetros Indicativos da Qualidade da Água durante a Purga

Os Parâmetros Indicativos podem incluir:

pH
Temperatura
Condutividade Elétrica
Potencial de Oxiredução
Oxigênio Dissolvido

Turbidez – indicador do grau de distúrbio na formação

Faixas de Variação para os Parâmetros Indicativos de Qualidade da Água (ASTM D6771-02 e NBR15847:2010)

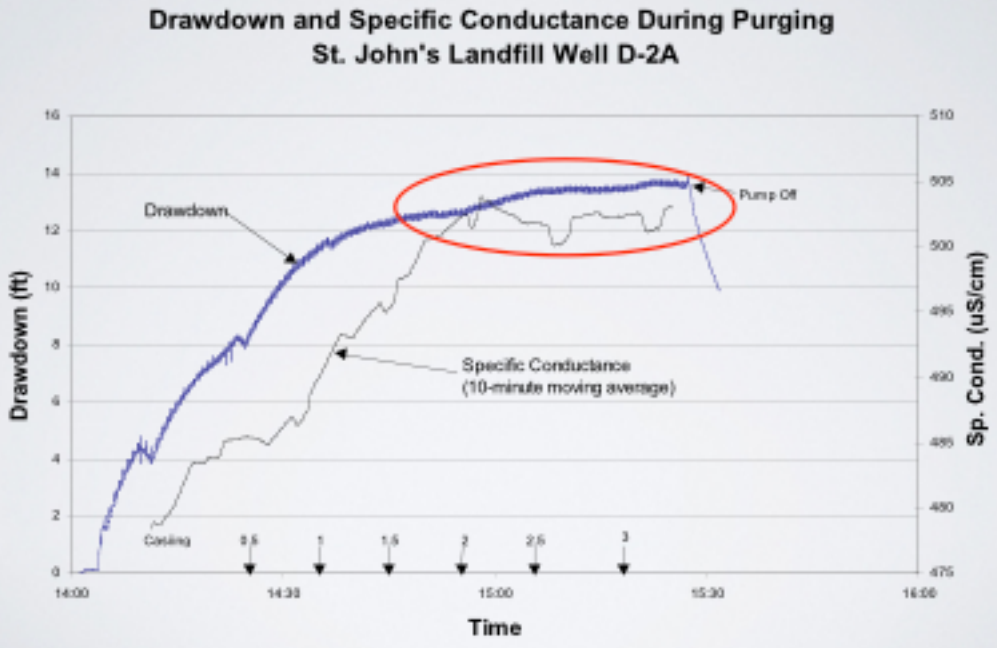
pH	± 0.2 unidades
Temperatura	± 0.5 °C
Oxigênio Dissolvido	± 0.2 mg/L
Condutividade Elétrica	± 5% das leituras
Potencial Redox	± 5% das leituras

Medição dos Parâmetros Indicativos da Qualidade da Água

- Parâmetros devem se medidos in-line, no mínimo a cada 3 minutos, ou após a renovação de 1 vez o volume da célula de fluxo, o que for maior.
- Atinge-se a estabilização dos parâmetros indicativos quando os valores variam dentro da faixa pré-determinada por três leituras consecutivas.

Medição dos Parâmetros Indicativos da Qualidade da Água

Correlação entre a Estabilização Hidráulica e os Parâmetros Indicativos da Qualidade da Água



Coleta das Amostras

- A vazão da bomba pode ser ajustada para permitir a coleta da amostra nos frascos:

- 100 - 250 ml/min para Orgânicos
- 250 - 500 ml/min para Inorgânicos
- SEM ULTRAPASSAR A VAZÃO ESTABILIZADA DURANTE A PURGA!!!

Coleta das Amostras

USE LUVAS

Qual Amostra é Mais Representativa?

Faça Baixa Vazão e Ganhe o Slug Test (K) de graça!

ground water

Determining Hydraulic Conductivity Using Pumping Data from Low-Flow Sampling

by Gary A. Robbins[1], Alejandra T. Aragon-Jose[2], and Andres Romero[2]

Abstract

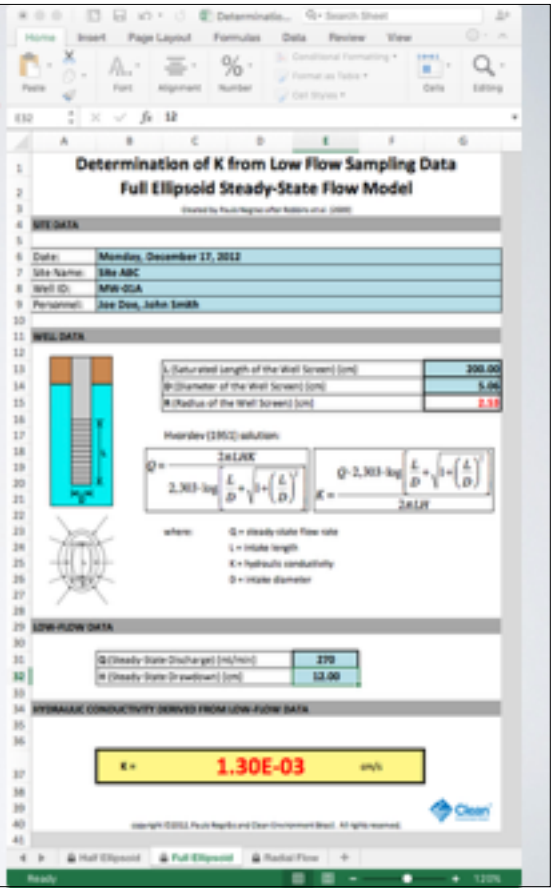
Hydraulic conductivity values computed using the steady-state discharge and drawdown attained while low-flow sampling were evaluated to determine if they were equivalent to those determined from slug testing. Based on testing 12 wells, it was found that the results were statistically equivalent. Conductivity values computed using low-flow sampling parameters were also evaluated as to their reproducibility in actual practice by analyzing consultant data for three wells sampled over three quarterly monitoring periods by four field technicians. The results were found to be reproducible within about a factor of 2 or better. Since the method is based on only one pair of parameters, diligence is required in attaining steady state and in accurately measuring the flow rate and drawdown. Conductivity values computed using this approach can enhance the use of low-flow data gathered in water quality sampling, avoid the need for slug testing in a subsequent phase of investigation, and help reduce the cost of characterizing sites when multilevel samplers are used. Given the practical range of discharge in low-flow sampling, the method was found to be applicable at conductivity values somewhat greater than 10^{-6} cm/s. Given the

Planilhas para Determinação da Condutividade Hidráulica com base nos dados da Amostragem por Baixa vazão

Dados necessários:

- **Geometria do poço:** diâmetro, comprimento da seção filtrante
- **Modelo básico do aqüífero:** seção filtrante parcialmente afogada e parcialmente penetrante, seção afogada e parcialmente penetrante ou seção afogada totalmente penetrante
- **Vazão Estabilizada** (ST-ST) da Amostragem de Baixa-Vazão
- **Rebaixamento Estabilizado** da Coluna d'Água

A planilha será disponibilizada por Dropbox para os alunos



Estudo de Caso:

Como ficar maluco tentando interpretar os dados do seu projeto e como jogar dinheiro no lixo. (Isso não é uma piada)

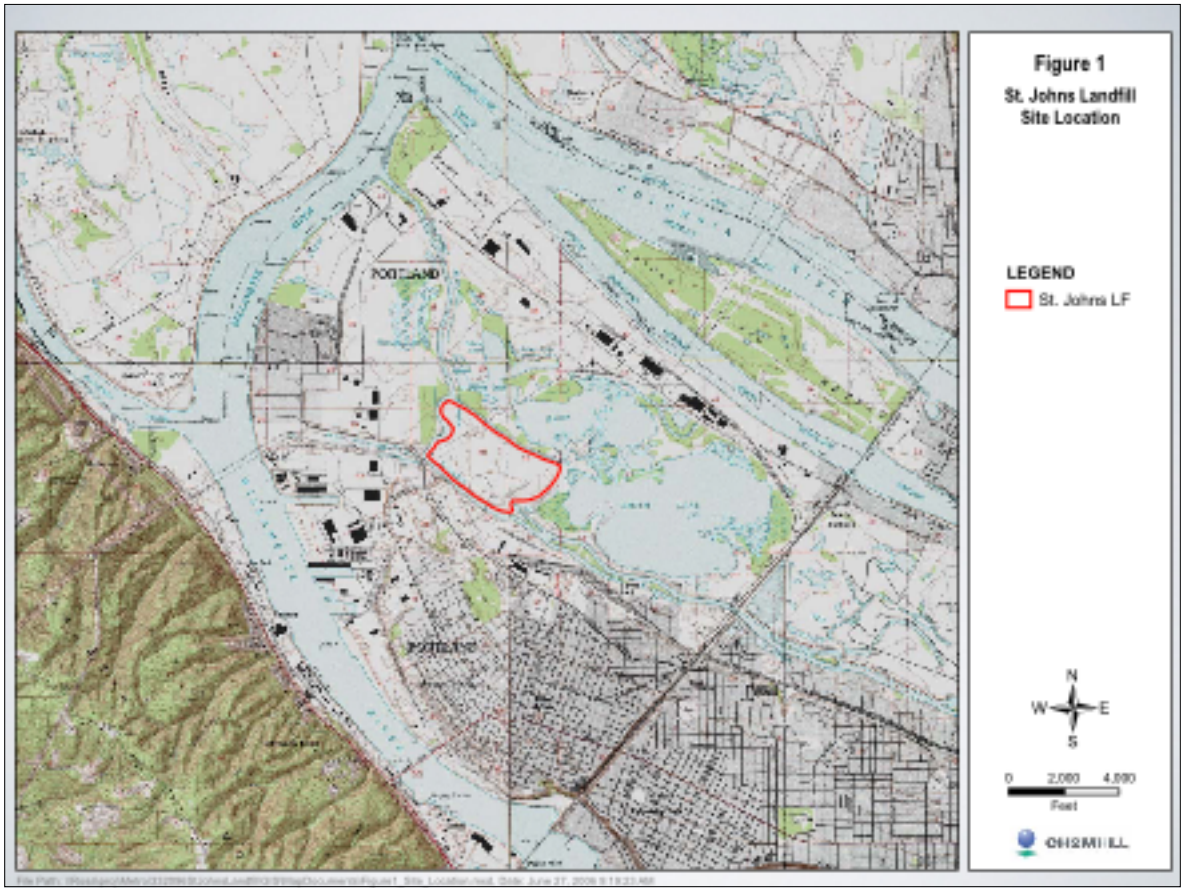
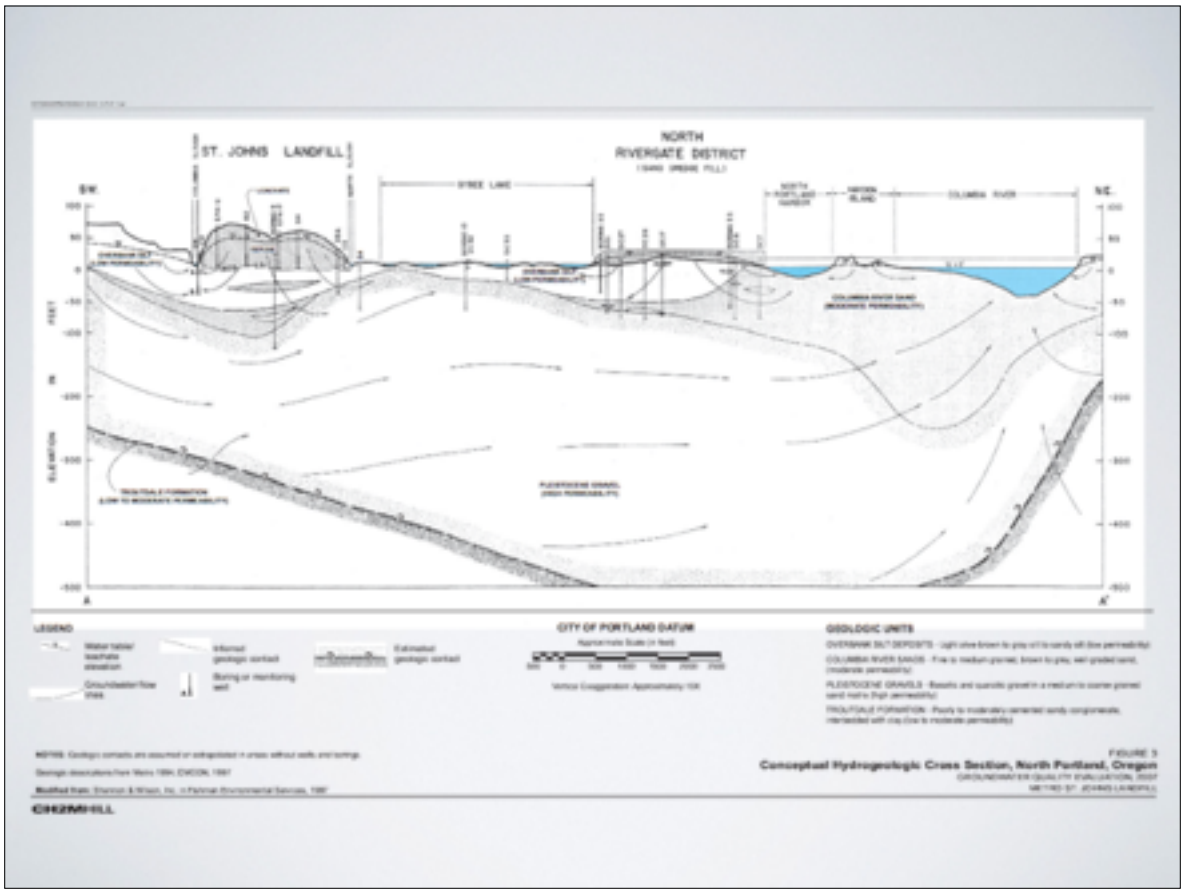


Figure 1
St. Johns Landfill
Site Location
LEGEND
St. Johns LF
N
W
E
S
0
2,000
4,000
Feet
CH2MHILL


ST. JOHNS LANDFILL
NORTH
RIVERGATE DISTRICT
SW
NE
A
A'
LEGEND
CITY OF PORTLAND DATUM
GEOLOGIC UNITS
Conceptual Hydrogeologic Cross Section, North Portland, Oregon
CH2MHILL

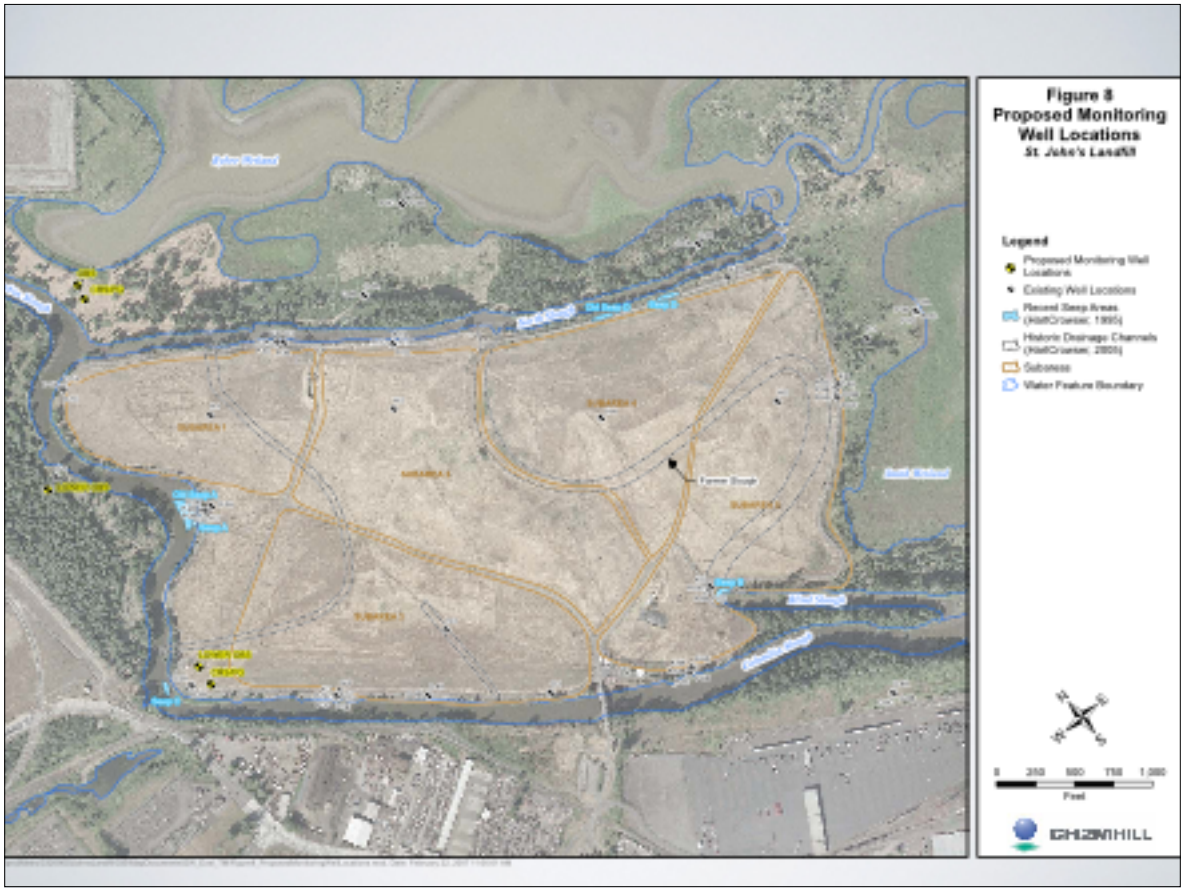
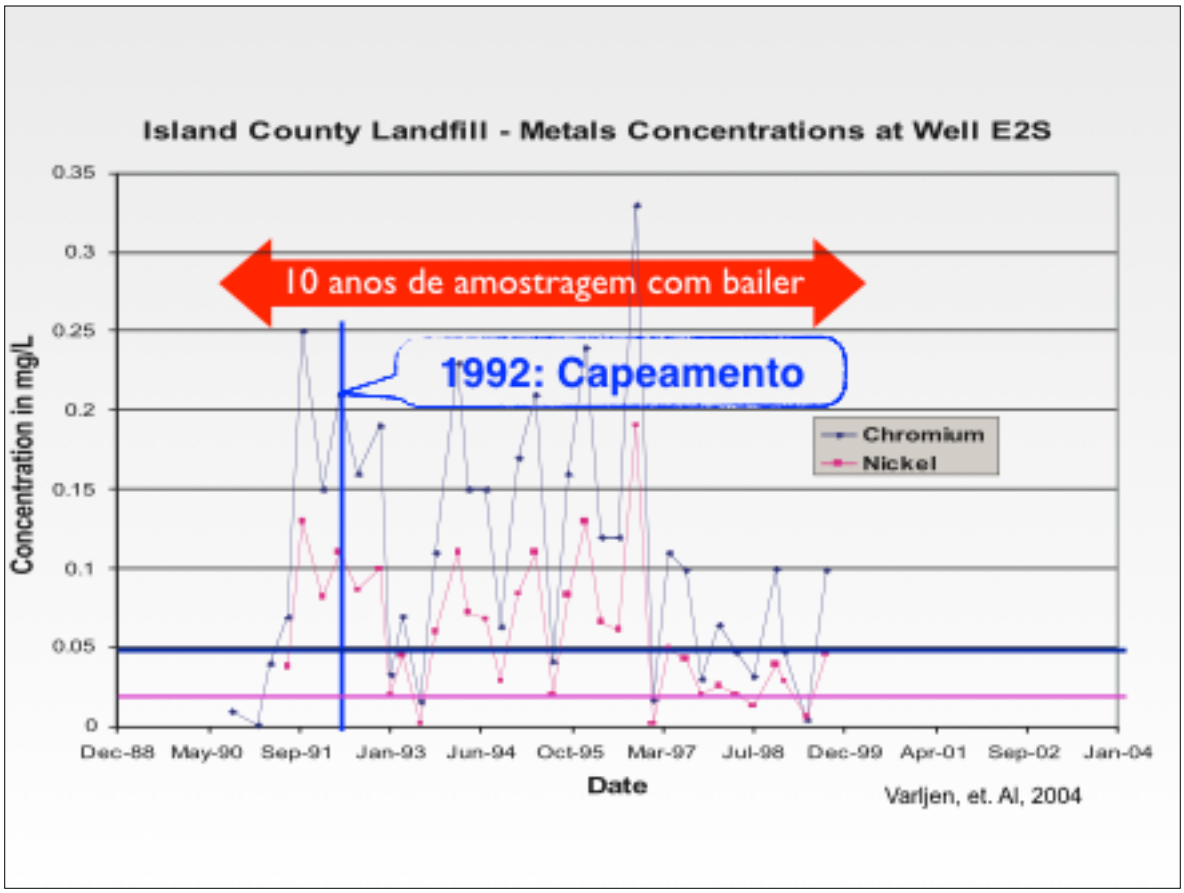
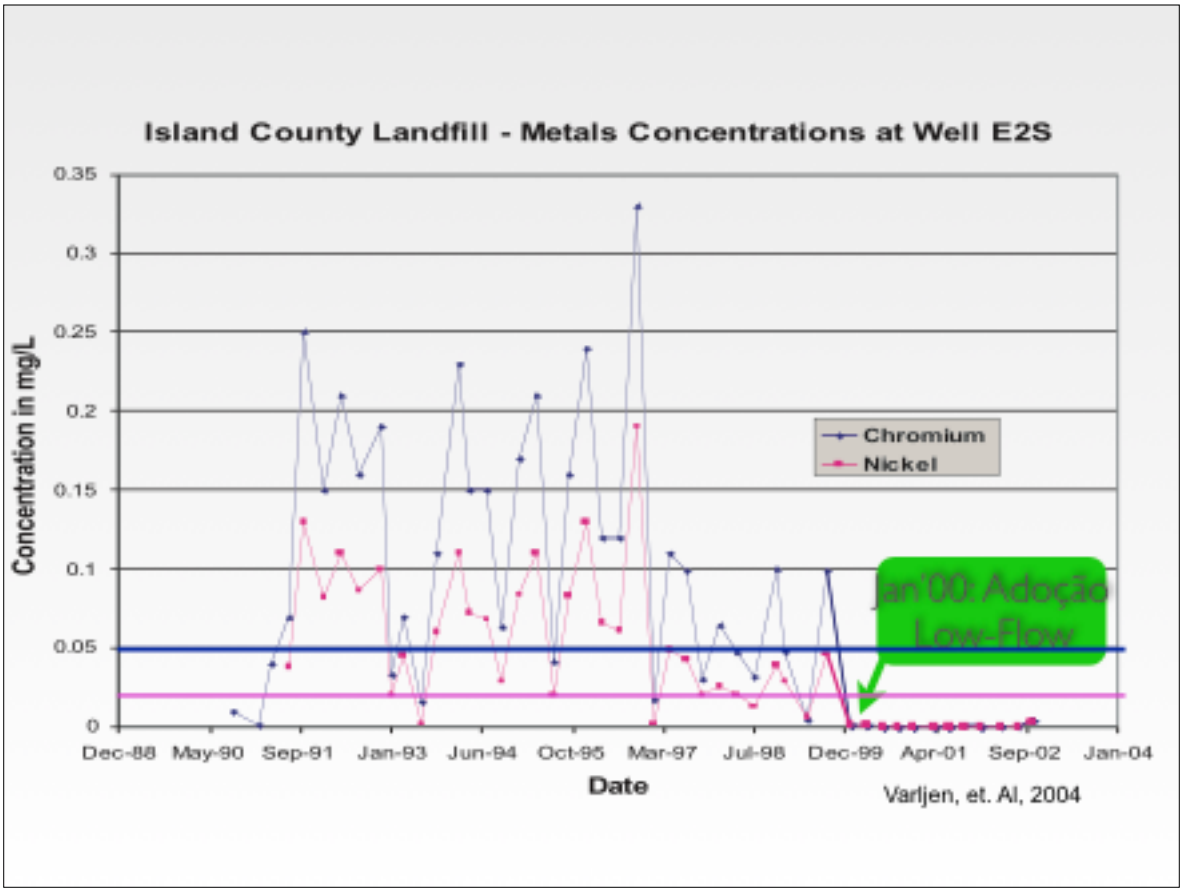


Figure 8
Proposed Monitoring Well Locations
St. John's Landfill
Legend
Proposed Monitoring Well Locations
Existing Well Locations
Recent Seep Areas (HartCrowser, 1995)
Historic Drainage Channels (HartCrowser, 2005)
Subareas
Water Feature Boundary
Feet
CH2MHILL


Island County Landfill - Metals Concentrations at Well E2S
10 anos de amostragem com bailer
1992: Capeamento
Chromium
Nickel
Concentration in mg/L
0.35
0.3
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
Dec-88
May-90
Sep-91
Jan-93
Jun-94
Oct-95
Mar-97
Jul-98
Dec-99
Apr-01
Sep-02
Jan-04
Date
Varljen, et. Al, 2004


Island County Landfill - Metals Concentrations at Well E2S
Concentration in mg/L
0.35
0.3
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
Chromium
Nickel
Jan'00: Adoção Low-Flow
Dec-88
May-90
Sep-91
Jan-93
Jun-94
Oct-95
Mar-97
Jul-98
Dec-99
Apr-01
Sep-02
Jan-04
Date
Varljen, et. Al, 2004

Poços com Baixa Capacidade Hidráulica

- Poços instalados em formações de baixa condutividade hidráulica (K < 10e-5 cm/s) ou baixa transmissividade (T = K*b).
- Tais poços podem "secar" após a purga do primeiro volume.
- A recarga pode demorar várias horas ou dias.
- A prática tradicional era aguardar a recarga do poço e coletar a amostra
- ABNT NBR15847:2010 - Como fica isso???

ABNT NBR 15847:2010

"É recomendado que, em **nenhuma circunstância**, os poços de monitoramento sejam purgados até o seu completo secamento"

Técnicas de Amostragem para Poços com Baixa Capacidade Hidráulica (K < 10e-5 cm/s)

Técnicas:

- Purga Mínima
- Amostragem Sem Purga (Amostragem Passiva)

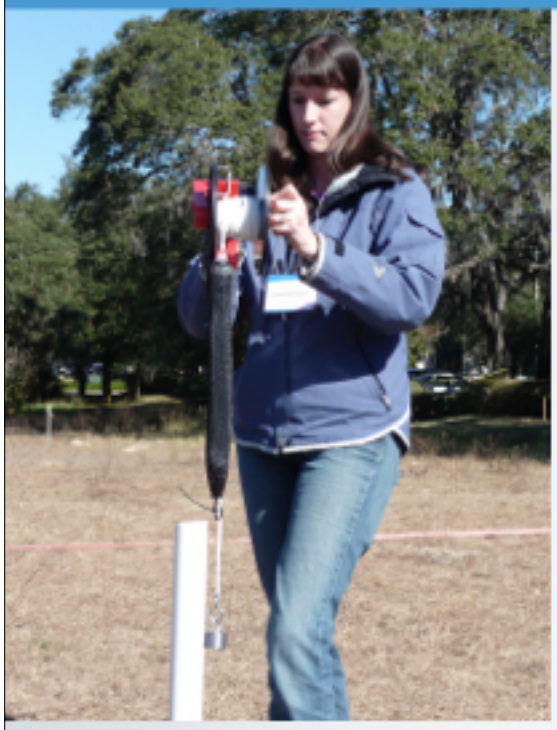
Aplicabilidade:

As técnicas passivas de amostragem (Amostragem Passiva e Purga Mínima) devem ser utilizados em poços que apresentem rebaixamento contínuo do nível d'água mesmo quando bombeados a vazões Q ≤ 50 ml/min.

Amostragem Passiva (Sem Purga)

- Nas últimas décadas, pesquisadores e fabricantes tem pesquisado os efeitos da amostragem em poços de monitoramento sem a necessidade de purga.
- Esta metodologia baseia-se na premissa de que a água subterrânea não sofre alterações quando da sua passagem pela seção filtrante do poço sob fluxo ambiente.
- A metodologia assume que a amostra obtida representa a qualidade da água na profundidade na qual o amostrador passivo é posicionado, ao invés da obtenção de uma média ponderada da qualidade da água interceptada pela seção filtrante do poço.
- Assume-se que vários amostradores passivos podem ser instalados em profundidades diferentes dentro da seção filtrante, permitindo a identificação de estratificação dos contaminantes na coluna d'água.

Passive Diffusion Bag (PDB)

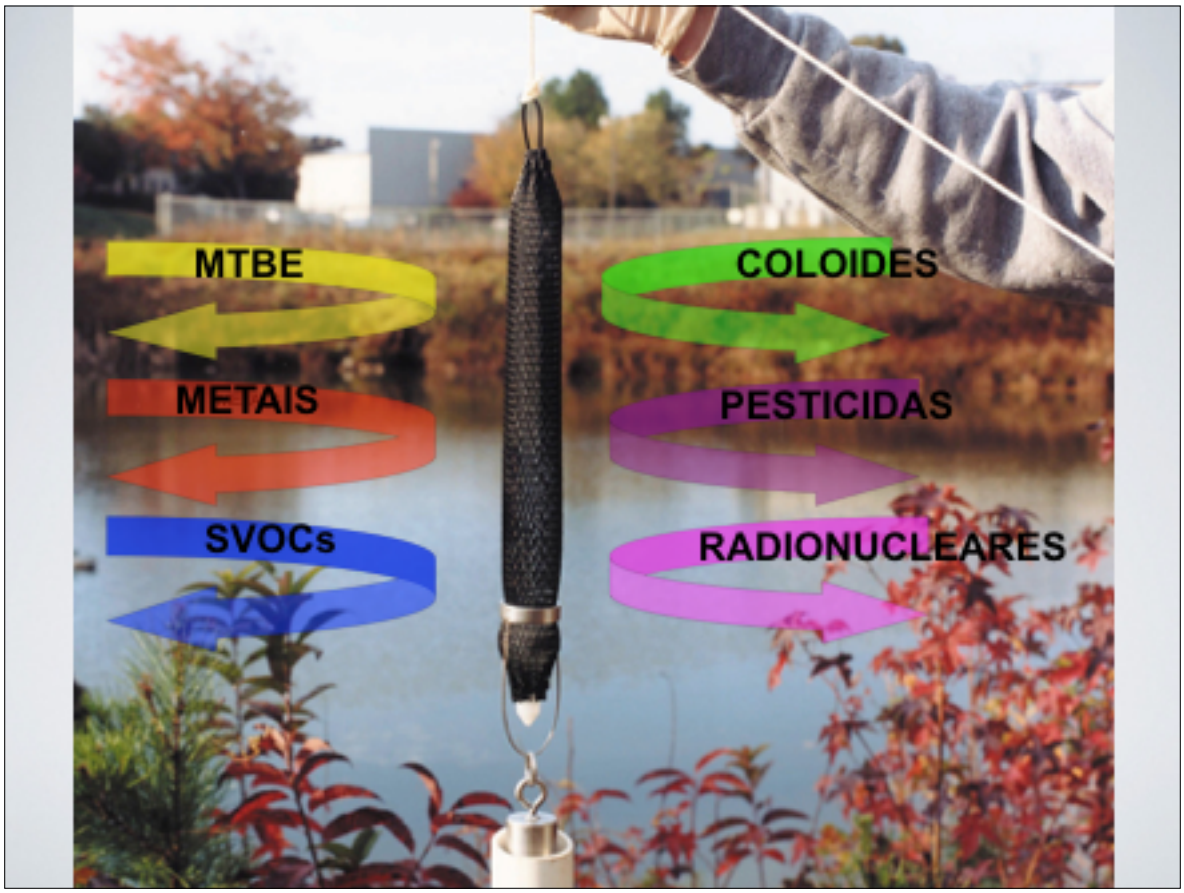


- São construídos em polietileno.
- Preenchidos com água DI.
- Instalados no interior da seção filtrante.
- Permanecem no poço por vários dias ou semanas.

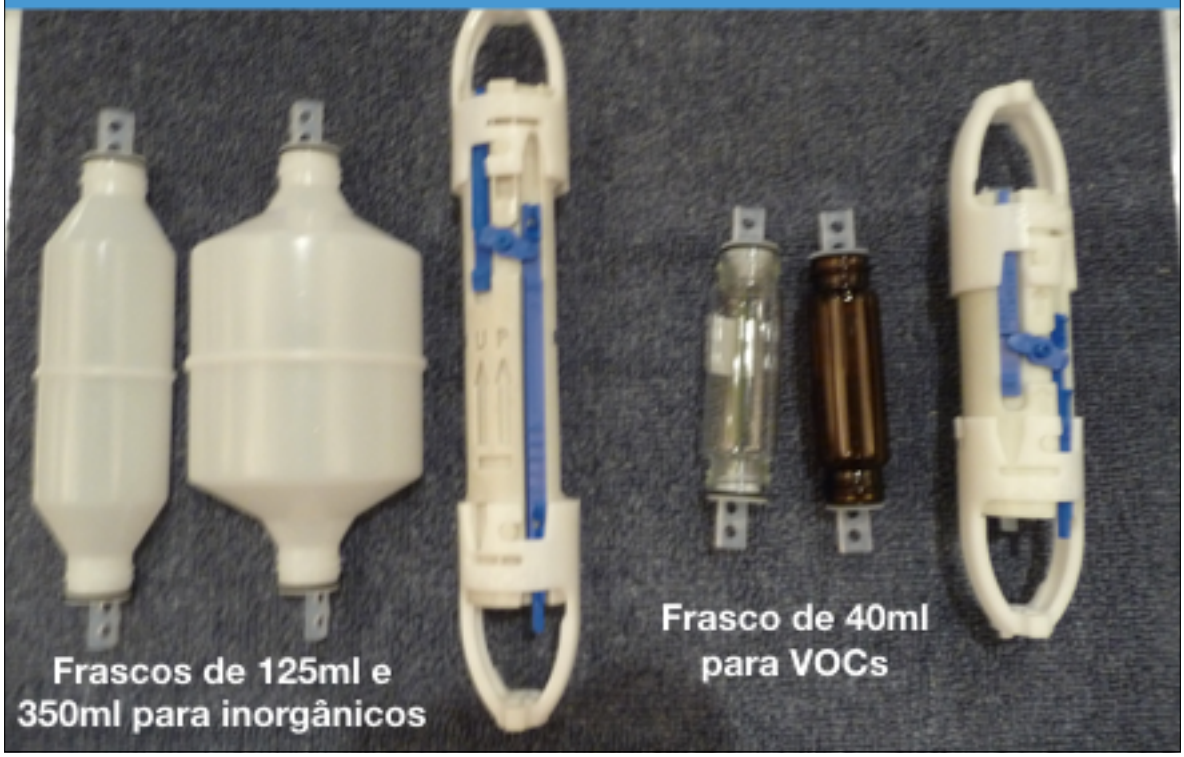
Passive Diffusion Bag (PDB)

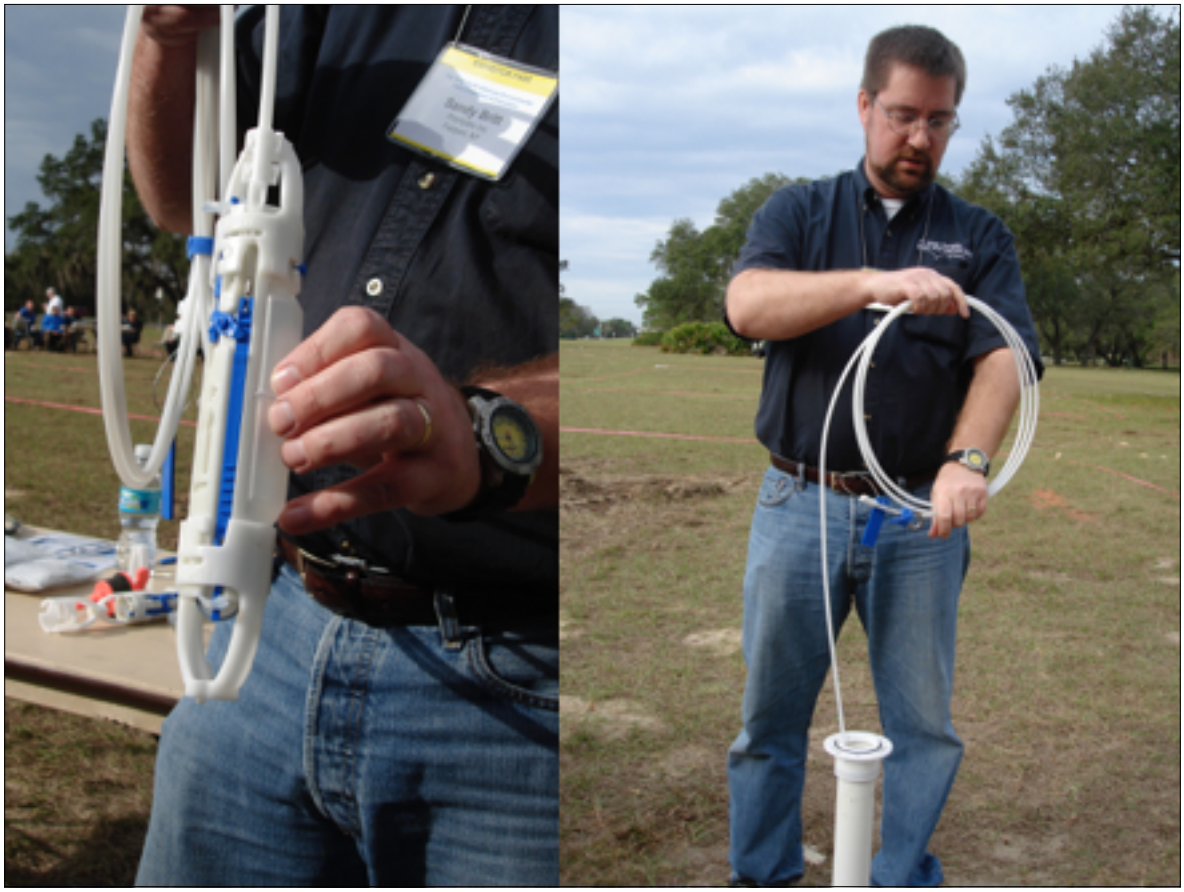
- Concentração dos compostos de interesse presentes na água subterrânea difundem-se pela membrana de PEBD e equilibram-se com a água DI.
- Amostra é coletada após tempo necessário para que o equilíbrio ocorra.

TCE
BTEX
CV


MTBE
METAIS
SVOCs
COLOIDES
PESTICIDAS
RADIONUCLEARES

SnapSampler®



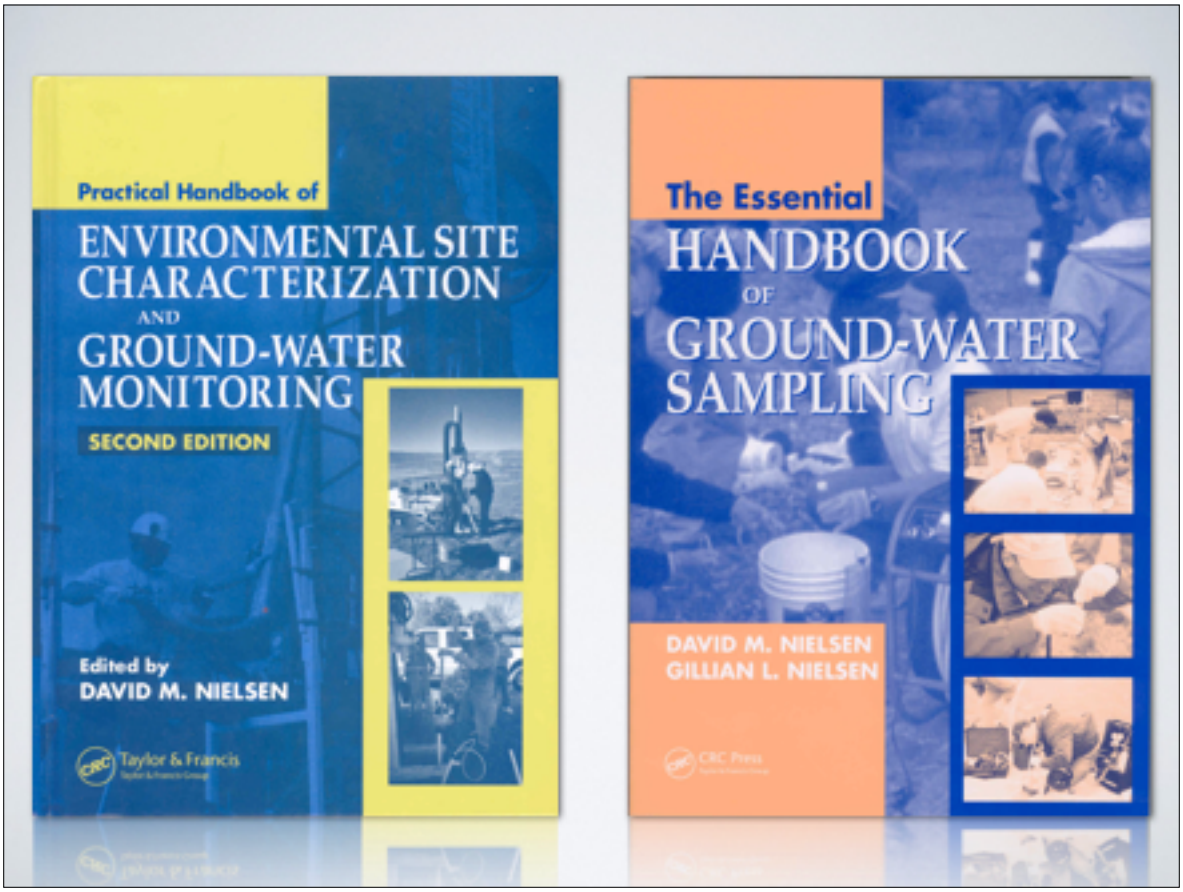


Lições para nunca mais Esquecer

- Agitou, "dançou"!
- A atmosfera é seu maior inimigo
- O procedimento de amostragem pode causar desvios significativos nos resultados analíticos das amostras de águas subterrâneas

Acertando no Alvo

Métodos Imprecisos e Resultados Inexatos	Métodos Precisos e Resultados Inexatos	Métodos Precisos e Resultados Exatos



Muito Obrigado!

Paulo Negrão, Ph.D.
p.negrao@clean.com.br
Office +55 19 3794-2900
Cel +55 19 98944-2626