



**ABNT-Associação
Brasileira de
Normas Técnicas**

Sede:
Rio de Janeiro
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar
CEP 20003-900 - Caixa Postal 1680
Rio de Janeiro - RJ
Tel.: PABX (021) 210-3122
Fax: (021) 240-8249/532-2143
Endereço Telegráfico:
NORMATÉCNICA

Copyright © 1997,
ABNT-Associação Brasileira
de Normas Técnicas
Printed in Brazil/
Impresso no Brasil
Todos os direitos reservados

JUN 1997

NBR 13895

Construção de poços de monitoramento e amostragem

Procedimento

Origem: Projeto 01:603.06-003/1993
CEET - Comissão de Estudo Especial Temporária de Meio Ambiente
CE-01:603-06 - Comissão de Estudo de Tratamento de Resíduos Sólidos
Industriais
NBR 13895 - Monitoring wells and sampling - Procedure
Descriptor: Monitoring wells
Válida a partir de 30.07.1997

Palavra-chave: Poço de monitoramento

21 páginas

SUMÁRIO

- 1 Objetivo
- 2 Documentos complementares
- 3 Definições
- 4 Condições gerais
- 5 Condições específicas
- ANEXO A - Procedimentos de amostragem e preservação para monitoramento
- ANEXO B - Exemplos de substâncias, separadas em grupos e dispostas por ordem de coleta

1 Objetivo

Esta Norma fixa as condições exigíveis para construção de poços de monitoramento de aquífero freático e dados mínimos para apresentação de projetos de redes de monitoramento.

2 Documentos complementares

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

Guia Técnico de Coleta de Amostras de Água (Souza e Derisio - CETESB, 1977)

NBR 10004 - Resíduos sólidos - Classificação

NBR 10157 - Aterros de resíduos perigosos - Critérios para projeto, construção e operação - Procedimento

Physical/Chemical Methods (SW.846, 2ª edição, 1982)

3 Definições

Os termos técnicos utilizados nesta Norma estão definidos em 3.1 e 3.2 e na NBR 10004.

3.1 Faciologia hidrogeológica

Termo utilizado para indicar variações localizadas na estrutura litoestratigráfica ou na composição hidroquímica, de uma determinada porção em relação ao global de um aquífero.

3.2 Fluxo de escoamento

Termo utilizado para designar o movimento de percolação da água subterrânea, através dos espaços intergranulares das rochas sedimentares e dos espaços fissurados e fraturados das rochas cristalinas, em função do estabelecimento de um dado gradiente hidráulico ou piezométrico.

4 Condições gerais

4.1 Determinação do sentido do fluxo

Para a determinação do sentido do fluxo podem ser utilizados, entre outros, os seguintes métodos:

- a) traçadores radioativos;

- b) gradiente hidráulico, através de piezômetros;
- c) métodos geofísicos.

Nota: Em áreas com o solo suspeito de contaminação e/ou com a existência de mais de um aquífero, um dos quais suspeito de contaminação, as perfurações devem ser conduzidas de maneira a evitar a contaminação do(s) aquífero(s) não comprometidos.

4.2 Apresentação de projeto de poços de monitoramento

Para apresentação de projeto devem ser fornecidos ao OCA - Órgão de Controle Ambiental - os elementos descritos em 4.2.1 a 4.2.6.

4.2.1 Descrição da geologia local

Deve ser incluída uma descrição objetiva dos seguintes itens:

- a) distribuição litológica;
- b) características sedimentológicas estratigráficas;
- c) características estruturais.

4.2.2 Aspectos hidrogeológicos

Devem ser abordados os seguintes itens:

- a) faciologia hidrogeológica;
- b) espessura do(s) aquífero(s), em especial do freático;
- c) estimativa da velocidade do fluxo;
- d) apreciação da rede de fluxo e sentido de escoamento.

4.2.3 Mapa piezométrico

Indicar em planta topográfica, em escala adequada, com a inclusão da instalação a ser monitorada, as cotas do nível de água do aquífero superior com referência a um "datum" especificado.

4.2.4 Localização dos poços

Localizar em planta topográfica, em escala apropriada, que inclua a instalação a ser monitorada, os pontos onde devem ser implantados os poços. Na planta deve haver pelo menos uma referência de coordenadas cartesianas e locação de pelo menos três pontos que sirvam como referência para a transposição em mapas oficiais.

4.2.5 Memorial descritivo

Deve ser apresentado um memorial descritivo nos termos desta Norma.

4.2.6 Parâmetros a serem analisados na água

Indicar quais e em que frequência devem ser analisados os parâmetros de qualidade de água e indicadores de contaminação pertinentes ao caso. Cada amostragem deve ser complementada com a determinação do nível de água.

4.3 Poço de montante

A rede de monitoramento deve possuir um ou mais poços localizados a montante da instalação a ser monitorada (por exemplo, aterro conforme a NBR 10157), a fim de que possa ser avaliada a qualidade original da água subterrânea. Deve(m) ser distanciado(s) de tal forma a evitar a sua própria contaminação por uma eventual difusão remontante (ver Figura 1).

4.4 Poços a jusante

Devem ser instalados pelo menos três poços, não alinhados, a jusante da instalação, para avaliar possível interferência desta na qualidade original da água subterrânea local.

Notas: a) No caso de dúvidas quanto à direção e ao sentido do escoamento, um número maior de poços deve ser instalado.

- b) Os poços a jusante são posicionados transversalmente ao fluxo subterrâneo, distribuindo-se ao longo da largura da possível pluma.
- c) Os poços a jusante devem ser distribuídos próximos a área de disposição para que a pluma possa ser identificada o mais breve possível.

4.5 Construção dos poços de monitoramento

4.5.1 Perfuração

O diâmetro de perfuração deve ser no mínimo de 200 mm. Deve ser evitada a utilização de fluidos de perfuração. No caso de sua necessidade, os mesmos não devem interferir na qualidade da água a ser monitorada. Durante o processo de perfuração é importante observar as variações do nível de água, bem como o acompanhamento e a descrição das amostras do material geológico seccionado.

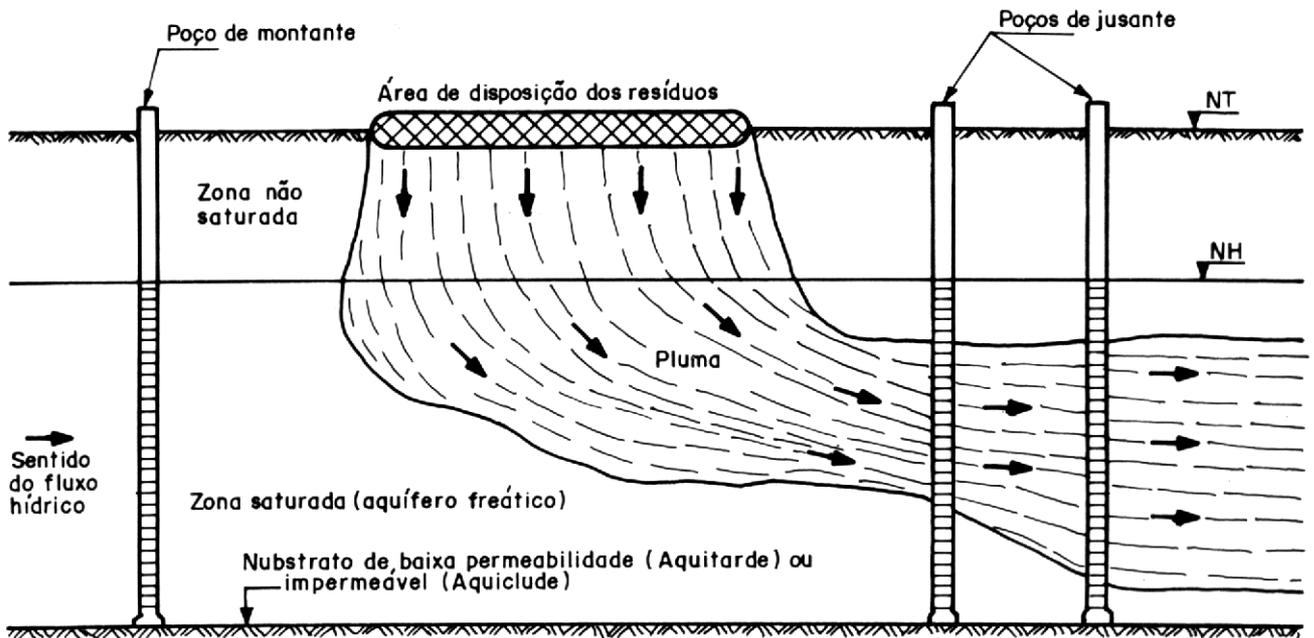
4.5.1.1 Supervisão

A perfuração de poços deve ser supervisionada por profissional legalmente habilitado.

4.5.1.2 Equipamentos

Devem ser utilizados equipamentos adequados ao estado de agregação da rocha existente.

a) Em seção



b) Em planta

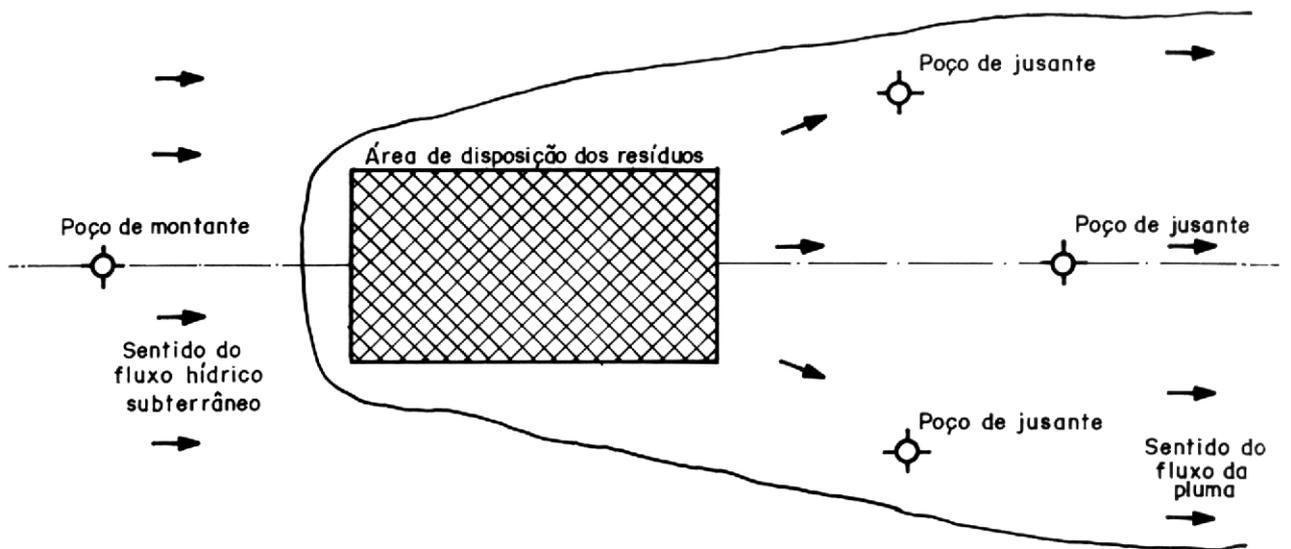


Figura 1 - Disposição dos poços de monitoramento

4.5.2 Apresentação do relatório da construção dos poços de monitoramento

Após o término da construção, deve ser apresentado um relatório contendo os seguintes elementos para cada poço:

- a) data de conclusão da construção;
- b) método de perfuração utilizado e tipo de fluido de perfuração, se utilizado;
- c) localização real dos poços, em planta topográfica e coordenadas cartesianas;
- d) cotas do terreno, no local do poço, antes de ser executado, e da boca de revestimento interno;
- e) diâmetro da perfuração e diâmetro interno do revestimento;
- f) profundidade total do poço;
- g) descrição do perfil geológico;
- h) materiais utilizados no revestimento, filtro, pré-filtro, junções, selo e preenchimento;
- i) dimensões e distribuição das ranhuras ou furos;
- j) no caso de se usar tela, especificar o tipo de material e abertura de malha;
- l) volume do pré-filtro utilizado;
- m) volume do selo utilizado;
- n) método de colocação do selo;
- o) procedimento utilizado para o desenvolvimento do poço.

Nota: Deve ser fixada placa metálica (conforme a Figura 2) na parte interna da caixa de proteção.

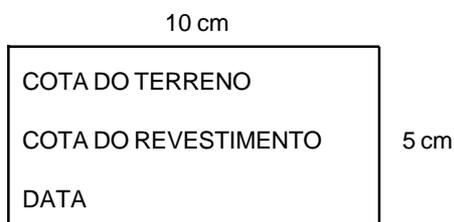


Figura 2 - Placa de identificação do poço

4.5.3 Preparação do poço de monitoramento

Após o término da construção, o poço deve ser esgotado tantas vezes quantas forem necessárias, até que se obtenha água com turbidez menor ou igual a 5 N.T.U. Caso seja possível, proceder a uma análise das características dos sólidos em suspensão.

5 Condições específicas

5.1 Componentes dos poços de monitoramento

Os poços de monitoramento, conforme mostra a Figura 3, são constituídos basicamente dos seguintes elementos:

- a) revestimento interno;
- b) filtro;
- c) pré-filtro;
- d) proteção sanitária;
- e) tampão;
- f) caixa de proteção;
- g) selo;
- h) preenchimento;
- i) guias centralizadoras.

5.1.1 Revestimento interno

Constituído de tubos de aço inoxidável, ferro fundido ou plástico, encaixados no interior de perfuração, com a função de revestir a parede da mesma.

Notas: a) A escolha do material deve ser feita em função das características do poluente a ser amostrado. Nos poços de monitoramento, são utilizados com mais frequência revestimentos de tubo de PVC rígido marrom (JS Classe 12), devido à sua praticidade, baixo custo, resistência e baixa reatividade. O diâmetro deve ser no mínimo de DN 100, suficiente para introdução do amostrador e para a medição do nível da água.

b) Nos casos de amostragem por bombeamento, o diâmetro pode ser inferior.

5.1.2 Filtro

Tem a propriedade de permitir a entrada da água e de impedir a penetração de algumas impurezas plásticas do poço.

5.1.2.1 Existem vários tipos de filtro, o mais comum é o do tipo ranhurado. Consiste em tubo com ranhuras vazadas, distribuídas como mostra a Figura 4-a). A largura da ranhura deve ser de 2 mm a 3 mm.

Notas: a) Recomenda-se a execução de ranhuras com comprimento um pouco menor do que a metade da circunferência da seção transversal.

b) A distância entre as ranhuras pode ser de aproximadamente 1 cm.

5.1.2.2 O filtro é normalmente construído de PVC, entretanto, dependendo das substâncias existentes nas águas subterrâneas, pode ser substituído por outro material (ver Figura 4-b)).

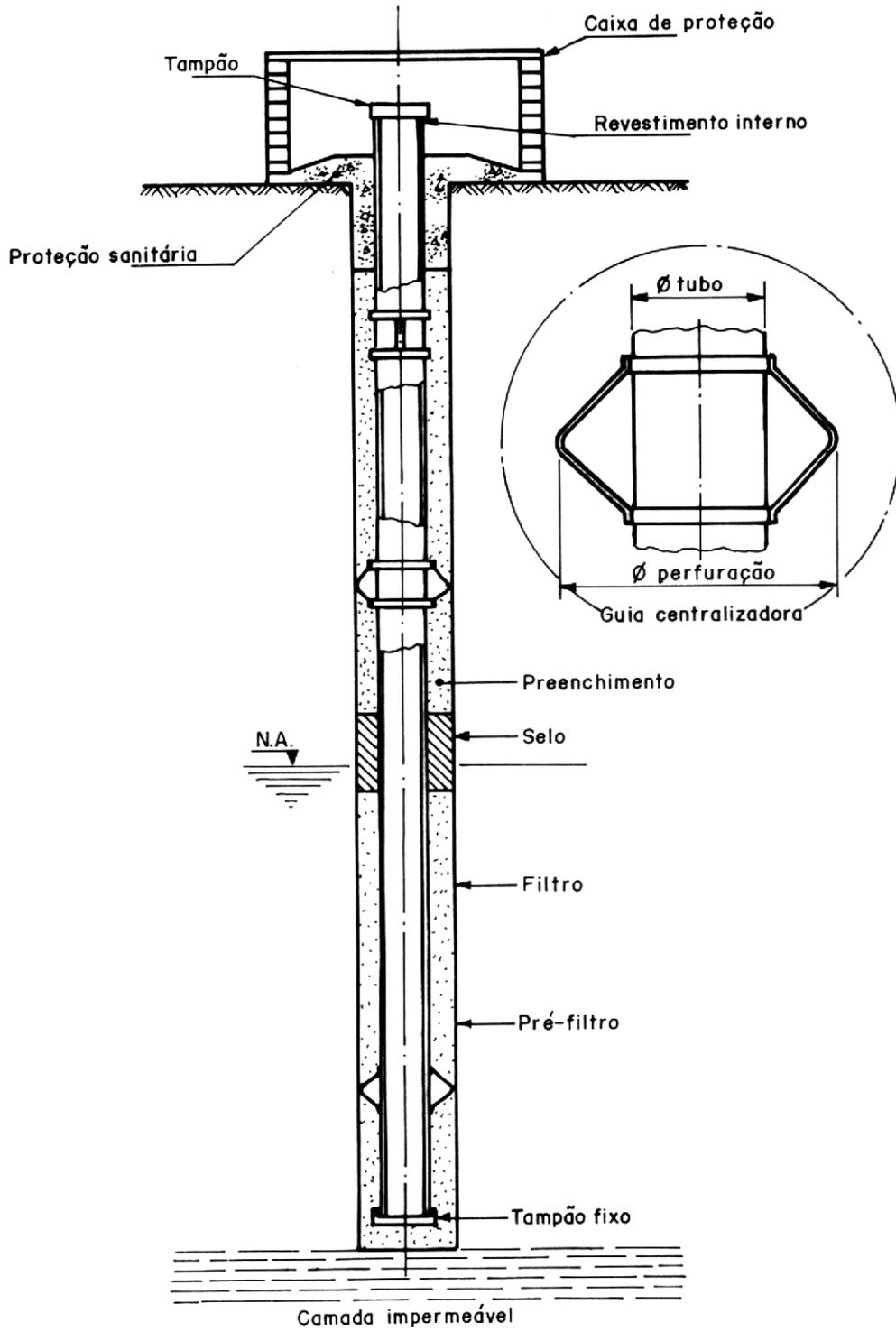


Figura 3-a)

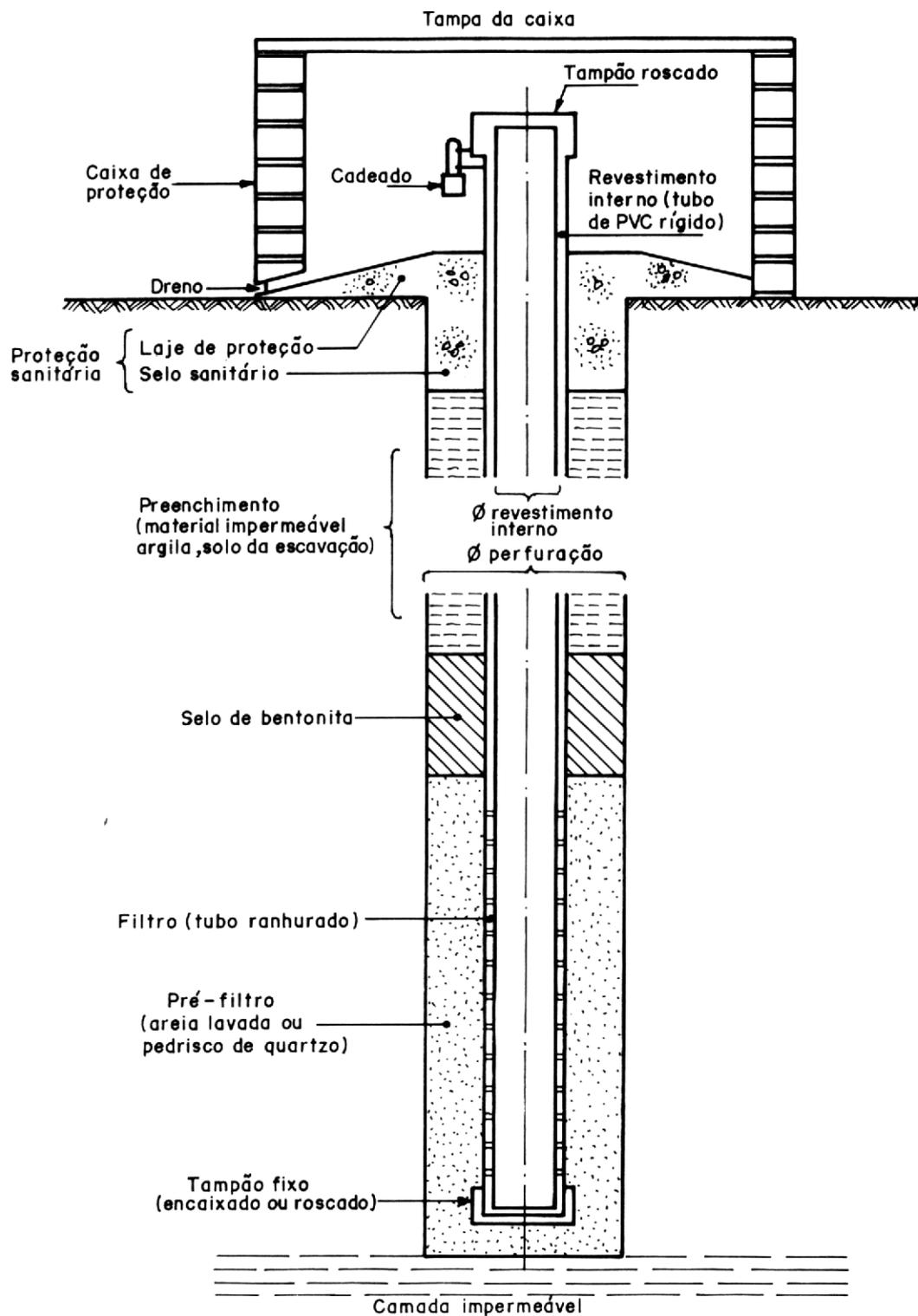


Figura 3-b)

Figura 3 - Perfil esquemático do poço de monitoramento

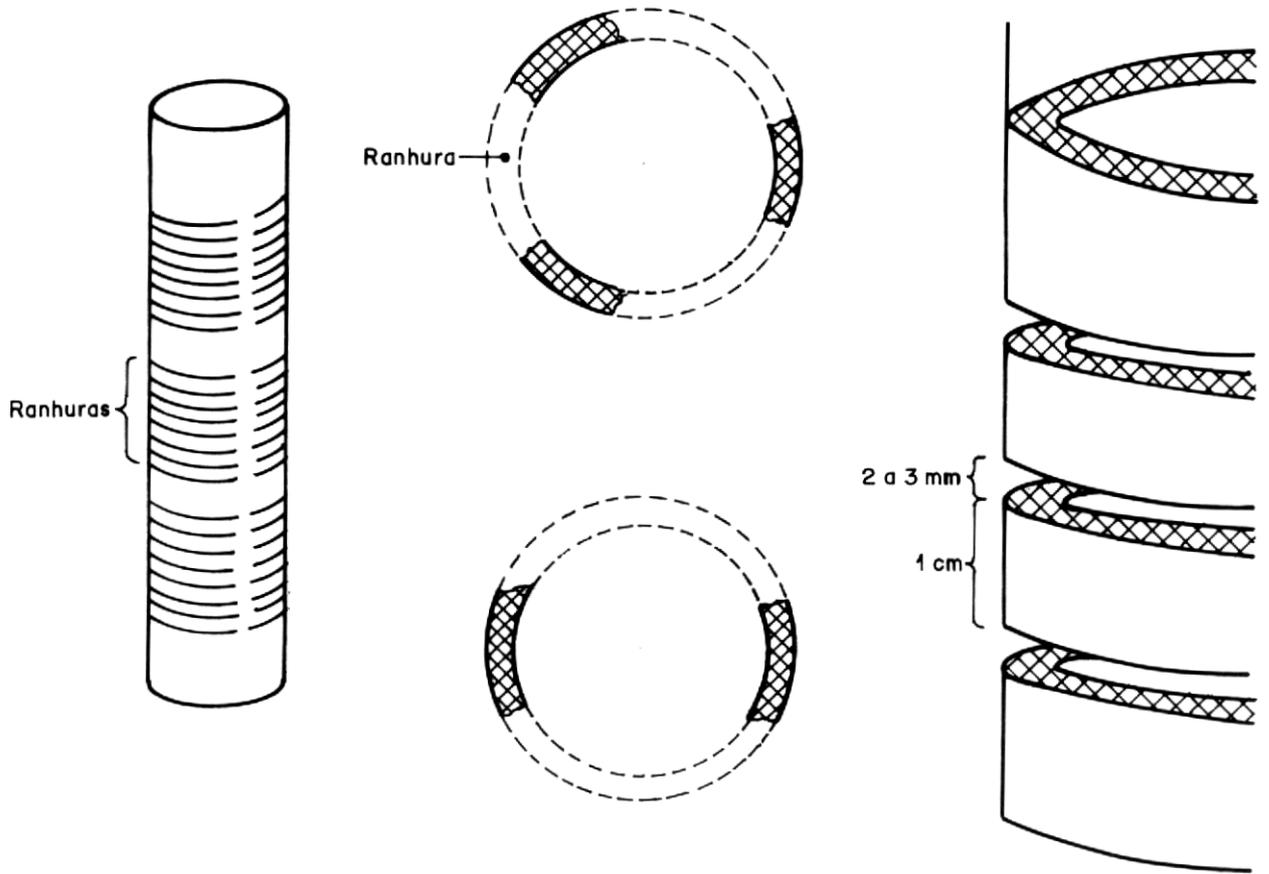


Figura 4-a) - Filtros para tubos de PVC tipo ranhurado

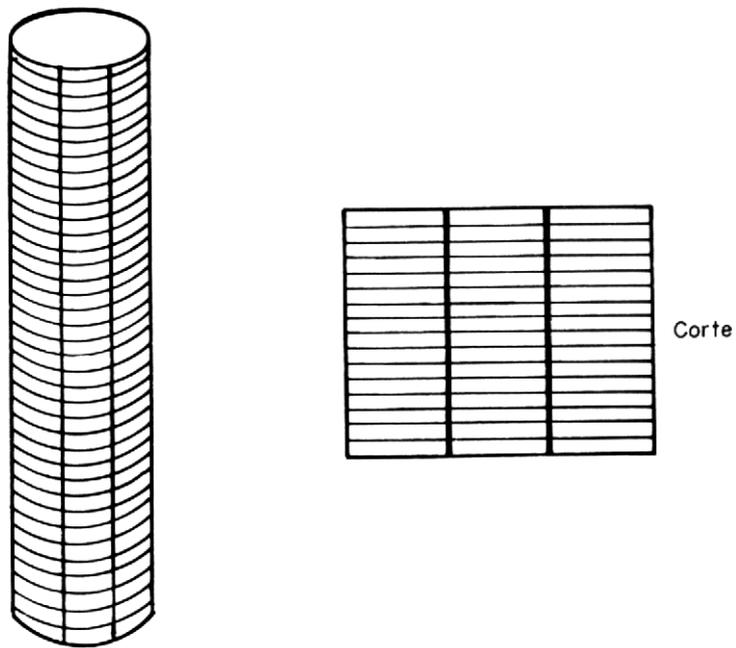


Figura 4-b) - Filtro de aço ranhurado

Figura 4 - Tipos de filtro

5.1.2.3 Dependendo do tipo de solo local, o filtro pode ter uma melhor eficiência quando envolvido por uma manta geotêxtil ou por uma tela de náilon, a fim de evitar o entupimento das ranhuras.

5.1.2.4 Os filtros dos poços podem ocupar a extensão da zona saturada, tanto nos poços a jusante como nos a montante. O comprimento do filtro depende de vários fatores, basicamente:

- a) espessura saturada;
- b) geologia;
- c) gradiente hidráulico;
- d) propriedades físico-químicas e concentração do poluente.

5.1.3 Pré-filtro

Ocupa o espaço anular, entre o filtro e a parede de perfuração. É constituído de areia lavada de grãos quartzosos ou pedriscos de quartzo (inertes e resistentes).

5.1.3.1 Deve ser cuidadosamente disposto, com os grãos bem assentados, minimizando a formação de espaços vazios.

5.1.3.2 A granulometria adequada para o pré-filtro deve ser correspondente a um diâmetro maior do que a abertura do filtro.

5.1.4 Proteção sanitária

Tem a função de evitar que a água superficial contamine o poço através da infiltração pelo espaço anular. É o conjunto formado pelo selo sanitário (argamassa de cimento da extremidade superior do espaço anular com aproximadamente 30 cm) e pela laje de proteção (piso de cimento, construído com pequeno declive, ao redor da boca do poço).

5.1.5 Tampão

A extremidade superior do tubo (boca do poço) deve ser protegida contra a penetração de substâncias indesejáveis, que podem alterar os resultados de análise. É necessário instalar tampão removível e com chave. Na extremidade inferior do tubo, um tampão fixo de preferência rosqueado tem a função de evitar a entrada do material sólido dentro do poço.

Nota: A variação do nível de água pode causar uma variação de pressão dentro do tubo de revestimento, dificultando a retirada do tampão superior. Este problema pode ser evitado com um pequeno orifício (respiro) no tampão.

5.1.6 Caixa de proteção

O tubo de revestimento sobressai ao nível do terreno aproximadamente 0,2 m para evitar a penetração de água

superficial e de elementos estranhos no poço. A caixa de proteção de alvenaria ou tubo de aço deve ter dimensões apenas suficientes para envolver a parte saliente do tubo de revestimento (ver Figuras 3-a) e 3-b)). Uma tampa na parte superior permite o acesso ao poço. Essa tampa pode manter-se fechada a chave para melhor proteção do poço.

Nota: O poço deve ser identificado de forma indelével, permanente e de fácil visualização em sua tampa ou laje de proteção sanitária.

5.1.7 Selo

Obturador com a função de vedar o espaço anular em torno do tubo de revestimento, acima do limite máximo de variação do nível do aquífero, evitando a contaminação do poço por líquidos percolados pelo espaço anular. Serve também para delimitar camada de interesse dentro da zona saturada. O material vedante (bentonita, cimento) deve obstruir uma pequena parte do espaço anular, o suficiente para impedir a passagem de água de um nível para outro.

5.1.8 Preenchimento

O espaço anular entre a parede de perfuração e a superfície externa do tubo de revestimento deve ser preenchido por material impermeável (argila, solo da escavação), em toda a extensão não saturada (acima do nível da água), a fim de fixar o tubo de revestimento e dificultar a penetração de líquidos provenientes da superfície.

5.1.9 Guias dos filtros (centralizadora)

Dispositivos salientes, distribuídos ao longo do tubo de revestimento, fixados por seu lado externo (ver Figura 3-a)). Tem a função de mantê-lo centrado em relação ao eixo do poço.

5.2 Extensão dos filtros

5.2.1 Filtro longo

A instalação de filtros longos (mais de 3 m de comprimento) só é aconselhável quando a litologia é relativamente simples, a pluma possui uma distribuição vertical homogênea ou a vazão do aquífero é baixa.

Notas: a) O filtro longo, durante a amostragem, pode contribuir para a diluição da concentração da pluma.

b) Em situações em que a vazão do aquífero é extremamente pequena, o filtro longo permite agilizar a recuperação do nível de água após o esvaziamento para a coleta de amostras.

5.2.2 Filtro curto

É indicado em casos de se deparar com:

- a) geologia complexa;

- b) necessidade de caracterização mais precisa da pluma;
- c) poluente que ocupe nível preferencial dentro da zona saturada.

5.3 Sistemas para avaliação das concentrações em diversos níveis

5.3.1 Uma bateria de poços (ver Figura 5-a) é utilizada para monitoramento puntiforme nos locais de zona saturada espessa. A bateria de poços constitui-se de um grupo de poços locados bem próximos uns aos outros, não ali-

nhados, com profundidades variáveis e com filtros curtos (1 m a 3 m), dispostos em profundidades distintas. Esses poços são dimensionados para, em conjunto, interceptarem o fluxo subterrâneo em toda extensão ou em segmentos apropriados do aquífero freático.

5.3.2 Um multinível é utilizado para possibilitar a amostragem em vários níveis, dentro da zona saturada (ver Figura 5-b)). O multinível consiste em tubos de comprimentos variáveis, munidos de filtros curtos, introduzidos em uma perfuração (exemplo: três tubos de DN 50), complementados com pré-filtro e selo, delimitando o campo de ação de cada filtro.

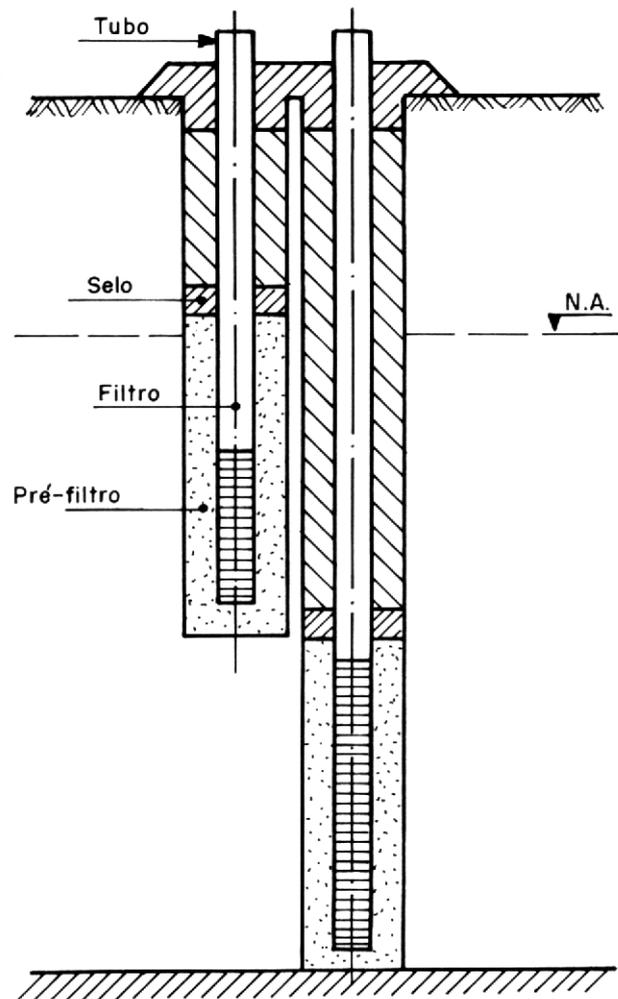


Figura 5-a) - Bateria de poços

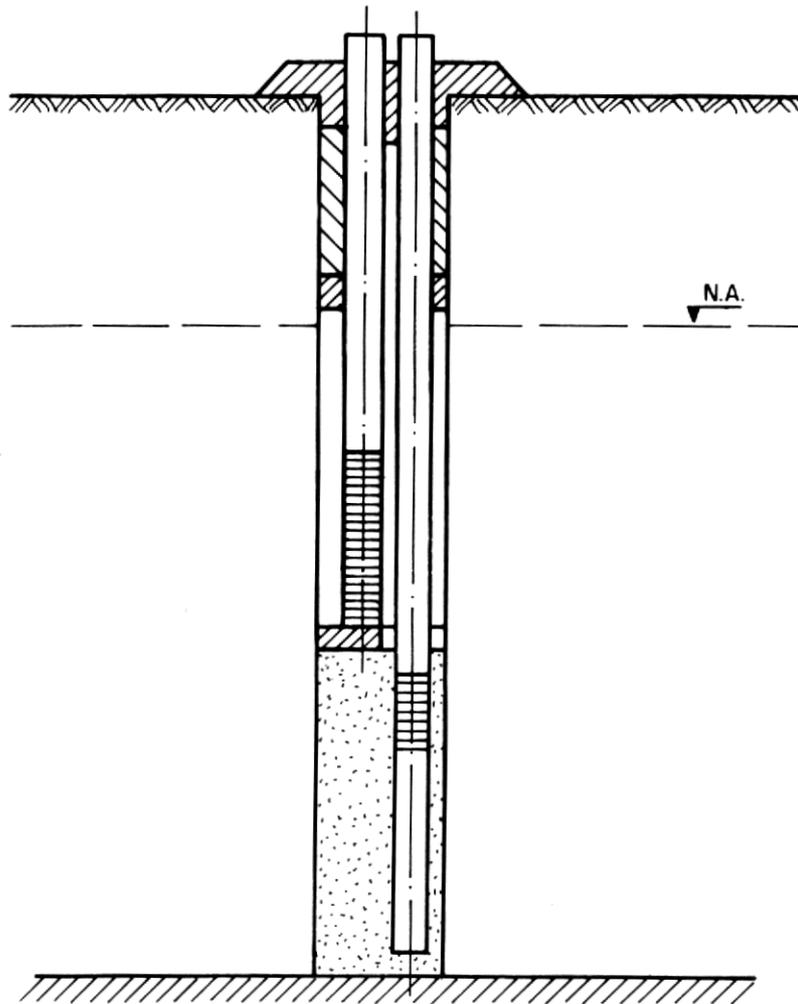


Figura 5-b) - Poços tipo multinível

Figura 5 - Tipos de poços para monitoramento em níveis distintos

5.4 Amostragem

Antes de iniciar a coleta de amostras, o poço deve ser esgotado pelo menos uma vez, aguardando-se a recuperação do nível estático.

5.4.1 Aspectos de um plano de amostragem

Um plano para amostragem de água subterrânea deve levar em conta múltiplos aspectos, tais como:

- tipo do resultado de análise, se pontual ou média;
- tipo do poço (por exemplo: um poço de filtro longo deve fornecer resultado médio a não ser que se usem amostradores especiais);
- técnicas de coleta;
- técnicas de preservação e acondicionamento de amostras;
- métodos de análise;
- procedimentos de encaminhamento de amostras.

5.4.2 Problemas nas amostragens

Os problemas mais comuns nas amostragens são os seguintes:

- o responsável não prepara um plano ou simplesmente não tem plano definido;
- o plano contém poucas informações ou contém informações pouco relevantes para orientar o técnico que deve executar as coletas de amostras;
- as instruções do plano não são seguidas ou simplesmente se desconhece a existência de um plano;
- empregam-se técnicas inadequadas de esgotamento do poço;
- adotam-se equipamentos de coleta inadequados, que podem comprometer a qualidade da água do poço ou acarretar perda de compostos voláteis;

- f) nos laboratórios, não se utiliza branco de campo, reagente padronizado ou diluição padrão para identificar alterações nas amostras, após a coleta;

Nota: Recomenda-se a utilização de um branco de campo por amostragem para cada tipo de frasco.

- g) não se faz a limpeza apropriada do equipamento de amostragem;
- h) os equipamentos de amostragem (corda, balde e tubos) são colocados no solo, podendo contaminar-se antes do uso;
- i) os dados de campo não são registrados devidamente (por exemplo: nível de água, temperatura);
- j) o procedimento para encaminhamento de amostras ao laboratório não é seguido devidamente;
- l) pouca atenção é dispensada quando se anotam erros e anomalias;
- m) adotam-se protocolos de garantia de qualidade ou de controle de qualidade inadequados (campo e/ou laboratório).

5.4.3 Informações básicas

O plano de amostragem deve incluir as seguintes informações básicas:

- planejamento da seqüência de amostragem;
- coleta de amostras;
- preservação e manuseio de amostras;
- procedimento de encaminhamento das amostras;
- procedimento analítico;
- controle de qualidade no campo e no laboratório.

5.4.4 Planejamento da seqüência de amostragem

Deve ser estabelecida uma seqüência de amostragem para se evitar a contaminação dos poços e, também, resultados de análises errôneas pela contaminação cruzada.

Nota: Em uma campanha de amostragem para determinação de concentração de componentes orgânicos, onde não se tem informação prévia dos níveis de contaminação dos poços, deve-se utilizar um conjunto amostrador para cada poço. Nos casos em que essa informação seja disponível, a seqüência de coleta deve ser do poço de menor para o de maior contaminação.

5.4.5 Coleta de amostras

5.4.5.1 Medida do nível estático

O plano de amostragem deve prever a medição do nível estático de cada poço antes de cada operação de esgotamento.

Notas: a) Os dados do nível de água coletados de forma sistemática são importantes para determinar se os fluxos horizontal e vertical sofreram alterações desde a caracterização inicial do aquífero.

- b) O plano deve especificar o tipo de instrumento e a metodologia para medição do nível.

5.4.5.1.1 O técnico de campo deve medir a profundidade da água no poço para calcular o volume de água estagnada e verificar as condições do filtro do poço (identificar problemas de turvação).

Nota: A medida deve ser tomada com erro menor que 0,3 cm.

5.4.5.1.2 Cada poço deve ter um "datum" facilmente identificável com referência ao "datum" oficial mais próximo.

5.4.5.1.3 Em áreas remotas, pode-se estabelecer um piquete provisório para facilitar a reamostragem.

5.4.5.1.4 O equipamento utilizado para medição de nível deve ser suficientemente sensível, podendo ser uma trena de aço; recomenda-se um equipamento eletrônico.

Notas: a) Deve-se tomar cuidado para que o equipamento não contamine a amostra da água.

- b) O equipamento de medição de nível deve ser construído de material inerte para facilitar a limpeza.

5.4.5.2 Detecção de camadas imiscíveis

O plano de amostragem deve prover um esquema para determinar contaminantes imiscíveis (sobrenadantes e depositantes). Os compostos sobrenadantes normalmente são líquidos orgânicos insolúveis, menos densos do que a água, e os compostos depositantes são líquidos insolúveis, mais densos do que a água.

5.4.5.2.1 A determinação das camadas imiscíveis deve ser feita com equipamentos especializados antes do poço ser esgotado para amostragem convencional.

5.4.5.2.2 O plano deve especificar o tipo de equipamento para se detectar a fase mais leve e a fase mais densa.

5.4.5.2.3 O procedimento para detecção de camadas imiscíveis deve compreender as seguintes etapas:

- remover a tampa do poço de monitoramento;
- amostrar o ar do poço para verificar a existência de voláteis;
- determinar o nível estático da camada de cima, empregando um manômetro (outro tipo de equipamento pode ser utilizado);
- colocar um sensor no poço para detectar a existência de camada imiscível.

5.4.5.2.4 O monitoramento do ar acima de superfície livre da camada mais leve é importante para julgar se existe risco de explosão ou fogo.

5.4.5.2.5 Um manômetro, sonda acústica ou apito (para poços muitos rasos) pode fornecer um registro preciso de profundidade da superfície do líquido no poço, mas nada é capaz de diferenciar a superfície potenciométrica da superfície da camada imiscível. Contudo é usual determinar a profundidade da superfície livre para auxiliar a colocação do sensor de interface.

5.4.5.2.6 O sensor de interface tem duas finalidades:

- a) quando é lançado no poço, permite determinar a existência de líquido/orgânico;
- b) permite verificar a existência de camadas imiscíveis.

Nota: A existência de sobrenadantes torna impossível o uso exclusivo de sonda ou apito para a determinação do nível estático da água. O medidor de interface consiste em flutuadores de diferentes densidades, os quais acionam um dispositivo elétrico quando atravessam diferentes camadas.

5.4.5.2.7 Determina-se a fase densa de líquido imiscível baixando o equipamento até o fundo do poço, onde o detector de interface registra a presença de líquido/orgânico.

5.4.5.2.8 O procedimento para coletar a fase leve imiscível depende de sua profundidade e espessura. A fase imiscível deve ser coletada antes de qualquer atividade de limpeza.

Notas: a) Se a espessura da fase leve for de 60 cm ou mais, pode-se utilizar um coletor de caneca (caçamba de dardo) (ver Figura 6).

- b) Se a espessura da camada flutuante for menor que 60 cm e a profundidade da superfície for menor que a altura de sucção, pode-se empregar uma bomba peristáltica.

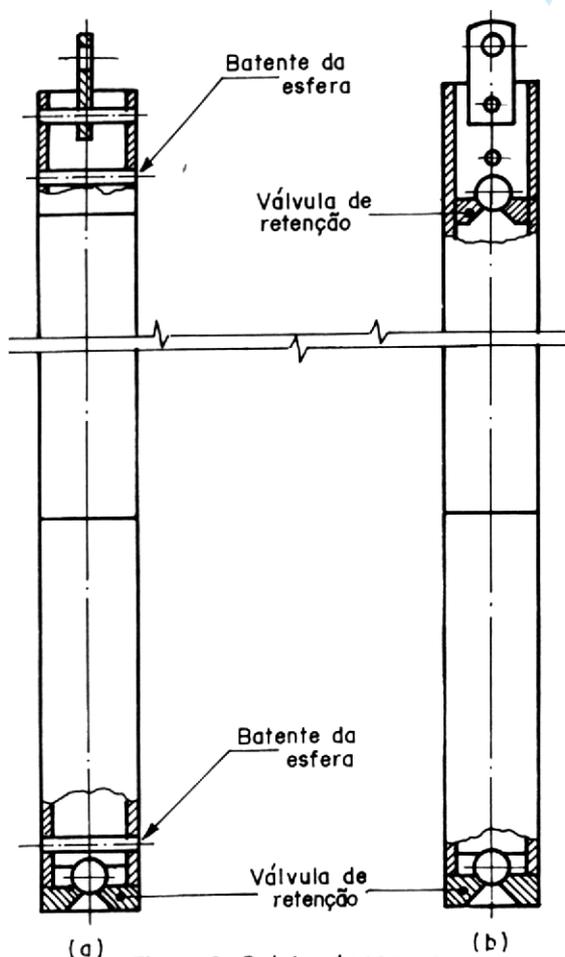


Figura 6 - Coletor de caneca

5.4.5.2.9 Se a espessura da camada flutuante for menor que 60 cm e a profundidade de sua superfície for maior que a altura de sucção da bomba, deve-se modificar um coletor para permitir a entrada do líquido pela parte de cima. A válvula de baixo deve ser travada. A bola da válvula de cima pode ser removida para permitir a entrada da amostra por cima. A flutuação que ocorre quando o coletor recebe o líquido sobrenadante pode ser evitada, colocando-se um pedaço de tubo de aço inoxidável na linha de retorno, acima do coletor.

5.4.5.2.10 O equipamento deve ser baixado cuidadosamente, medindo-se a altura da superfície da camada flutuante. O coletor deve ser baixado até a metade da camada sobrenadante. Esta técnica é a mais eficiente para amostrar a fase flutuante quando sua espessura mede poucos centímetros.

5.4.5.2.11 O melhor método para coletar a fase densa imiscível consiste no emprego de um coletor com duas válvulas de retenção (ver Figura 6-b)). Para efetuar uma boa coleta é necessário movimentar lentamente o coletor durante toda a operação. A fase densa deve ser coletada antes de qualquer atividade de esgotamento.

5.4.5.3 Esgotamento do poço

A água parada do poço pode não ser representativa da qualidade da água no local. Portanto, o técnico deve remover a água estagnada no poço e no pré-filtro, de tal forma que a água da formação substitua a água estagnada.

5.4.5.3.1 O plano de amostragem deve pormenorizar a operação de esvaziamento dos poços e indicar o tipo de equipamento a ser utilizado pelo operador.

5.4.5.3.2 O procedimento de esgotamento deve assegurar que toda a água estagnada seja substituída por água de formação. A operação deve permitir o rebaixamento do nível de água acima do topo do filtro para assegurar que a água se mova ascendentemente.

5.4.5.3.3 O procedimento do operador depende das características do poço. Ao esvaziar poços de baixa produtividade (aqueles que são incapazes de produzir três volumes do poço), o operador deve esgotá-lo completamente. Assim que o poço se recuperar suficientemente, a primeira amostra deve ser utilizada para medição de pH, temperatura e condutividade. As amostras devem ser acondicionadas na ordem decrescente da susceptibilidade à volatilização. O poço deve ser retestado quanto ao pH, temperatura e condutividade depois da amostragem para avaliação da eficiência do esgotamento e verificação da estabilidade das amostras de água. Quando o tempo de recuperação do poço exceder 2 h, o operador deve coletar as amostras assim que for possível obter um volume suficiente para cada parâmetro.

5.4.5.3.4 De forma alguma o operador deve esvaziar completamente o poço se a recarga for muito forte e provocar a formação de quedas d'água, acelerando a perda de voláteis. O operador pode evitar esse inconveniente, retirando três volumes do poço, a uma velocidade que não cause recarga excessiva, antes da amostragem.

5.4.5.3.5 Alguns tipos de bomba (peristáltica, de ar comprimido e venturi) provocam volatilização e produzem elevada pressão diferencial, o que acarreta variação nas medidas de pH e condutividade, bem como nos resultados das análises para determinação dos teores de metais e de orgânicos voláteis. Essas bombas são aceitáveis para limpeza, desde que se deixe a água estabilizar antes da amostragem.

5.4.5.3.6 Quando o equipamento de bombeamento tem que ser reutilizado há necessidade de descontaminá-lo, procedendo de forma idêntica à adotada com relação ao equipamento de amostragem.

Nota: O uso de luvas limpas é obrigatório.

5.4.5.3.7 Deve-se tomar precauções para que o solo não entre em contato com equipamentos de esgotamento e linhas de bombeamento, a fim de que não ocorra a introdução de contaminantes no poço de monitoramento.

5.4.5.3.8 Se a água proveniente da limpeza estiver contaminada, deve haver necessidade de acondicioná-la em tambores, para seu tratamento e disposição.

5.4.5.4 Retirada de amostras

5.4.5.4.1 A técnica utilizada para coleta de amostras deve levar em conta os parâmetros a serem determinados.

5.4.5.4.2 Para garantia de que a amostra de água seja representativa da formação, deve-se reduzir ao mínimo as alterações químicas e físicas durante o processo de retirada de amostras.

5.4.5.4.3 A fim de reduzir as possibilidades de contaminação da amostra, o operador deve atender aos seguintes requisitos:

- a) utilizar equipamentos de teflon ou de aço inoxidável;
- b) empregar amostrador específico para cada poço.

Notas: a) Se não houver um amostrador para cada poço, o operador deve limpar o equipamento antes de cada amostragem, coletar branco do equipamento e mandar analisá-lo para verificar se não há contaminação.

- b) Recomenda-se a utilização de no mínimo um branco de equipamento por dia de amostragem.

5.4.5.4.4 O plano de amostragem deve especificar a ordem em que as amostras devem ser coletadas, prevendo o início das coletas nos locais menos contaminados. Além disso, em cada poço, as amostras devem ser coletadas e acondicionadas de acordo com a ordem decrescente de sua susceptibilidade à volatilização a saber:

- a) voláteis (ver Anexo B);
- b) compostos semivoláteis (ver Anexo B);
- c) pesticidas/PCB (ver Anexo B);
- d) metais totais (ver Anexo B);

- e) metais solúveis (ver Anexo B);
- f) carbono orgânico total (TOC);
- g) halogênios orgânicos totais (TOX);
- h) fenóis (ver Anexo B);
- i) cianeto;
- j) nitrato e amônia;
- l) sulfato e cloreto;
- m) radionuclídeos.

5.4.5.4.5 Os procedimentos para limpeza dos equipamentos devem ser relacionados no plano de amostragem.

5.4.5.4.6 Os seguintes equipamentos são aceitáveis, quando empregados adequadamente:

- a) bomba de bexiga, com corpo de teflon ou aço inoxidável, acionada a gás (ver Figura 7);
- b) coletor de teflon ou aço inoxidável, com duas válvulas de retenção e dispositivo de esvaziamento na parte de baixo (ver Figura 6-a));
- c) seringa (de aço inoxidável ou teflon);
- d) coletor de teflon ou aço inoxidável, com uma válvula de retenção (ver Figura 6-b)).

5.4.5.4.7 Os equipamentos de amostragem devem ser feitos de material inerte. Os equipamentos revestidos com neoprene, coletores de PVC, tubo de teflon, bexiga de borracha de silicone, êmbolos de neoprene, polietileno e viton não são aceitáveis por interferirem nos parâmetros a serem analisados.

Nota: Se o operador estiver utilizando um coletor, o cabo deste deve ser de material inerte.

5.4.5.4.8 No campo, o supervisor deve verificar se o operador está satisfazendo às seguintes condições:

- a) bomba de bexiga, se utilizada, deve ser operada continuamente, de tal forma que não ocorra pulsação, acarretando assim aeração na amostra;
- b) as válvulas de retenção dos equipamentos devem ser projetadas e inspecionadas para evitar problemas de entupimento ou de aeração na amostra;
- c) o equipamento de amostragem não deve ser lançado no poço para evitar turbulência, pois isto provoca desgaseificação da água no impacto;
- d) a transferência de uma amostra do amostrador para o frasco de coleta deve ser feita lentamente para evitar aeração;
- e) o equipamento de amostragem, quando limpo, não deve ser colocado diretamente no solo ou sobre outra superfície contaminada, antes de ser introduzido no poço.

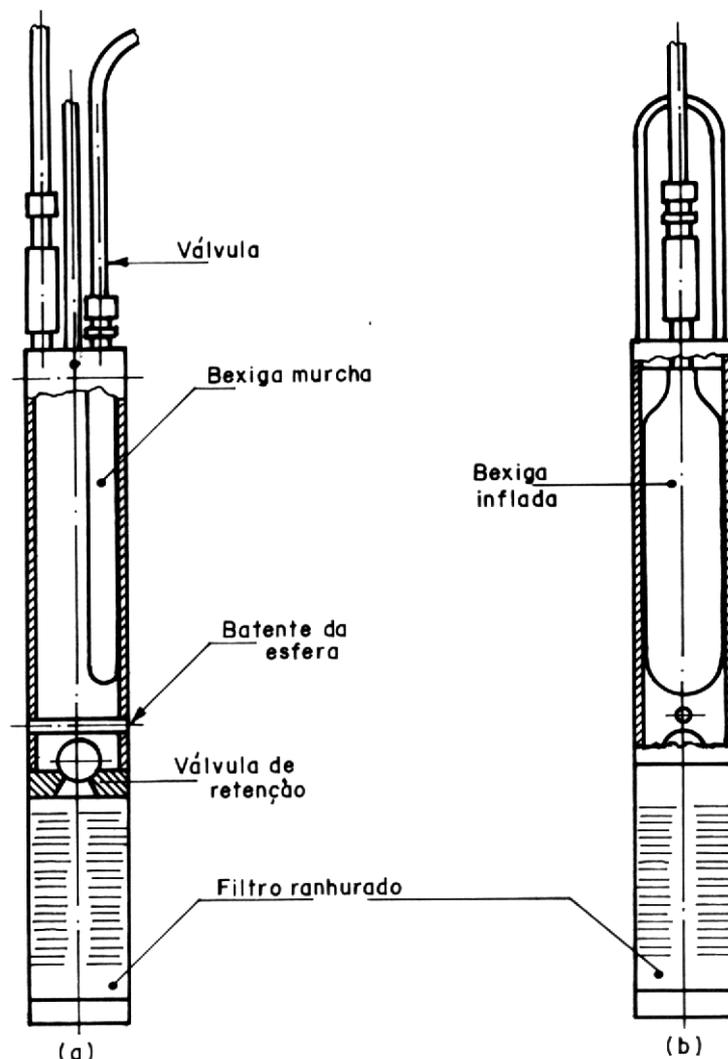


Figura 7 - Bomba de bexiga

5.4.5.4.9 Quando não se utiliza um equipamento para cada poço, é necessário seguir o procedimento para desmontar e limpar o equipamento antes de cada amostragem. A primeira lavagem pode ser feita com ácido nítrico ou clorídrico 0,1 N; a segunda com água de torneira, e a última, com água destilada.

Nota: O ácido clorídrico é geralmente preferível.

5.4.5.4.10 Quando a amostragem se refere a orgânicos, há necessidade de lavar o equipamento com detergente sem fosfato e depois enxaguar com água de torneira, água destilada, acetona e hexano do grau pesticida. O operador deve amostrar primeiro os poços a montante e depois os a jusante.

Nota: As instruções de 5.4.5.4.9 e 5.4.5.4.10 são imprescindíveis quando se quer avaliar baixas concentrações próximas do limite de detecção do parâmetro a ser analisado.

5.4.5.4.11 Quando se coletam orgânicos voláteis através de bomba de bexiga, a taxa de bombeamento não pode ser superior a 100 mL/min. Taxas mais elevadas podem provocar perda de compostos voláteis e variação do pH.

Após a coleta específica para voláteis, o operador pode aumentar a taxa de bombeamento. A vazão de amostragem não deve exceder a utilizada para esgotamento do poço.

5.4.5.5 Análises *in situ* ou de campo

5.4.5.5.1 Vários constituintes instáveis devem ser testados no poço (*in situ*) ou logo após a coleta na boca do poço. Como exemplos de elementos ou propriedades instáveis incluem-se: pH, potencial redox, cloro, sulfeto, oxigênio dissolvido, alcalinidade e temperatura. Apesar da condutividade específica ser relativamente estável, é aconselhável determiná-la em campo.

5.4.5.5.2 A maioria dos instrumentos de condutividade requerem compensação de temperatura, portanto há necessidade de medir a temperatura quando se determina a condutividade.

5.4.5.5.3 Se o operador utilizar sensores (eletrodo para pH, eletrodos de íon específico, termistores) para medir quaisquer das propriedades relacionadas, é importante que esta seja a última operação, de tal forma que a contaminação potencial pelo eletrodo seja a menor possível.

5.4.5.5.4 Os sensores de monitoramento não devem ser colocados nos frascos de coleta de amostra de água.

5.4.5.5.5 O operador deve providenciar a calibração dos equipamentos de monitoramento ou sensores e kits de campo, antes de qualquer medição, em conformidade com as instruções do fabricante e com os métodos de avaliação de resíduos sólidos, conforme Physical/Chemical Methods (SW-846, 2ª edição, 1982).

5.4.6 Preservação e manuseio de amostras

5.4.6.1 Generalidades

5.4.6.1.1 Muitos dos constituintes químicos e parâmetros físico-químicos que devem ser medidos ou avaliados em programas de monitoramento não são quimicamente estáveis daí a necessidade de preservação. Em complementação, o "Guia Técnico de Coleta de Amostras de Água" (Souza e Derisio - CETESB) especifica frascos de amostras que o operador deve utilizar para cada constituinte ou conjunto de parâmetros (ver Anexo A).

5.4.6.1.2 O método de preservação e o tipo de frasco de coleta devem ser identificados no plano de amostragem.

5.4.6.1.3 Todos os procedimentos para transferência de amostras no campo e fora do laboratório devem ser detalhados no plano de amostragem. O manuseio impróprio de amostras pode alterar os seus resultados analíticos. As amostras no campo devem ser retiradas diretamente do equipamento de amostragem para o frasco de coleta. Não é prática aceitável fazer amostras compostas em um mesmo frasco de boca larga e depois transferi-las para frascos menores.

5.4.6.1.4 O plano de amostragem deve especificar as técnicas para transferir as amostras com voláteis, do equipamento de amostragem para o frasco de coleta, a fim de que as perdas por agitação e volatilização sejam reduzidas ao mínimo.

5.4.6.2 Frascos de coleta

5.4.6.2.1 O plano de amostragem deve identificar o tipo do frasco de coleta a ser usado, assim como o procedimento para garantir que os frascos não estejam com contaminantes antes de serem usados.

5.4.6.2.2 Quando os metais constituírem os elementos de interesse, devem-se utilizar frascos de teflon ou polietileno com tampa de polipropileno. Quando os orgânicos forem compostos de interesse, devem-se utilizar frascos de vidro âmbar, com tampa revestida de teflon.

Nota: Os frascos devem ser limpos conforme o parâmetro de interesse.

5.4.6.2.3 Quando as amostras tiverem de ser analisadas para identificação dos metais, tanto os frascos de coleta quanto a vidraria de laboratório devem ser muito bem lavados com detergente não fosfatado e água de torneira, enxaguados com ácido nítrico e água de torneira (1:1), ácido clorídrico e água de torneira (1:1) e finalmente água destilada, nesta ordem.

5.4.6.2.4 Para análise de orgânicos deve ser removido todo e qualquer material residual do frasco de coleta e, em seguida, este deve ser lavado com detergente não fosfatado, em água quente. Depois deve ser enxaguado com água de torneira, água destilada, acetona e finalmente com hexano de grau pesticida.

5.4.6.2.5 A vidraria suja ou contaminada não forma uma película muito fina de água em sua superfície e pode exigir tratamento com ácido crômico e/ou secagem em uma mufla a 400°C, durante 15 min a 30 min, para garantir que o vidro está limpo.

5.4.6.2.6 O ácido crômico pode ser útil na remoção de depósitos orgânicos da vidraria, entretanto, o analista deve assegurar que a vidraria seja, perfeitamente enxaguada para eliminação dos últimos traços de cromo. O emprego de ácido crômico pode causar problemas de contaminação e deve ser evitado, se o cromo for o elemento de interesse.

5.4.6.2.7 A vidraria deve ser selada e armazenada em local limpo, imediatamente após a secagem e resfriamento, a fim de impedir o acúmulo de poeira ou outros contaminantes, deve ser armazenada com a boca tampada com folha de alumínio e em posição invertida.

5.4.6.3 Preservação de amostras

5.4.6.3.1 O plano de amostragem deve indicar os métodos de preservação de amostras que devem ser utilizados.

Nota: Os métodos de preservação de amostras são relativamente limitados e têm geralmente por objetivo:

- a) retardar a ação biológica;
- b) retardar a hidrólise;
- c) reduzir os efeitos de absorção ou adsorção.

5.4.6.3.2 Os métodos de preservação limitam-se geralmente a controle de pH, edição química, refrigeração e proteção contra a luz.

5.4.6.3.3 A cada constituinte da amostra corresponde um método de preservação específico (ver Anexo A).

5.4.6.4 Considerações especiais sobre o manuseio

5.4.6.4.1 As amostras utilizadas para determinação de orgânicos não devem ser filtradas. As amostras não devem ser transferidas de um frasco para outro, pois isso ocasiona a perda de material orgânico na parede do frasco ou pode ocorrer aeração. As amostras para halogênios orgânicos totais (TOX) e carbono orgânico total (TOC) devem ser manipuladas e analisadas como materiais que contêm orgânicos voláteis.

5.4.6.4.2 Não deve existir espaço vazio no frasco da amostra para reduzir ao mínimo a possibilidade de volatilização dos orgânicos. Os diários de campo e os relatórios de análise de laboratório devem registrar o espaço vazio nos frascos de amostra na hora de recepção no laboratório, bem como a hora em que a amostra foi transferida pela primeira vez para o frasco na boca do poço.

5.4.6.4.3 As amostras de água subterrânea, destinadas a análises para determinação de metais, devem ser divididas em duas porções: uma deve ser filtrada em membrana de 0,45 µm, transferida para um frasco, preservada com ácido nítrico (pH 2) e analisada para determinação de metais dissolvidos; a porção restante deve ser transferida para um frasco, preservada com ácido nítrico e analisada para determinação de metais totais. As parti-

culas de lama, presentes no poço mesmo após o esgotamento deste, podem absorver ou adsorver diversos tipos de íons e baixar significativamente o teor de metal dissolvido na água do poço. Qualquer diferença de concentração entre as frações total e dissolvida pode ser atribuída ao teor de íon metálico original das partículas e qualquer absorção ou adsorção de íons para as partículas.

/ANEXO A



ANEXO A - Procedimentos de amostragem e preservação para monitoramento^(A)

| Parâmetro | Frasco recomendado ^(B) | Método de preservação | Tempo máximo de armazenagem | Volume mínimo necessário para análise |
|---|---|---|-----------------------------|---------------------------------------|
| Indicadores de contaminação de água subterrânea ^(C) | | | | |
| pH | T.P.V. | Determinado no campo | Nenhum | 200 mL |
| Condutividade | T.P.V. | Determinado no campo | Nenhum | 100 mL |
| TOC | Vidro âmbar, tampa ^(D) revestida com T | Refrigerar a 4°C ^(E) , HCl até pH < 2 | 28 dias | 100 mL |
| TOX | Vidro âmbar, septos ou tampas revestidas com T | Refrigerar a 4°C, adicionar 1 mL de sulfito de sódio 1.1 M | 7 dias | 100 mL |
| Características de qualidade de água subterrânea | | | | |
| Cloreto | T.P.V. | 4°C | 28 dias | 200 mL |
| Ferro Manganês Sódio | T.P. | Acidificado no campo com HNO ₃ até pH < 2 | 6 meses | 300 mL |
| Fenóis | V | 4°C/H ₂ SO ₄ até pH < 2 | 28 dias | 1000 mL |
| Sulfato | T.P.V. | Refrigerar, 4°C | 28 dias | 200 mL |
| Características provisórias de potabilidade da água, de acordo com a EPA ^(A) | | | | |
| Cromo-hexa | T.P. | Refrigerar, 4°C | 24 h | 250 mL |
| Arsênio Bário Cádmio Cromo Chumbo Selênio Prata | T.P. | <u>Metais totais</u> Acidificado no campo com HNO ₃ até pH < 2 | 6 meses | 1000 mL |
| | | <u>Metais dissolvidos</u> 1. Filtração no campo (0,45 µm) 2. Acidificar com HNO ₃ até pH < 2 | 6 meses | 1000 mL |
| Mercurio | Frasco escuro | 1. Filtração no campo (0,45 µm) 2. Adicionar 15 mL da solução preservante ^(F) | 10 dias | 250 mL |
| Fluoreto | T.P. | Refrigerar, 4°C | 28 dias | 100 mL |
| Nitrato/nitrito | T.P.V. | 4°C/H ₂ SO ₄ até pH < 2 | 14 dias | 200 mL |
| Endrin Lindano Metoxicloro Toxafeno 2,4 D 2, 4, 5 TP Silvex | T.V. | Refrigerar, 4°C | 7 dias | 2000 mL |
| Radio Alfa total Beta total | P.V. | Acidificado no campo com HNO ₃ até pH < 2 | 6 meses | 3785 mL |
| Bactérias coliformes | P, P.V. (esterilizado) | Refrigerar, 4°C | 6 h | 200 mL |

/continua

/continuação

| Parâmetro | Frasco recomendado ^(B) | Método de preservação | Tempo máximo de armazenagem | Volume mínimo necessário para análise |
|--|-----------------------------------|--|-----------------------------|---------------------------------------|
| Outras características de interesse das águas subterrâneas | | | | |
| Cianeto | P.V. | Refrigerar, 4°C, NaOH até pH > 12, 0,6 g de ácido ascórbico ^(G) | 14 dias ^(H) | 500 mL |
| Óleo e graxa | V (somente) | Refrigerar, 4°C, H ₂ SO ₄ até pH < 2 | 28 dias | 1000 mL |
| Orgânicos semivoláteis e voláteis | T.V. | Refrigerar, 4°C | 14 dias | 1000 mL |
| Voláteis | V. revestido com T | Refrigerar, 4°C | 14 dias | 250 mL |

^(A) Referências: Test methods for evaluating solid waste - Physical/chemical methods, SW-846, 2ª edição (1982) Methods for chemical analysis water and wastes, EPA-600/4-79-020. Standard methods for examination of water and wastewater, 16ª edição (1985).

^(B) Tipos de frasco

P = plástico (polietileno)

V = vidro

T = resinas fluorcarbonadas (PTFE, teflon, FEP, PFA, etc.)

PP = polipropileno

^(C) De acordo com os requisitos para monitoramento, deve-se coletar um volume de água subterrânea suficiente para efetuar a análise quatro vezes separadamente.

^(D) Não deixar qualquer espaço vazio.

^(E) As caixas de transporte (com gelo solto ou em pacotes) devem poder estar à temperatura de 4°C no momento de receberem as amostras. A preservação de amostras exige que a temperatura seja ajustada para 4°C e manter-se a 4°C, no instante do recebimento e durante o transporte. Termômetros de máxima e mínima devem ser colocados dentro da caixa de transporte para registrarem a variação de temperatura.

^(F) Solução preservante: 10 g de dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇) p.a. + 200 mL de água destilada + 1000 mL de ácido nítrico (HNO₃) concentrado p.a., destilado). Todos os reagentes com baixo teor de mercúrio.

^(G) Empregar ácido ascórbico somente em presença de agentes oxidantes.

^(H) O máximo tempo de armazenagem é de 24 h quando há presença de sulfeto. Opcionalmente, todas as amostras podem ser ensaiadas com papel de acetato de chumbo antes da ajustagem do pH, a fim de verificar-se se há presença de sulfeto. Se houver presença de sulfeto, este pode ser removido pela adição de pó de nitrato de prata até que o ensaio de mancha dê resultado negativo. Filtra-se a amostra e adiciona-se hidróxido de sódio (NaOH) até pH 12.

/ANEXO B

ANEXO B - Exemplos de substâncias, separadas em grupos e dispostas por ordem de coleta**B.1 Voláteis:**

- clorometano;
- bromometano;
- cloreto de vinila;
- cloroetano;
- cloreto de metileno;
- acetona;
- bissulfeto de carbono;
- 1,1-dicloroetano;
- 1,1-dicloroetano;
- trans-1,2-dicloroetano;
- clorofórmio;
- 1,2-dicloroetano;
- 2-butanona;
- 1,1,1-tricloroetano;
- tetracloreto de carbono;
- acetato de vinila;
- bromodiclorometano;
- 1,1,2,2-tetracloroetano;
- 1,2-dicloropropano;
- trans-1,3-dicloropropeno;
- tricloroetano;
- dibromoclorometano;
- 1,1,2-tricloroetano;
- benzeno;
- cis-1,3-dicloropropeno;
- 2-cloroetilviniléter;
- bromofórmio;
- 2-hexanona;
- 4-metil-2-pentanona;
- tetracloroetano;

- tolueno;
- clorobenzeno;
- etilbenzeno;
- estireno.

B.2 Compostos semivoláteis:

- acenafteno;
- 2,4-dinitrofenol;
- bis(2-cloroetil)éter;
- 2-clorofenol;
- 1,3-diclorobenzeno;
- 1,4-diclorobenzeno;
- álcool benzílico;
- 1,2-diclorobenzeno;
- bis (2-clorisopropil) éter;
- n-nitroso-di-n-propilamina;
- hexacloroetano;
- nitrobenzeno;
- isoforona;
- 2-nitrofenol;
- ácido benzóico;
- bis (2-cloroetóxi)metano;
- 2,4-diclorofenol;
- 1,2,4-triclorobenzeno;
- naftaleno;
- 4-cloroanilina;
- hexaclorobutadieno;
- 4-cloro-3-metilfenol;
- 2-metilnaftaleno;
- hexaclorociclopentadieno;
- 2,4,6-triclorofenol;
- 2,4,5-triclorofenol;

- cloronaftaleno;
 - 2-nitroanilina;
 - dimetilftalato;
 - acenaftaleno;
 - 4-nitrofenol;
 - dibenzofurano;
 - 2,4-dinitrotolueno;
 - 2,6-dinitrotolueno;
 - dietilftalato;
 - 4-clorofenilfeniléter;
 - fluoreno;
 - 4-nitroanilina;
 - 4,6-dinitro-2-metilfenol;
 - n-nitrosodifenilamina;
 - 4-bromofenilfeniléter;
 - hexaclorobenzeno;
 - pentaclorofenol;
 - fenantreno;
 - antraceno;
 - di-n-butilftalato;
 - fluoranteno;
 - benzidina;
 - pireno;
 - butilbenzilftalato;
 - 3,3-diclorobenzidina;
 - benzo(a)antraceno;
 - bis(2-etil-hexil)ftalato;
 - criseno;
 - di-n-octilftalato;
 - benzo(b)fluoranteno;
 - benzo(k)fluoranteno;
 - benzo(a)pireno;
 - indeno (1,2,3-c,d) pireno;
 - dibenzo (a,h) antraceno;
 - benzo (g,h,t) perileno;
 - 3-nitroanilina.
- B.3 Pesticidas/PCB:**
- aldrin;
 - aroclor-1216;
 - aroclor-1221;
 - aroclor-1232;
 - aroclor-1242;
 - aroclor-1248;
 - aroclor-1254;
 - aroclor-1260;
 - α BHC;
 - β -BHC;
 - BHC (lindano);
 - BHC;
 - clordano;
 - 4,4-DDD;
 - 4,4-DDE;
 - 4,4-DDT;
 - dieldrin;
 - endrin;
 - aldeído de endrin;
 - cetona de endrin;
 - endossulfan I;
 - endossulfan II;
 - sulfato de endossulfan;
 - heptacloro;
 - heptacloro epóxido;
 - metoxicloro;
 - toxafeno.

B.4 Metais e outros:

- alumínio;
- antimônio;
- arsênio;
- bário;
- berílio;
- cádmio;
- cálcio;
- cromo;
- cobalto;
- cobre;
- ferro;
- chumbo;
- magnésio;
- manganês;

- mercúrio;
- níquel;
- potássio;
- selênio;
- prata;
- sódio;
- tálio;
- estanho;
- vanádio;
- zinco.

B.5 Fenóis:

- fenol;
- 2-metilfenol;
- 4-metilfenol;
- 2,4-dimetilfenol.

B.6 Cianetos.