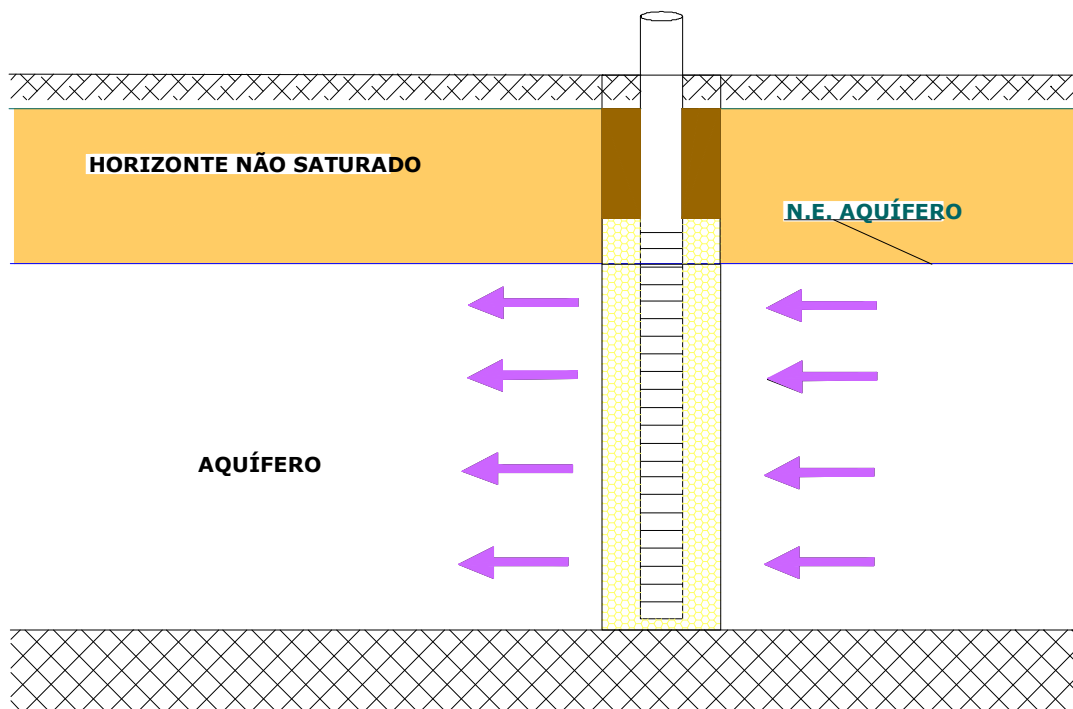


CURSO AESAS

AMOSTRAGEM DE ÁGUA SUBTERRÂNEA EM POÇOS DE MONITORAMENTO



Fevereiro de 2009
Docente: João Alberto Bottura

AMOSTRAGEM DE ÁGUA SUBTERRÂNEA EM POÇOS DE MONITORAMENTO

REALIZAÇÃO – AESAS

FEVEREIRO, 2009

**DOCENTE: João Alberto Bottura - Hidrogeólogo, pesquisador, professor de pós-graduação, consultor,
presidente da Hidrosuprimentos. Contato – bottura@hidrosuprimentos.com.br**

PROGRAMA DO CURSO

1. **Introdução** – evolução histórica e conflitos das últimas décadas.
2. **Atividades prévias a amostragem** - licenças e autorizações, procedimentos de segurança, infra-estrutura e descontaminação dos equipamentos.
3. **Fatores que afetam a amostragem.**
 - Fatores geológicos e hidrogeológicos** – amostra representativa, influência da geologia e hidrogeologia;
 - Fatores hidrogeoquímicos** – procedimentos de amostragem (manuseio, medições “in situ”, preservação, brancos), sorção, volatilização e reprodutibilidade de resultados;
 - Fatores estruturais** – qualidade do poço de monitoramento, penetração no aquífero, materiais (filtros, revestimentos, pré-filtro, isolamento) e desenvolvimento;
4. **Purga de poços de monitoramento.**
 - Amostragem sem purga** – procedimentos e conflitos;
 - Amostragem com purga** – procedimentos e conflitos;
 - Purga convencional** – conceitualização e procedimentos;
 - Purga com célula de fluxo** - conceitualização e procedimentos;
- 4 **Equipamentos para amostragem sem purga** – tipos, critérios de utilização, vantagens e desvantagens;
- 5 **Equipamentos para amostragem com purga** – tipos, critérios de utilização, vantagens e desvantagens;
- 6 **Filtragem em campo** – quando filtrar e porque, equipamentos de filtragem;
- 7 **Armazenamento e Conservação das Amostras.**
- 8 **Controle de Qualidade – branco de campo ou equipamento, branco de viagem e amostra duplicada;**
- 9 **Documentação de Amostragem** – plano de amostragem, relatório de coleta, cadeia de custódia;

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO

2 - ATIVIDADES PRÉVIAS A AMOSTRAGEM

2.1 Licenças e Autorizações

2.2 Limpeza e Calibração dos Equipamentos

2.3 Frascos para Armazenamento das Amostras

2.4 Procedimentos de Segurança

2.5 Infra-Estrutura

2.6 Atividades de Campo - Medições "In Situ"

2.6.1 Nível d'água

2.6.2 Espessura da fase livre

2.6.3 Profundidade do poço de monitoramento

2.6.4 Parâmetros físico-químicos

3 - FATORES QUE AFETAM A AMOSTRAGEM.

3.1 Fatores Geológicos e Hidrogeológicos

3.2 Fatores Hidrogeoquímicos

3.3 Fatores Estruturais

4 - PURGA DE POÇOS DE MONITORAMENTO.

4.1 Amostragem com Purga

4.1.1 Purga convencional

4.1.2 Purga com controle dos parâmetros físico-químicos

4.1.3 Purga com base no controle dos parâmetros hidráulicos

4.1.4 Purga em meio de baixa condutividade hidráulica

4.1.5 Amostragem sem purga

4.1.6 Amostragem Passiva

5 - COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

5.1 Equipamentos para Amostragem com Purga

5.1.1 – Equipamentos manuais

5.1.2 – Equipamentos de sucção

5.1.3 – Equipamentos de deslocamento positivo

Bombas submersas elétricas

Bombas submersas pneumáticas

5.2 Equipamentos para Amostragem sem Purga

5.3 Equipamentos para Amostragem Passiva

5.3.1 Passive diffusion bag – PDB

5.3.2 Hydrasleeve

5.3.3 Snap sampler

6 - FILTRAGEM EM CAMPO

7 - ARMAZENAMENTO E CONSERVAÇÃO DAS AMOSTRAS

8 - CONTROLE DE QUALIDADE

8.1 Brancos

8.2 Amostra Duplicada

9- RELATÓRIO DA CAMPANHA DE AMOSTRAGEM

10 - LIMITAÇÕES DOS MÉTODOS DE PURGA E AMOSTRAGEM

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

CURSO AESAS

AMOSTRAGEM DE ÁGUA SUBTERRÂNEA EM POÇOS DE MONITORAMENTO

João Alberto Bottura
Hidrogeólogo

Poços de monitoramento são instrumentos permanentes que permitem o acesso direto à água subterrânea visando à obtenção de amostras representativas para caracterização adequada do site, coleta de amostras de água subterrânea isenta de turbidez para análises químicas e monitoramento permanente das condicionantes hidrogeológicas e hidrogeoquímicas locais.

Os objetivos para amostragem de águas subterrâneas referem-se ao nível e tipo de estudo a ser desenvolvido, devem ser adequadamente definidos, pois deles resultam os procedimentos a serem adotados para o desenvolvimento do plano de amostragem. O plano de amostragem deve considerar: as normas, procedimentos, regulamentos e portarias definidos pelos órgãos ambientais e principalmente a obtenção de amostra de água que seja representativa das condições locais e adequadas para realização das análises químicas. Este objetivo deve ser perseguido durante todo o desenvolvimento dos trabalhos de caracterização do site, porque qualquer atividade desenvolvida desde o projeto do poço de monitoramento até o processamento da amostra no laboratório, poderá afetar o resultado do estudo.

Neste curso vamos abordar os fatores que influem na amostragem da água subterrânea, discutindo como as ações pré, durante e pós-amostragem podem afetar os resultados do estudo de passivo ambiental.

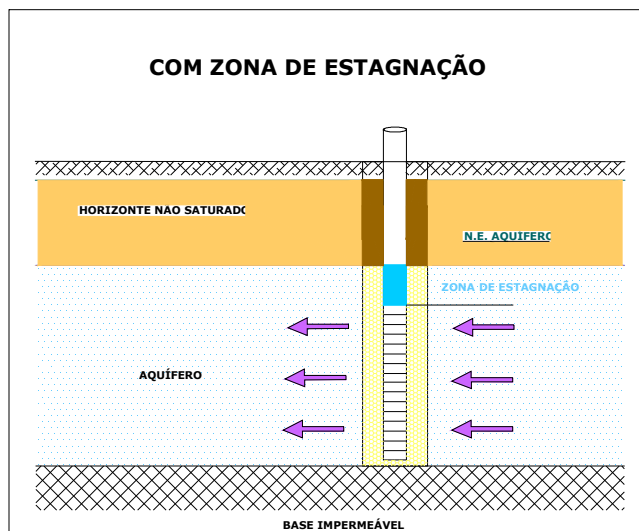
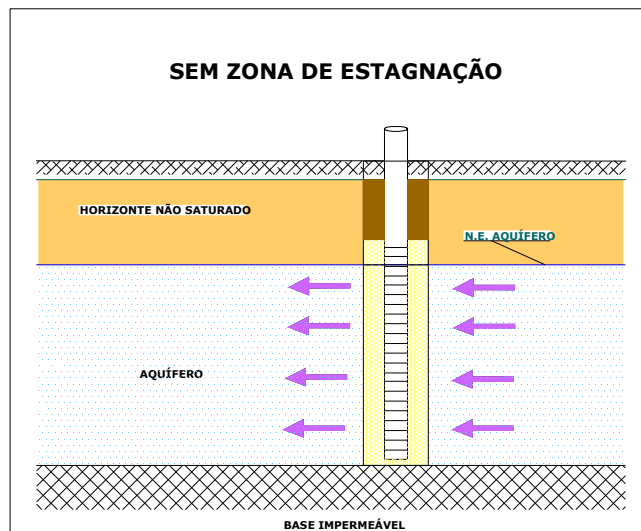
Os elementos essenciais para atingir os objetivos requeridos no plano de amostragem estão relacionados à segurança de gerar resultados e documentos que sejam claros e objetivos para a qualquer momento serem utilizados, pelo responsável do estudo e também por outros técnicos e equipes, na continuidade de trabalhos de investigação, monitoramento e amostragens periódicas e também a qualquer momento para: dirimir dúvidas e produzir respostas junto aos representantes da sociedade: Órgão Ambiental, Ministério Público, ONG, etc.

Alguns aspectos dos estudos de passivos ambientais como: perfuração, instalação e desenvolvimento de poços de monitoramento são documentados apenas uma vez, enquanto as amostragens podem ser documentadas diversas vezes. A anotação de todas as informações referentes ao evento de amostragem em planilhas é a melhor forma de realizar este inventário, equipes de campo e outros interessados podem a qualquer momento acessar e

avaliar os critérios adotados na amostragem, os procedimentos seguidos e as ocorrências verificadas. Qualquer informação deve ser anotada, mesmo aquela que no momento não parece relevante, pode ser muito importante no futuro.

A realização de um plano de amostragem detalhado e preciso, antes de facilitar o desenvolvimento das atividades de campo em decorrência de apresentar ordenadamente todas as atividades a serem realizadas é ferramenta fundamental para minimizar os erros humanos que podem ocasionar problemas graves na condução das interpretações e conclusões do estudo. O uso de planilhas e tabelas ajudam sobremaneira no planejamento e no ordenamento da coleta e registro de informações. O acesso às informações de campanhas anteriores é fundamental para avaliação das medições efetuadas e dados coletados.

MODELOS DE POÇOS DE MONITORAMENTO



1 - INTRODUÇÃO

Amostragem de água subterrânea envolve muito mais que: remover algum volume de água do poço de monitoramento, transferir para o frasco e enviar para o laboratório.

Cada um dos detalhes do plano de amostragem pode afetar o resultado final do projeto, conduzindo a conclusões equivocadas e não representativas das condicionantes hidrogeológicas do site.

Vários fatores podem afetar a qualidade da amostra coletada, estes vão desde o adequado projeto do poço de monitoramento, instalação e manutenção do poço, escolha dos equipamentos de purga e amostragem, preparação técnica da equipe, filtragem e preservação da amostra, armazenamento e transporte, documentação dos procedimentos adotados, documentação das atividades de campo, manuseio das amostras, qualidade técnica da equipe, etc. O gerenciamento das incertezas é ferramenta fundamental para interpretação dos resultados da amostragem.

Como não existe receita única para o plano de amostragem, o planejamento deve ser feito individualmente para cada site visando entender profundamente os diversos fatores que podem afetar a amostragem e que, com certeza, terão influência marcante na interpretação dos resultados.

A partir dos anos 70 com o surgimento dos primeiros casos de contaminação de solos e águas subterrâneas o procedimento para a amostragem de água subterrânea passou a preocupar a sociedade, começaram a surgir os primeiros equipamentos, derivados daqueles utilizados na área de abastecimento e saúde pública.

A partir dos anos 90 começaram discussões mais aprofundadas sobre qualidade e procedimentos de amostragem e até o momento não temos posição conclusiva sobre esta área do conhecimento.

Nos últimos anos muito pouco foi feito em relação às técnicas de amostragem e muito se tem discutido sobre equipamentos de amostragem; não apenas no mercado nacional onde esta discussão é mais direcionada, mas também no internacional, onde fabricantes ou detentores de patentes de equipamentos polarizam o tema.

A falta de treinamento e de conhecimento técnico adequado sob o tema é a tônica principal, a carência de treinamento para aplicação dos equipamentos é maior do que a disponibilidade e as propagandas sobre os mesmos.

2 - ATIVIDADES PRÉVIAS A AMOSTRAGEM

2.1 Licenças e Autorizações

Previamente a qualquer campanha de amostragem de água subterrânea e antes da mobilização das equipes ao campo devem ser obtidas autorizações e licenças e avaliadas as interferências dos procedimentos a serem adotados com a rotina do site e seus entornos.

2.2 Limpeza e Calibração dos Equipamentos

Todo o material e equipamento de amostragem e para medições "in situ", que manterão contato com a amostra devem ser adequadamente lavados e descontaminados, antes do envio ao campo e antes do uso. Este procedimento inclui: medidores de nível e interfaces (cabo e sensor), materiais e equipamentos para retirada da amostra de água, equipamentos para os testes "in situ" (OD, pH, Eh, CE).

Devem ser adotados os procedimentos de limpeza e descontaminação ditados pelo órgão ambiental para os objetivos da amostragem. O procedimento mínimo a ser atendido deve conter:

- . lavar com água potável e detergente neutro;
- . enxaguar com água potável;
- . enxaguar com água destilada ou deionizada;
- . secar com ar seco;

Os equipamentos analíticos para medições "in situ" devem ser calibrados de acordo com as especificações do fabricante.

2.3 Frascos para Armazenamento das Amostras

Os frascos para armazenamento das amostras devem ser fornecidos pelo laboratório em material apropriado às amostragens programadas, esterilizado, contendo os preservativos necessários e lacrado. O lacre somente poderá ser retirado no momento da transferência da amostra coletada, isto evitará sua limpeza e esterilização no campo. O responsável pela coleta deve obrigatoriamente verificar a integridade dos frascos antes de serem enviados para o campo. O tipo de embalagem utilizado para o armazenamento e transporte dos frascos e os procedimentos para sua descontaminação devem ser registrados na caderneta de campo e no formulário de coleta.

2.4 Procedimentos de Segurança

É responsabilidade do consultor/amostrador estabelecer em conjunto com o contratante /empreendedor os procedimentos de segurança e determinar a sua aplicabilidade e as limitações práticas e legais, antes do início dos trabalhos.

2.5 Infra-Estrutura

Os acessos e os entornos dos poços de monitoramento a serem amostrados devem ser limpos antes da mobilização dos equipamentos e materiais para o site.

A água a ser usada nas atividades de limpeza e descontaminação dos equipamentos no campo, entre cada coleta de amostra deve ser obtida a partir de fonte de suprimento de água potável. O responsável pelas operações de amostragem deve avaliar detalhadamente a adequabilidade da fonte de suprimento de água para o desenvolvimento de suas atividades. A limpeza dos equipamentos deve ser feita fora da área de influência dos poços de monitoramento que estão sendo amostrados.

Escoamento em superfície de água contaminada, ou potencialmente contaminada gerada durante os procedimentos de purga e coleta devem ser evitados e não podem ser tolerados de forma alguma. Esta água deve ser armazenada adequadamente em recipientes apropriados e destinada para descarte de acordo com os procedimentos do órgão ambiental ou do contratante.

2.6 Atividades de Campo - Medições "In Situ"

2.6.1 Nível d'água

Antes de iniciar o procedimento de coleta, o nível estático deve ser medido com um medidor elétrico de nível d'água com precisão de 0,1 cm.

2.6.2 Espessura da Fase Livre

Em local onde a fase livre está presente é importante proceder à medição de sua espessura. A medição correta da espessura da fase livre permite estimar o volume e a distribuição espacial dos compostos orgânicos na área, e é fundamental para correção das medições de nível d'água.

A medição da fase livre pode ser efetuada com medidor eletrônico de interface ou com amostrador de fase livre.

A medida com medidor de interface é direta. Caso seja utilizado amostrador de fase livre, ele deve ser transparente e deve ser descido lentamente no interior do poço até atingir o nível d'água e então imerso até sua parte média. Depois de retirado o amostrador, o produto em

suspensão pode ser examinado visualmente e sua espessura medida diretamente através do uso de escala ou trena.

Se fase livre for detectada, a espessura do produto deve ser medida e se previsto no plano de amostragem a sua coleta, produto em fase livre e da água imediatamente abaixo dela deve ser coletada e devidamente acondicionada. Todo o procedimento e ocorrências devem ser registrados na caderneta de campo. Caso não seja possível coletar amostra representativa da fase dissolvida devido à presença de fase livre, relatar o motivo no boletim de coleta e na caderneta de campo.

2.6.3 Profundidade do Poço de Monitoramento

Após a medição do nível d 'água, deve ser efetuada a medição da profundidade do poço com a mesma precisão. Utilizar medidor de profundidade e com base nessa medição e nos registros anteriores, avaliar a presença de material sólido depositado no fundo do poço.

Com base nas dimensões do poço registradas no seu perfil de instalação e no boletim de planejamento da amostragem calcular o volume de água a ser extraída do poço durante o procedimento de purga, caso este for realizado com base na purga tradicional (ver instruções para purga a seguir).

2.6.4 Parâmetros Físico-Químicos

Os parâmetros físicos químicos: Condutividade Elétrica, pH, Eh, Oxigênio Dissolvido e Turbidez, quando realizada purga convencional devem ser medidos antes do início da purga e antes da extração da amostra e anotados na caderneta de campo e no formulário de coleta. Os critérios específicos de medição para purga com controle dos parâmetros físico químicos serão discutidos a seguir e devem atender aos procedimentos de coleta e do órgão ambiental.

3 - FATORES QUE AFETAM A AMOSTRAGEM.

O objetivo a ser atingido em qualquer plano de amostragem, segundo vários autores, é a obtenção de amostra de água subterrânea que seja representativa do aquífero, das condições locais e adequada para realização das análises químicas, portanto qualquer atividade desenvolvida desde a instalação do poço de monitoramento até o processamento da amostra no laboratório poderá afetar o resultado da amostragem.

A obtenção de amostra representativa deve ser avaliada não apenas com base nos fatores acima expostos, mas sobretudo com base nos objetivos da amostragem e estágio dos estudos em desenvolvimento. A representatividade de amostra coletada em site com suspeita de contaminação é diferente da representatividade de amostra de site contaminado. O estágio do estudo direciona os objetivos e representatividade da amostra coletada. A representatividade

de amostra coletada em poço de monitoramento convencional para ser utilizada em estudo de avaliação de passivo ambiental é diferente daquela coletada em poço multinível, em estudo para projeto de remediação ou para fechamento de área.

3.1 Fatores Geológicos e Hidrogeológicos

A obtenção de amostra representativa da água subterrânea sofre marcante influência da geologia e hidrogeologia local. As condicionantes geológicas, variações litológicas e estratigráficas, na maior parte das vezes com dimensões centimétricas, ocasionam interferências na geometria e direção do fluxo subterrâneo exercendo marcante influência na área de captura de um poço de monitoramento. Na prática os cones de rebaixamento não possuem a forma cônica convencionalmente adotada na literatura técnica. As variações das linhas equipotenciais e do fluxo subterrâneo, como representadas nos mapas potenciométricos, nos fornecem apenas informações gerais sobre o sentido do seu movimento, na situação real a geometria do fluxo subterrâneo sofre variações espaciais tridimensionais centimétricas, impossíveis de serem materializadas pelos mapas potenciométricos convencionais e tampouco pelas modelagens matemáticas. No entanto, a situação real deve estar presente no modelo conceitual mentalmente formulado pelo consultor e deve orientar o direcionamento dos estudos.

A água subterrânea está em constante movimento no meio saturado, induzido pelos gradientes hidráulicos naturais e controlado pela condutividade hidráulica. No interior do poço de monitoramento, entre eventos de amostragem, esta contida no interior do revestimento e na seção filtrante.

A água do interior do revestimento do poço de monitoramento entre eventos de amostragem não é representativa da água da formação, motivo pelo qual não deve ser amostrada. No entanto a água contida no interior na seção filtrante está em contínuo movimento, atravessando a seção filtrante (filtro e préfiltro) estando integrada ao sistema de fluxo natural, não mantendo interação com a água estagnada, sendo representativa da água da unidade hidroestratigráfica interceptada pela seção filtrante.

A água armazenada no interior do revestimento está fisicamente isolada da água da formação e não interage com ela, sendo por este motivo denominada como água estagnada. Ela sofre alterações físico-químicas influenciadas por uma série de fatores (Figura 3.1.1). A eliminação desta água estagnada através da purga é rotineiramente realizada como parte do procedimento de amostragem, visando minimizar incertezas associadas a sua presença.

Todavia, enquanto a água da coluna de revestimento não é representativa da formação, a água da seção filtrante sem dúvida é representativa da formação interceptada pela seção

filtrante do poço, desde que este tenha sido adequadamente projetado, construído, instalado e desenvolvido. A água subterrânea atravessa a seção filtrante continuamente através dos filtros e do préfiltro que possuem condutividade hidráulica superior a formação, este sistema está integrado ao sistema de fluxo natural (Figura 3.1.2). Mesmo em unidade hidroestratigráfica com baixa condutividade hidráulica o fluxo subterrâneo natural mantém as trocas entre o poço e a formação.

Vários autores suportam as premissas que:

- 1 – a água, em qualquer ponto do interior da seção filtrante é representativa da água da formação adjacente ao filtro;
- 2 – amostra de água coletada diretamente na seção filtrante é representativa da água da formação adjacente;
- 3 – com base nas afirmações acima, a realização de purga com retirada de múltiplos volumes de água do poço é desnecessária;

Em poços onde a zona filtrante intercepta várias unidades hidroestratigráficas, a água contida no interior do poço será representativa da mistura entre as águas que se movimentam pelas várias unidades, podendo não ser representativa do estrato contaminado. Esta água será então representativa da água fornecida pelos diversos estratos interceptados pela seção filtrante, podendo então ser considerada água de mistura.

3.2 Fatores Hidrogeoquímicos

Os fatores hidrogeoquímicos influem de duas formas: indiretamente nos procedimentos de amostragem, manuseio dos equipamentos e amostras, medições “in situ”, preservação das amostras e necessidade da realização de brancos e diretamente sobre a qualidade da água amostrada.

A sorção dos contaminantes pelos equipamentos e instrumentos de amostragem pode dar origem à contaminação cruzada, em decorrência da reutilização de materiais com descontaminação não realizada adequadamente. Mangueiras para adução da água contaminada durante a amostragem são uma das principais fontes de contaminação cruzada.

A volatilização em decorrência do manuseio excessivo ou inadequado da amostra, rebaixamento excessivo do nível d'água, agitação desnecessária no interior do poço e outras interferências, se reproduzem nos resultados pela perda de contaminantes..

A reprodutibilidade de resultados é fortemente afetada não apenas pelos fatores geológicos e hidrogeológicos, mas também pelo excesso de manuseio e preservação inadequada das amostras.

Além dos cuidados inerentes ao procedimento de amostragem, à utilização de equipamentos descartáveis e a realização de brancos são elementos que poderão nos orientar na avaliação dos fatores que interferem nas amostragens.

A influência direta ocorre sobre a qualidade da água coletada que também sofre variações espaciais tridimensionais centimétricas decorrente da sorção, trocas iônicas e outras interações que ocorrem devido ao movimento natural ou induzido da água subterrânea e na sua interação com o meio sólido nos entornos e no interior dos poços de monitoramento.

3.3 Fatores Estruturais

Dentre os fatores estruturais enumeramos aqueles que interferem na qualidade do estudo e aqueles referentes à manutenção dos poços de monitoramento.

A qualidade da construção do poço de monitoramento é o principal destes fatores e interfere diretamente na qualidade do estudo. O seu projeto, penetração no aquífero, os materiais empregados (filtros, revestimentos, pré-filtro, isolamento) e principalmente a qualidade do desenvolvimento, exercem marcante influência na amostragem.

A obtenção de água subterrânea isenta de turbidez está diretamente relacionada à qualidade do poço de monitoramento, seu projeto, sua geometria e principalmente a qualidade do desenvolvimento realizado.

Poços inadequadamente construídos, instalados com materiais inadequados e sem desenvolvimento além de produzir água de má qualidade estão sujeitos a excessivas perdas de carga durante o bombeamento.

Os objetivos e os resultados a serem atingidos com o desenvolvimento do poço de monitoramento são a seguir relacionados, porém cabe ressaltar que para atingir bons resultados no desenvolvimento o poço dever ser adequadamente construído e completado, o desenvolvimento não é ferramenta para consertar poço construído de forma inadequada:

- restaurar o aquífero visando eliminar ou minimizar os efeitos devidos aos danos induzidos através das operações de perfuração e completação;
- extrair os resíduos e os detritos de perfuração;
- extrair os materiais finos da formação e do envoltório de pré-filtro das vizinhanças da parede do poço com o objetivo de desobstruir ou facilitar o fluxo de água no sentido aquífero / poço;
- promover a gradação vertical e a estabilização do envoltório de pré-filtro;
- aumentar a porosidade e a condutividade hidráulica da formação na interface aquífero / pré-filtro;
- estabilizar a formação visando evitar a produção de finos durante o bombeamento;
- corrigir possíveis danos decorrentes dos efeitos marginais da perfuração e completação;

- obter poço com adequada performance, que se traduz por: baixa perda de carga, alta eficiência hidráulica, baixa concentração de sólidos em suspensão e produção de água isenta de turbidez;

Os fatores inerentes às atividades de manutenção do poço de monitoramento estão relacionados à: redesevolvimento do poço, troca de componentes, instalação de equipamentos dedicados, limpeza do poço decorrente de interações químicas devido às ações de incrustação ou bactérias. Dentre os fatores intervenientes podemos ter, entre outros: aeração da água, alteração do equilíbrio químico e bacteriológico. Como estas ações podem alterar a qualidade da água elas devem ser devidamente registradas.

4 - PURGA DE POÇOS DE MONITORAMENTO.

Antes de iniciada a amostragem da água subterrânea no poço de monitoramento, deve ser eliminada a água estagnada de seu interior, procedimento denominado como purga.

A necessidade ou não de purga e o método para sua realização é assunto polêmico e discutido há várias décadas no cenário internacional, sem ainda termos posição solidamente definida sobre a necessidade de sua realização, assim como sobre os procedimentos adequados para sua realização. Tradicionalmente realiza-se a purga por volume determinado, nos últimos anos foi introduzido o conceito de purga a baixa vazão em contraponto a purga por volume determinado e mais recentemente o de amostragem passiva, que elimina a necessidade de purga.

A determinação do procedimento de coleta a ser adotado, envolve a definição do procedimento de purga. Apesar da longa e extensa discussão em relação ao tema, a maioria dos pesquisadores e órgãos ambientais, defende a necessidade da purga para que a amostra de água subterrânea a ser coletada seja representativa do meio amostrado.

Segundo os defensores da purga a água estagnada no interior do poço não é representativa do aquífero porque interage com a atmosfera e esta sujeita a atividade bacteriológica, por longo período de tempo. Nestas condições o seu equilíbrio geoquímico é diferente da água do aquífero. A água estagnada mantém características físico-químicas, pH – Eh – CE – OD, diferente da água do aquífero.

O objetivo da purga é eliminar a água estagnada para obter água representativa do aquífero sem, no entanto, causar distúrbios no fluxo de água no interior do poço que possam alterar seu equilíbrio dinâmico e físico químico.

Em situações hidrogeológicas particulares o principal problema causado pela purga é derivado do sobrebombeamento do aquífero, nesta situação os rebaixamentos do nível d'água podem ser excessivos, causando fluxo turbulento e ocasionando a obtenção de amostras não

representativas. O excessivo rebaixamento traduz-se por queda de pressão no interior do poço, ocasionando a volatilização, oxidação ou precipitação de contaminantes.

Outro problema derivado do sobrebombeamento é a produção de água turva, isto ocorre quando a vazão bombeada para purga é superior a vazão extraída do poço durante as etapas de seu desenvolvimento, neste caso o poço entra novamente em processo de desenvolvimento e partículas finas da formação são carregadas pela água bombeada para o interior do poço de monitoramento.

O sobrebombeamento ao induzir maiores rebaixamentos pode expor porções do meio saturado contidas no cone de rebaixamento ao ar atmosférico e aos contaminantes contidos em diversas formas nos solos e na água contaminada. Pode ainda, com base na sua posição relativa à pluma de contaminação alterar o sentido de migração dos contaminantes, causando a diluição ou o aumento da concentração, caso o poço de monitoramento esteja próximo a sua borda, interior ou exterior.

Devido à significativa influência que a purga pode causar no equilíbrio dinâmico e físico-químico da água nos entornos do poço de monitoramento, alguns pesquisadores defendem que para formações com sedimentos finos (meios de baixa condutividade hidráulica) a amostragem deve ser realizada sem purga.

Na amostragem sem purga a água coletada não estará sujeita aos distúrbios causados pelo rebaixamento do nível d'água. No entanto ela não será representativa do meio amostrado e poderá ser originada por água estagnada ou mescla desta com a água subterrânea, nos casos onde os filtros encontram-se afogados (Figura 4.1 b). No caso onde o topo dos filtros encontra-se na porção não saturada, não há água estagnada no interior do poço (Figura 4.1 a) e a amostra será representativa do aquífero.

Outro conflito observado é relativo ao entendimento da terminologia "**Low Flow**", no Brasil denominada como "**Baixa Vazão**". Alguns consideram que o termo tem aplicação a purga com Bomba de Bexiga, no entanto o termo está relacionado ao procedimento de amostragem independentemente do equipamento utilizado, ou seja, procedimento aplicado com qualquer equipamento que permita a obtenção de baixa vazão. Neste texto a aplicação do termo é independente do equipamento utilizado.

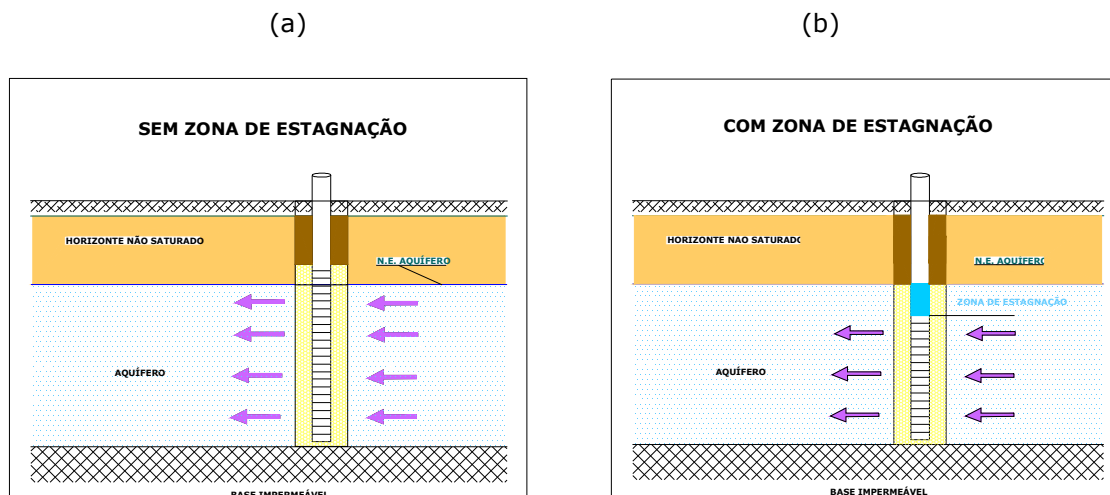


FIGURA 4.1 – ZONA DE ESTAGNAÇÃO

4.1 Amostragem com Purga

São aplicados de forma universal dois tipos de procedimentos de purga: o denominado como “Purga de Volume Determinado” também denominado como Purga Convencional ou Tradicional, e a “Purga com Controle dos Parâmetros Físico Químicos”. Alguns pesquisadores indicam como alternativa a “Purga com Base nas Características Hidráulicas do Aquífero”, esta de aplicação restrita.

Independentemente do tipo de purga a ser aplicado no procedimento de amostragem devemos ter como objetivo as seguintes premissas básicas para sua realização:

- a purga deve ser lenta;
- deve ser realizada a baixa vazão;
- deve ser evitado o rebaixamento excessivo do nível d’água no poço;
- deve ser evitado o esgotamento do poço;
- deve ser evitada a agitação no interior do poço;

4.1.1 Purga com volume determinado ou convencional

A água estagnada extraída do interior do poço deve ser armazenada em recipientes apropriados para posterior disposição em local adequado. Para prevenir contaminação induzida entre os poços, o ideal é a utilização de equipamentos descartáveis e bombas com tubulação e mangueira de adução descartável. Não deve ser utilizada bomba que não seja especificada exclusivamente para purga e amostragem.

Durante a purga o nível d’água no interior do poço não deve rebaixar demasiadamente, a vazão deve ser controlada e na medida do possível mantida entre 100 e 500 mL/min, vazão

ideal para purga, o que infere como premissa principal que o procedimento de extração da água contida no interior do poço deve ser lento, independentemente do equipamento utilizado para sua execução.

A coleta da amostra de água deve ser realizada imediatamente depois de concluída a purga e deve ser coletado o volume necessário de amostra em uma única vez, amostras compostas obtidas por acúmulo de várias amostras coletadas em períodos de tempo diferentes, não são adequadas.

A água contida no interior do poço deve ser extraída visando eliminar toda a água estagnada de seu interior. As opiniões, sobre o volume de água a ser purgado, defendidas por diversos pesquisadores são bastante divergentes. Segundo eles entre 1 a 20 volumes da água contida no poço deve ser extraída para que seja obtida água representativa do aquífero. Não existe também consenso entre os pesquisadores sobre qual o procedimento correto para o cálculo do volume de água contido no poço, alguns defendem que deve ser calculado o volume contido no interior do revestimento e a água contida no interior do envoltório de pré-filtro, a grande maioria defende que apenas a água contida no interior do revestimento deve ser quantificada, porque a água contida no envoltório de pré-filtro, esta em equilíbrio com o meio a ser amostrado.

No entanto a prática internacional indica que entre 3 (três) e 5 (cinco) volumes da água contida no interior do revestimento do poço devem ser extraídos antes de iniciado o procedimento de coleta da amostra de água. Este procedimento é tradicionalmente aplicado, no entanto como não está explicitado quando extrair 3 (três) volumes ou quando extrair 5 (cinco) volumes, para simplificação do procedimento, no Brasil é normalmente extraído 3 (três) volumes.

O rebaixamento do nível d'água deve ser controlado durante a purga, não deve ser superior a 10% do comprimento da coluna filtrante do poço e seu limite máximo não deve exceder a 25 cm.

4.1.2 Purga com controle dos parâmetros físico-químicos

Visando minimizar o volume de água extraída do interior do poço foi introduzido o procedimento de purga com controle dos parâmetros físico-químicos. Neste procedimento adotam-se os mesmos conceitos do purga convencional como discutido em 4.1.1.

Deve-se extrair a água estagnada do interior do poço e armazená-la em recipientes apropriados para posterior disposição em local adequado. Para prevenir contaminação induzida entre os poços, o ideal é a utilização de equipamentos descartáveis e bombas com tubulação e

mangueira de adução descartável. Não deve ser utilizada bomba que não seja especificada exclusivamente para purga e amostragem.

Durante a purga o nível d'água no interior do poço não deve rebaixar demasiadamente, a vazão deve ser controlada e na medida do possível mantida entre 100 e 500 mL/min, vazão ideal para purga, o que infere como premissa principal que o procedimento de extração da água contida no interior do poço deve ser realizado com o mínimo rebaixamento possível, independentemente do tipo de bomba utilizado para sua execução.

O rebaixamento deve ser controlado durante a purga: não deve ser superior a 10% do comprimento da coluna filtrante do poço e seu limite máximo não deve exceder a 25 cm. Se o poço foi instalado com filtros afogados, o nível d'água não deve ficar abaixo do topo do filtro.

De acordo com o conceito de purga a baixa vazão a água estagnada contida no interior do poço possui características físico-químicas diferentes da água do aquífero e o momento em que o poço começa a produzir água representativa do aquífero é denotado pelo equilíbrio dos valores dos parâmetros físico químicos: pH, Eh, CE e OD, medidos continuamente no interior do poço ou através de células de fluxo.

Quando o nível d'água estiver estabilizado e for registrado o equilíbrio dos parâmetros físico químicos em três leituras consecutivas, o poço pode ser considerado purgado e a amostra pode ser coletada.

A coleta da amostra de água deve ser realizada imediatamente após concluído o purga e deve ser coletado o volume necessário de amostra em uma única vez, amostras compostas obtidas por acúmulo de várias amostras coletadas em períodos de tempo diferentes, não são adequadas.

Segundo os defensores deste método o volume de água extraída com o equilíbrio dos parâmetros é muito menor que o extraído na purga convencional, no entanto as Tabelas comparativas apresentadas na literatura até o momento não são consistentes e não condizem com a realidade brasileira.

No Brasil volumes de purga pelo método de volume determinado ou convencional variam entre 12 - 15 litros em poços de monitoramento de 2 polegadas, penetrando 2 metros no meio saturado, enquanto a literatura cita volumes de purga da ordem de 188 litros por poço.

Na Figura a seguir, bastante difundida no Brasil, o volume de purga indicado na coluna "Three Well Volume" equivale a 187 litros por poço, que corresponde para poço de monitoramento de 2 polegadas, a coluna filtrante da ordem de 31 metros. O valor indicado na coluna "Low Flow Purging" é muito superior aos valores da purga de 3 volumes, realizada normalmente no Brasil.

(From Schilling, 1995)

	Low-flow Purging	Three Well Volumes
Purging Analysis:		
Total Purge Volume (15 wells)	232 liters	2,816 liters
Average Volume Purged	15.5 liters	188 liters
Average Pumping Rate	1.2 lpm	8-19 lpm
Average Purging Time per Well	13 minutes	50 minutes
Total Purging Time (15 wells)	3.25 hours	12.5 hours
Economic Analysis (in US Dollars):		
Time for Purging Wells (a)	\$500	\$1,875
Disposal costs (b)	\$1,300	\$3,750
Cost per Sampling Event	\$1,800	\$5,625
Annual Sampling Costs (quarterly sampling)	\$7,200	\$22,500
Sampling costs for 30 years	\$216,000	\$675,000

FIGURA 4.1.2.1 – VOLUMES COMPARATIVOS DE PURGA

4.1.3 Purga com base nos parâmetros hidráulicos

Procedimento de purga que combina as informações do projeto e características do poço de monitoramento com as características hidráulicas do meio saturado penetrado pelo poço, Transmissividade e Condutividade Hidráulica, calculadas com base em Testes de Bombeamento ou "Slug Tests". Este último de mais fácil realização em poços de monitoramento, por não gerar água contaminada durante sua realização.

A partir destas informações é possível determinar com base em "Curvas Tipo" em gráficos preparados especificamente para este fim, o tempo de purga necessário para obtenção de amostra representativa do aquífero. Dois tipos de gráficos são aplicados:

- porcentagem de água extraída para determinados diâmetros de revestimento;
- porcentagem de água extraída para determinados valores de transmissividade;

A aplicação do procedimento de purga com base nas características hidráulicas não é aplicado no Brasil, no entanto os gráficos da Figura 4.1.3.1 indicam que em meios de baixa condutividade hidráulica a extração de 3 (três) volumes é suficiente, para meios de alta condutividade hidráulica devem ser extraídos cerca de 5 (cinco) volumes.

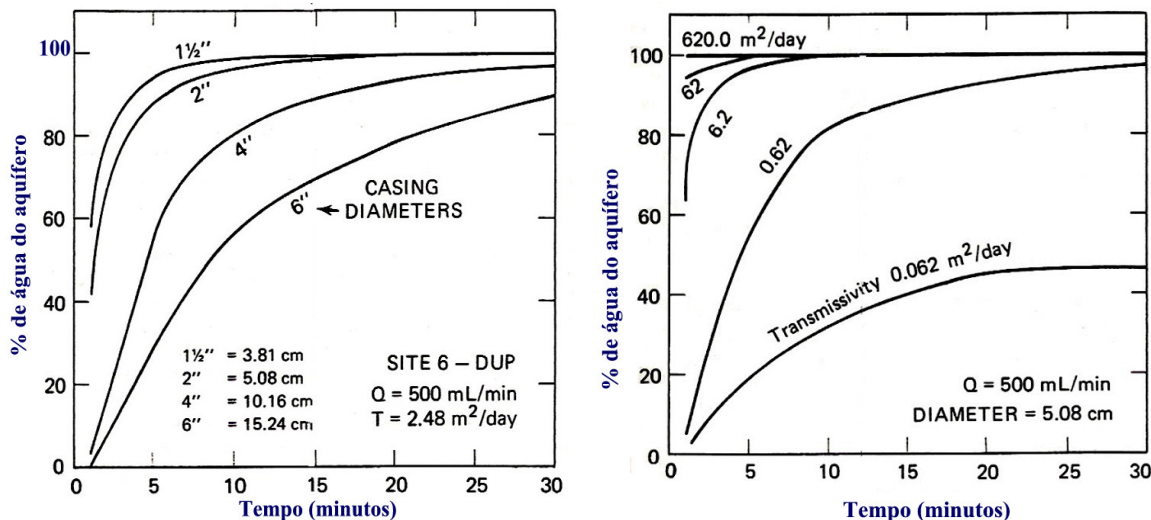


FIGURA 4.1.3.1 – PURGA COM BASE NOS PARÂMETROS HIDRÁULICOS

4.1.4 Purga em meio de baixa condutividade hidráulica

Os meios de baixa condutividade hidráulica ($K = < 10^{-4}$ cm/seg) se caracterizam pelo rápido rebaixamento e lenta recuperação no nível d'água, em resposta as ações de extração da água contida em seu interior. Nestes poços a obtenção do equilíbrio hidráulico visando manter pequeno rebaixamento do nível d'água para minimizar os distúrbios originados no interior do poço, conforme discutido no item 6, é dificultado devido à baixa vazão a ser aplicada, inferiores a 100 mL/min.

Ao contrário da purga de poços instalados em meios saturados de média a alta condutividade hidráulica ($K = > 10^{-4}$ cm/seg), os estudos para os meios com lenta recuperação do nível d'água, apesar de serem os mais comuns, tem recebido pouca atenção dos pesquisadores e são escassos.

Para os meios de baixa condutividade hidráulica, sugestões de vários autores são enumeradas a seguir:

- 1 – amostragem com purga mínima ou micropurga;
- 2 – amostragem sem purga;
- 3 – esgotar o poço e aguardar a recuperação do nível d'água a sua posição original;
- 4 – esgotar o poço e coletar a amostra antes da recuperação total do nível d'água;
- 5 – purgar o poço pelo procedimento do volume determinado e coletar a amostra no dia seguinte;

Das cinco sugestões acima, apenas as duas primeiras são tecnicamente viáveis para serem aplicadas: amostragem com purga mínima ou sem purga. A primeira aplicável quando não foi possível realizar a amostragem com vazão igual ou superior a 100 ml/min e nível d'água estabilizado com rebaixamento máximo de 25 cm e a última, de aplicação restrita aos objetivos do estudo.

4.1.4.1 Purga mínima ou micropurga

A purga mínima consiste na extração da água contida no interior da porção filtrante superior do poço de monitoramento, eliminando volume inicial extraído correspondente à capacidade do equipamento de amostragem e mangueiras, quando utilizadas. Este procedimento visa adequar e equilibrar o equipamento de amostragem com a água contida no poço. Antes da coleta e ao final da coleta da amostra devem ser medidas a turbidez e os parâmetros físico-químicos: pH, ORP, CE e OD. Durante a purga mínima devemos evitar o excessivo rebaixamento e o esgotamento do poço. A vazão deverá ser igual ou inferior a 100 ml/min.

No caso do uso de bailer descartar a primeira amostra e coletar a segunda tomando o cuidado de manter intervalo de tempo adequado entre as duas extrações, para evitar o rebaixamento excessivo. Em poços de monitoramento revestidos em 2 polegadas e adequadamente construídos e desenvolvidos, cada extração com bailer ocasiona rebaixamento entre 15 – 25 cm.

4.1.5 Amostragem sem purga

Apesar de procedimento ainda controverso, os defensores da amostragem sem purga baseiam-se nos distúrbios originados no interior do poço, conforme discutido no item 4, para justificarem sua adoção.

No entanto concordam que a água obtida na amostragem poderá estar misturada com a água estagnada e conseqüentemente não será representativa do aquífero quando o filtro do poço de monitoramento está afogado, ou seja, seu topo está abaixo do nível d'água local.

Quando os poços de monitoramento são instalados com filtro não afogado, ou seja, a coluna filtrante se estende no horizonte não saturado, não há a formação da zona de estagnação, portanto a amostragem sem purga pode ser efetivamente aplicada.

A aplicação da amostragem sem purga é sugerida quando: o aquífero é livre, contaminado por hidrocarbonetos sem presença de fase livre, sites que possuem histórico de amostragem pelos métodos de purga por volume determinado (convencional) ou a baixa vazão.

Em situações críticas como: encerramento de área, confirmação de informações e litígios, a aplicação da amostragem sem purga ainda não é recomendada.

4.1.6 Amostragem passiva

Amostragem passiva é entendida como o procedimento para coleta de amostra de água de determinado intervalo do meio saturado sem induzir ações de transporte por bombeamento ou técnicas de purga.

Em todas as tecnologias de amostragem passiva o equipamento de amostragem fica exposto ao meio para atingir equilíbrio com a água subterrânea do interior do poço de monitoramento no decorrer do tempo de amostragem, ou seja, espera-se que a água do poço mantenha equilíbrio natural com o amostrador utilizado.

As amostras de água são coletadas em pontos determinados (point samples). A integração espacial, se presente, é o resultado do fluxo natural do meio amostrado.

A amostragem passiva é classificada com base em seus mecanismos de amostragem e natureza da amostra coletada, como a seguir descrito:

1. *a amostra é a representação instantânea das condições do ponto amostrado no momento de sua extração;*
2. procedimento que promove a difusão dos analitos para o amostradores visando atingir e manter equilíbrio com o meio amostrado. Tipicamente, as condições adquiridas durante os últimos dias da manutenção do amostrador no interior do poço são representadas;
3. dispositivos que promovem a difusão e a sorção para acumular analitos no amostrador. As amostras são uma representação integrada no tempo das circunstâncias no ponto da amostragem sobre o período total da coleta;

Algumas das tecnologias de amostragem passiva já podem ser consideradas como relativamente desenvolvidas e são aceitas para aplicações apropriadas por agências ambientais em algumas regiões e estados americanos. Não é ainda considerada como tecnologia inovativa e ainda não foi gerada política específica incentivando seu uso, pelos organismos oficiais.

5 - COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

A coleta da amostra de água subterrânea envolve as operações de purga do poço de monitoramento e a retirada da amostra a ser enviada ao laboratório. Deve ser realizada por profissional qualificado e treinado para a atividade, que: deve planejar adequadamente a campanha, checar todos os procedimentos que serão adotados e ter à mão o plano de amostragem.

Definido o procedimento de purga a ser empregado deve ser determinado o ponto de coleta da amostra de água subterrânea, interior ou topo da coluna filtrante e o equipamento a ser

utilizado. Quando possível o mesmo equipamento utilizado para purga deve ser utilizado para a extração da amostra de água subterrânea.

O uso de equipamentos, materiais e acessórios descartáveis é altamente recomendável, seu uso evita o risco de contaminação cruzada, inferem maior segurança a amostragem, minimizam as operações de descontaminação a serem realizadas no campo e minimizam a realização de brancos de equipamento.

Quando se utiliza equipamento não descartável é necessária sua descontaminação a cada coleta de amostra. Quando a adequada descontaminação dos equipamentos torna-se difícil em decorrência de características particulares do site é recomendável utilizar diferentes equipamentos para purga e amostragem, nestes casos pode-se utilizar bomba para purga e equipamento descartável, como o Bailer, por exemplo, para amostragem.

Como premissa, o roteiro de amostragem deve ser previamente definido e desenvolvido com o início da amostragem a partir do poço de menor concentração de contaminantes seguindo gradativamente para finalizar no poço de maior concentração de contaminantes.

Se fase livre for detectada, a espessura do produto deve ser medida e amostra do produto em fase livre e da água imediatamente abaixo dela pode ser coletada e devidamente acondicionada.

Todos os procedimentos, ocorrências e desvios devem ser registrados na caderneta de campo. Caso não seja possível coletar amostra representativa da fase dissolvida devido à presença de fase livre, relatar detalhadamente o motivo na caderneta de campo e registrar o fato no boletim de coleta.

Amostras de água coletadas para determinação de metais devem ser filtradas no campo, antes de serem transferidas para o frasco fornecido pelo laboratório. Deve-se utilizar filtro de preferência descartável com malha de 0,45 micras.

5.1 Equipamentos para amostragem com purga

Vários tipos de equipamentos são disponíveis para purga e amostragem, todos sem exceção apresentam vantagens e desvantagens que devem ser avaliadas com base nos objetivos e estágio do estudo que está sendo realizado, custos envolvidos no projeto, contaminantes a serem pesquisados, nível de contaminação do site, sem contudo influenciar na qualidade do estudo realizado.

A escolha do equipamento adequado para a coleta da amostra de água subterrânea é particularmente importante porque o processamento das análises químicas em laboratório é a parte mais dispendiosa do projeto de caracterização de passivo ambiental.

Dentre os equipamentos disponíveis para purga e amostragem destacam-se basicamente três categorias: Manuais, de Sucção e de Deslocamento Positivo.

Apesar da grande diversidade de equipamentos de purga e amostragem citados na literatura, neste curso vamos abordar apenas aqueles que estão disponíveis no mercado e são tradicionalmente utilizados no Brasil.

5.1.1 – Equipamentos manuais

São equipamentos de operação simples e baixo custo, a categoria é representada pelos amostradores permanentes e descartáveis, denominados universalmente como Bailer e que compõe o grupo denominado como “amostradores por captura”. São constituídos por tubos flexíveis ou rígidos de diversos materiais, dos quais se destacam: PVC, PTFE, Polietileno e Aço Inoxidável, com válvula de retenção em sua base. O Bailer Descartável de Polietileno é o mais popularmente utilizado em todo o mundo e também o mais comentado na literatura internacional. Sua principal vantagem esta condicionada ao baixo custo e ao fato de ser descartável. No mercado são encontrados vários tipos: o leve, o pesado, o pressurizado, o de dupla válvula e o minibailer, cada qual com suas características e para aplicações específicas (FIGURA 5.1.1.1). O pesado, por motivos anteriormente discutidos, não são indicados para purga e amostragem de água subterrânea.



FIGURA 5.1.1.1 – AMOSTRADORES DESCARTÁVEIS E PERMANENTES (BAILERS)

O Bailer é citado por alguns autores e por várias décadas como o causador dos distúrbios hidráulicos originados no interior do poço durante a purga. No entanto este fator não está devidamente esclarecido e até o momento não existe nenhuma ação determinante que não autorize seu uso, apenas ações isoladas de algumas agências ambientais sugerindo que não devem ser utilizados para operações de purga, nenhuma restrição é feita ao seu uso como equipamento para amostragem. No entanto para os meios de baixa condutividade hidráulica seu uso é recomendado para purga e amostragem (DEP, 2002).

Como sua utilização correta não promove agitação no interior do poço, a principal crítica a seu uso é infundada. O Bailer Descartável de Polietileno possui as características de não afundar no interior da coluna de água do poço, ou seja eles flutuam e seu bocal superior fica fora da água (FIGURA 5.1.2.2 a). A única forma de promover a agitação no interior do poço com o Bailer Descartável de Polietileno é sua agitação pelo operador depois dele totalmente preenchido com água, o que caracteriza operação irregular. A velocidade de sua descida no interior da coluna d'água é exercida unicamente pelo seu peso próprio e é extremamente lenta.

O deslocamento de água no interior do poço, durante sua descida, por ser exercido apenas pelo volume das paredes do bailer é insignificante.

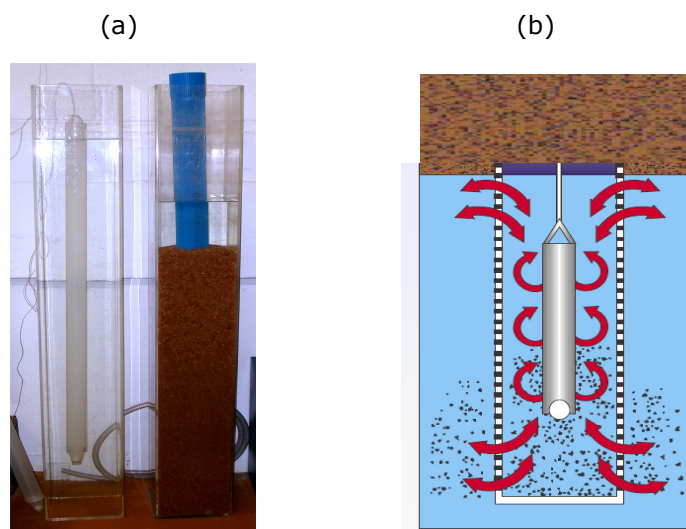


FIGURA 5.1.1.2 – BAILER BOIANDO DEPOIS DE PREENCHIDO

Amostradores de PTFE podem ser descartáveis ou permanentes, porém seu custo é muito superior ao do Bailer Descartável de Polietileno. Amostradores de Policarbonato com válvula de VITON são reutilizáveis, pesados e adequados para coleta de fase livre e amostradores de aço

inoxidável são também reutilizáveis, pesados e indicados apenas para coleta de amostra para análise bacteriológica.

Para a purga e coleta da amostra de água subterrânea com o Bailer Descartável de Polietileno deve-se observar os seguintes cuidados:

- 1 - movimentar lentamente o bailer no interior do poço, sua introdução e retirada devem ser feitas com cuidado evitando agitação da amostra;
- 2 - ao atingir o N.A. deixar o bailer livre, ele irá descer através de seu peso próprio e quando cheio irá boiar como mostrado na FIGURA 5.1.1.2 (a), a amostra entra pela parte inferior do amostrador e não pela superior;
- 3 - não deve ser feito movimento de "sobe / desce" ou "vai e vem" com o bailer no interior do poço. Para o seu preenchimento não é necessária esta movimentação, pelo contrário à movimentação de sobe e desce como mostrado na FIGURA 5.1.1.2 (b) somente é possível de ser realizada com o bailer já preenchido e apenas causa agitação no interior do poço;
- 4 - o bailer não deve manter contato com o fundo do poço, evitando assim causar a movimentação de sedimentos eventualmente depositados no fundo, isto pode ocorrer quando a coluna de água é inferior ao comprimento do bailer;
- 5 - medir pH, Eh, CE e OD antes do início da purga e após a coleta da amostra. Tome cuidado para minimizar a agitação, no caso da introdução do sensor de OD ou multiparamétrico no interior do poço;
- 6 - se for mantido o tempo de 2 minutos para descida e recolhimento do bailer durante o procedimento de purga, esta será realizada a vazão de aproximadamente 500 mL/min, vazão recomendada para uma amostragem segura e rigorosa;
- 7 - controlar o rebaixamento do nível d'água durante a purga, ele não deve ser superior a 10% do comprimento da coluna filtrante do poço e seu limite máximo não deve exceder a 25 cm. Se o poço foi instalado com filtro afogado o nível d'água não deve ficar abaixo do topo do filtro.
- 8 - medir o volume de água purgada visando atender os requisitos do plano de amostragem ou dos órgãos ambientais;
- 9 - a amostra deve ser transferida diretamente do bailer para o recipiente apropriado de armazenamento, drenando a água a partir da sua base com as agulhas de drenagem adequadas a cada tipo de contaminante;

- 10 – na drenagem da amostra do bailer manter a agulha de drenagem encostada na parede interior do frasco, para minimizar a agitação;
- 11 - a água deve extravasar o recipiente, escorrendo levemente por suas paredes, porém evitando a perda de preservante, como procedimento para evitar a formação de bolhas no interior da amostra;
- 12 - após transferir cuidadosamente a amostra para o recipiente, a água deve ocupar todo o volume do recipiente (ele deve ficar cheio até a boca), tampá-lo hermeticamente e verificar a possível formação de bolhas de ar, movimentando o frasco com cuidado e visualizando em várias posições a possível presença de bolhas. Caso notada a presença de bolhas de ar, descartar a amostra e repetir o procedimento de coleta.

5.1.2 – Equipamentos de sucção

São equipamentos de operação simples e custo variando de médio a alto, esta categoria é representada pelas Bombas Peristálticas e Centrífugas. São bombas que ficam posicionadas na superfície e exercem pressão inferior à atmosférica no ponto de captura da água no interior do poço, criando assim o efeito de sucção. Podem ser aplicadas apenas quando a profundidade do nível d'água é inferior a 6 metros e em poços com diâmetro superior a 1 polegada.

As bombas peristálticas são largamente utilizadas para purga e amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento, a água bombeada não tem contato com seu corpo e apenas as mangueiras de sucção devem ser descontaminadas após a amostragem, caso não sejam utilizadas mangueiras descartáveis. Devido sua concepção podem ser operadas a rotação variável permitindo a regulação da vazão, podendo ainda ser utilizadas tanto para procedimento de coleta com purga de volume determinado ou purga com controle dos parâmetros físico químicos. Para operação da bomba peristáltica é necessária fonte de energia de 12, 110 ou 220 Volts e para a maioria das bombas ela é externa.

Bombas centrífugas são pouco utilizadas e não recomendadas, elas possuem alta vazão e seu corpo mantém contato com a água bombeada dificultando a aplicação dos procedimentos de descontaminação. Utilizam fonte de energia de 110 ou 220 Volts.

Para o purga e coleta da amostra de água subterrânea com a Bomba Peristáltica devem ser observados os seguintes cuidados:



FIGURA 5.1.2.1 – BOMBA PERISTÁTICA

- 1 - movimentar lentamente a mangueira de sucção no interior do poço, sua introdução e retirada deve ser feita com cuidado evitando agitação no interior do poço;
- 2 - ao atingir o N.A. posicionar a sucção no interior da coluna de filtros, no ponto determinado para amostragem;
- 3 - ligar a bomba e ajustar sua rotação para obter vazão adequada ao procedimento de purga e amostragem adotado, operar a bomba de forma contínua durante toda a operação de amostragem;
- 4 - a mangueira de sucção não deve manter contato com o fundo do poço, evitando assim a movimentação de sedimentos depositados no fundo, isto pode ocorrer quando a penetração do poço de monitoramento no aquífero é muito pequena;
- 5 - caso a purga seja feita com controle dos parâmetros físico-químicos conectar a mangueira de descarga na célula de fluxo, caso contrário quantificar o volume de água purgada de acordo com o plano de amostragem e medir o pH, Eh, CE e OD, no início da purga e após a coleta da amostra;
- 6 - controlar a vazão de purga mantendo-a entre 100 e 500 ml/min e o rebaixamento que não deve exceder 10% do comprimento da coluna filtrante ou 25 cm. A amostra deve ser coletada com o nível d'água e os valores dos parâmetros físico químicos estabilizados;
- 7 - após completado o purga a amostra deve ser transferida diretamente para o recipiente apropriado de armazenamento fornecido pelo laboratório, descarregando a água que saí pela ponta da mangueira, tomando cuidado para não promover agitação no seu interior;

- 8 - a água deve extravasar o recipiente, escorrendo levemente por suas paredes, porém evitando a perda de preservante, como procedimento para evitar a formação de bolhas no interior da amostra;
- 9 - após transferir cuidadosamente a amostra para o recipiente, a água deve ocupar todo o volume do recipiente (ele deve ficar cheio até a boca), tampá-lo hermeticamente e verificar a possível formação de bolhas de ar, movimentando o frasco com cuidado e visualizando em várias posições a possível presença de bolhas. Caso notada a presença de bolhas de ar, descartar a amostra e repetir o procedimento de coleta.

5.1.3 – Equipamentos de deslocamento positivo

São equipamentos de operação mais cuidadosa que os anteriores e custo variando de médio a alto, esta categoria é representada pelas Bombas Submersas Elétricas e as Bombas Pneumáticas de Bexiga. Estas bombas são colocadas no interior do poço de monitoramento abaixo do nível d'água e por deslocamento positivo, exercido sob pressão, elevam a água até a superfície.

Bombas Submersas Elétricas

Bombas submersas elétricas estão divididas em duas categorias: Bombas Elétricas de Corrente Alternada – Bomba RediFlo 2 ou MP1 e de Corrente Contínua – Bombas Submersas de 12 Volts do tipo Whale, Twist, Tifon e HSPurge.

A Bomba Grundfos modelo RediFlo 2 ou MP1 é submersa, pode ser utilizada em poços com diâmetro acima de 2 polegadas e foi desenvolvida especificamente para purga e amostragem de água subterrânea. São bombas de alta performance, operam a profundidade do nível d'água de até 80 metros e possuem controlador de frequência que permite o ajuste da vazão de extração. Para operação destas bombas é necessário a disponibilidade de fonte de energia, em corrente alternada ou gerador e controlador de frequência para regulagem da vazão.

As Bombas Submersas de 12 Volts são bombas de baixo custo que podem ser utilizadas em poços com diâmetro acima de 2 polegadas e desenvolvidas especificamente para purga e amostragem. São bombas que operam a vazão máxima da ordem de 8 litros/min e quando operadas com controlador de frequência sua rotação pode ser adequada para realização da purga e amostragem a baixa vazão, com vazão da ordem de 100 a 500 mL/min. Sua arquitetura permite a montagem das bombas em série, ampliando sua capacidade de elevação da coluna d'água. Uma bomba permite bombeamento com profundidade do nível d'água de aproximadamente 7 - 8 metros, enquanto conjuntos de 2, 3 ou 4 bombas ligadas em série permitem a purga e amostragem com nível d'água a profundidade aproximada de 12-14,

16-20 e 22-24 metros, respectivamente. Para sua operação é necessário à disponibilidade de bateria de 12 Volts com amperagem adequada para cada modelo de bomba, pode ser utilizada a bateria do carro para sua operação e controlador de frequência para regulagem da vazão.

As bombas elétricas de forma geral elevam a coluna de água através da transferência da energia de rotação do motor elétrico para um impeller ou rotor, que fica totalmente imerso na massa de água que entra no ponto de captação da bomba.



FIGURA 5.1.3.1 – BOMBAS SUBMERSAS ELÉTRICAS

Para a purga e coleta da amostra de água subterrânea com Bomba Submersa Elétrica deve-se observar os seguintes cuidados:

- 1 - movimentar e posicionar cuidadosamente a bomba no interior do poço, sua introdução e retirada deve ser feita lentamente, evitando agitação da água no interior do poço;
- 2 - ao atingir o N.A. posicionar a sucção no interior da coluna de filtros, no ponto determinado para amostragem, mantendo coluna de água da ordem de 30 cm acima do crivo da bomba para impedir a cavitação;
- 3 - evitar o contato de bomba com o fundo do poço para não movimentar sedimentos depositados em seu fundo;
- 4 - ligar a bomba e ajustar a frequência para obter vazão adequada ao procedimento de purga e amostragem adotado, operar a bomba de forma contínua durante toda a operação de amostragem;

- 5 – caso a purga seja feita com controle dos parâmetros físico-químicos conectar a mangueira de descarga na célula de fluxo, caso contrário quantificar o volume de água purgada de acordo com o plano de amostragem e medir o pH, Eh, CE e OD, antes do início da purga e após a coleta da amostra;
- 6 – controlar a vazão de purga mantendo-a entre 100 e 500 ml/min e o rebaixamento que não deve exceder 25 cm. A amostra deve ser coletada com o nível d'água e os valores dos parâmetros físico químicos estabilizados;
- 7 – após completada a purga a amostra deve ser transferida diretamente para o recipiente apropriado de armazenamento fornecido pelo laboratório, descarregando a água que sai pela ponta da mangueira, tomando cuidado para não agitar a amostra no interior do frasco;
- 8 - a água deve extravasar o recipiente, escorrendo levemente por suas paredes, porém evitando a perda de preservante, como procedimento para evitar a formação de bolhas no interior da amostra.
- 9 - após transferir cuidadosamente a amostra para o recipiente, a água deve ocupar todo o volume do recipiente (ele deve ficar cheio até a boca), tampá-lo hermeticamente e verificar a possível formação de bolhas de ar, movimentando o frasco com cuidado e visualizando em várias posições a possível presença de bolhas. Caso notada a presença de bolhas de ar, descartar a amostra e repetir o procedimento de coleta.

Bombas Submersas Pneumáticas

As Bombas Submersas Pneumáticas podem ser aplicadas em praticamente qualquer profundidade do nível d'água, sendo sua operação mais simplificada para operação a profundidade de até 50-60 metros. Esta categoria de bombas é representada pelas Bombas de Bexiga Dedicada e Portátil.

Ambas operam pela compressão e descompressão da bexiga existente no interior da bomba, através da injeção de ar, em regime cíclico e contínuo.

São largamente utilizadas para purga e amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento. A água bombeada não mantém contato com o ar utilizado na sua operação.

Nas Bombas de Bexiga Portáteis as bexigas utilizadas de maneira geral são de Polietileno ou PTFE e são descartáveis. As mangueiras de sucção de água, caso não sejam utilizadas mangueiras descartáveis e a válvula de sucção da bomba devem ser descontaminadas após a operação de purga e amostragem. Para as Bombas de Bexiga Dedicadas a bexiga é permanente e geralmente confeccionada em PTFE.

Devido sua concepção, são operadas a ciclos variáveis de injeção de ar, com conseqüente extração de água e de alívio de ar, com conseqüente entrada de água, permitindo desta forma a regulação da vazão, podem ainda ser utilizadas tanto para procedimento de coleta com purga com volume determinado ou purga com controle dos parâmetros físico químicos, está última mais adequada por teoricamente minimizar o volume de purga (FIGURA 5.1.3.1). Para operação da bomba é necessário: controladora pneumática para controle das funções de compressão e descompressão, fonte de energia de 12, 110 ou 220 Volts e fonte de ar (compressor ou cilindro).



FIGURA 5.1.3.2 – BOMBAS SUBMERSAS PNEUMÁTICAS (BEXIGA)

Para a purga e coleta da amostra de água subterrânea com as Bombas de Bexiga deve-se observar os seguintes cuidados:

- 1 - movimentar e posicionar cuidadosamente a bomba no interior do poço, sua introdução e retirada deve ser feita com cuidado visando evitar a agitação no interior do poço;
- 2 - ao atingir o N.A. posicionar a sucção da bomba no interior da coluna de filtros, no ponto determinado para amostragem, visando atender os objetivos do plano de amostragem;
- 3 - a bomba não deve manter contato com o fundo do poço, evitando assim a movimentação de sedimentos depositados no fundo, isto pode ocorrer quando a penetração do poço de monitoramento no meio saturado é muito pequena;

- 4 – ajustar os tempos de carga e descarga com base nas características da bomba e hidráulicas do meio;
- 5 – ajustar a pressão de operação da bomba de acordo com a profundidade no nível d'água;
- 6 – ligar a bomba e reajustar seus ciclos de carga e descarga de ar até obter vazão e rebaixamento adequados ao procedimento de purga e amostragem adotado, operar a bomba de forma contínua durante toda a operação de purga e amostragem;
- 7 – caso a purga seja feita com controle dos parâmetros físico-químicos conectar a mangueira de descarga na célula de fluxo;
- 8 – controlar a vazão de purga mantendo-a entre 100 e 500 ml/min, o rebaixamento do nível d'água não deve exceder 10% da extensão da coluna filtrante ou 25 cm. A amostra deve ser coletada com o nível d'água e os valores dos parâmetros físico-químicos estabilizados;
- 9 – após completada a purga a amostra deve ser transferida diretamente para o recipiente apropriado de armazenamento fornecido pelo laboratório, descarregando a água que saí pela ponta da mangueira;
- 10 - a água deve extravasar o recipiente, escorrendo levemente por suas paredes, porém evitando a perda de preservante, como procedimento para evitar a formação de bolhas no interior da amostra.
- 11 - após transferir cuidadosamente a amostra para o recipiente, a água deve ocupar todo o volume do recipiente (ele deve ficar cheio até a boca), tampá-lo hermeticamente e verificar a possível formação de bolhas de ar, movimentando o frasco com cuidado e visualizando em várias posições a possível presença de bolhas. Caso notada a presença de bolhas de ar descartar a amostra e repetir o procedimento de coleta.

5.2 Equipamentos para Amostragem sem Purga

Teoricamente a amostragem sem purga pode ser feita com qualquer dos equipamentos citados para o procedimento de amostragem com purga, adotando-se os mesmos procedimentos e medindo os parâmetros físico-químicos - pH, Eh, CE e OD - antes do início da purga e após a coleta da amostra.

Na amostragem sem purga os mesmos cuidados e limitações da operação dos equipamentos para amostragem com purga, devem ser adotados. Devemos ter o cuidado de eliminar o

primeiro volume de água, aquele que mantém contato com o equipamento, eliminando o volume correspondente ao do equipamento utilizado antes de realizar a coleta.

5.3 Equipamentos para Amostragem Passiva

Equipamentos para amostragem passiva, também identificados no mercado como equipamentos para amostragem sem purga. A amostragem passiva refere-se a método de amostragem alternativo a amostragem com purga de volume determinado ou com controle de parâmetros físico-químicos.

A amostragem passiva difere da amostragem sem purga pelo fato da coleta da amostra não ser feita no momento da introdução do amostrador passivo no poço de monitoramento. Para a amostragem passiva o amostrador permanece no interior do poço por determinado período de tempo, entre 1 e 45 dias, dependendo do tipo de amostragem e amostrador utilizado.

Quando a aplicação de amostragem passiva é apropriada, às vantagens indicadas são: melhor caracterização tridimensional da distribuição dos contaminantes na zona filtrante, inexistente volume de água de purga, redução do volume de trabalho durante a amostragem, redução dos equipamentos de campo, obtenção de amostra representativa e aplicação para a coleta de qualquer tipo de contaminante.

Ainda permanece em operação experimental, não há conclusão de sua eficácia e representatividade. Em fevereiro de 2007 foi publicado o primeiro procedimento para sua aplicação (ITRC, 2007).

Com base no seu mecanismo de amostragem e natureza da amostra coletada, eram disponíveis no mercado até 2007, 12 tipos de equipamentos, classificados como:

1. Dispositivos cujo princípio é semelhante ao do Bailer. A amostra é a representação instantânea das condições do ponto amostrado no momento de sua extração.

- HydraSleeve™ Samplers
- Snap Sampler™

2. Dispositivos que promovem a difusão dos analitos.

- Polyethylene Diffusion Bag Samplers (PDBs)
- Regenerated-Cellulose Dialysis Membrane Samplers
- Nylon-Screen Passive Diffusion Samplers (NSPDS)
- Passive Vapor Diffusion Samplers (PVDs)
- Peeper Samplers
- Rigid Porous Polyethylene Samplers (RPPS)

3. Dispositivos que promovem a difusão e a sorção para acumular analitos no amostrador

- Semi-Permeable Membrane Devices (SPMDs)
- GORE™ Sorber Module
- Polar Organic Chemical Integrative Samplers (POCIS)
- Passive In-Situ Concentration Extraction Sampler (PISCES)

Dentre os métodos de amostragem passiva atualmente em aplicação destacam-se: o Passive Diffusion Bag – PDB, o Snap Sampler e o HydraSleeve.



FIGURA 5.3.1 – AMOSTRADORES PASSIVOS

Passive Diffusion Bag – PDB

O Passive Diffusion Bag é um amostrador por difusão utilizado para amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento. Para sua utilização enche-se o amostrador com água deionizada, instala-se um ou mais amostradores nas zonas de interesse no interior da coluna de filtros do poço e mantém-se o amostrador no poço por 30 – 45 dias para coletar a amostra. A membrana semipermeável de Polietileno de Baixa Densidade (LDPE) retém a água deionizada e permite a transmissão de alguns compostos orgânicos voláteis (VOC) para o interior do amostrador. Para transferência da amostra para o recipiente de coleta apenas fure o amostrador e deixe a água drenar para o interior do frasco.

O Passive Diffusion Bag possui uma série de limitações, das quais se destacam: não pode ser utilizado para amostragem de alguns VOC como, Acetona e MTBE, metais, pesticidas e a maioria dos semivoláteis, é adequado para amostragem estratificada, porém para sua aplicação é necessário identificar as zonas permeáveis previamente. Flutuações do N.A. podem alterar os resultados.

HydraSleeve

Para amostragem com o HydraSleeve o amostrador lacrado é introduzido no interior do poço de monitoramento. Após colocado o amostrador no intervalo selecionado deve ser aguardado o seu equilíbrio com a água do poço. Durante período de equilíbrio de no mínimo 1 dia, o amostrador permanece fechado. Para coletar a amostra o dispositivo para abertura do amostrador é acionado, abrindo o amostrador enquanto ele é elevado lentamente para cima. Durante o movimento ascendente a válvula superior permanece aberta e permite entrada da água no seu interior. A elasticidade do amostrador permite a sua expansão como um balão. Retirado do poço a amostra pode ser transferida para os recipientes fornecidos pelo laboratório. O amostrador pode ser feito com qualquer diâmetro ou comprimento, visando acomodar volume variável de amostra ou atender requisitos específicos de diâmetro do poço a ser amostrado. Para a amostragem periódica o HydraSleeve pode ser deixado no interior do poço no intervalo filtrante selecionado por períodos indefinidos, entre eventos de amostragem.

Snap Sampler

Após a colocação do amostrador **Snap Sampler** no interior do poço é aguardado o seu equilíbrio com água do aquífero que flui através do poço com os contaminantes presentes, reduzindo o risco de perdas por sorção. Após o equilíbrio o dispositivo de abertura do bocal é ativado. Quando ativado, o disparador libera os tampões que selam o frasco.

A amostra penetra no frasco e o amostrador é selado novamente antes de ser retirado do poço. A amostra é enviada ao laboratório sem necessidade de transferência para outro recipiente, reduzindo a possibilidade de perda dos voláteis ou da reação com o ar durante transferência.

São disponíveis frascos compatíveis com equipamentos analíticos padrão dos laboratórios, 40 mililitros de vidro e de Polipropileno de 125 mililitros.

Quando volumes maiores são requeridos, frascos múltiplos podem ser alinhados em série como uma única linha ou em linhas múltiplas, com disparadores individuais ou múltiplos (dependendo dos objetivos da amostragem e do diâmetro do poço).

6 - FILTRAGEM EM CAMPO

A filtração da água subterrânea em campo, imediatamente após a coleta ainda é tema de discussão no meio técnico nacional e internacional. Porque filtrar e quando filtrar.

A amostra de água subterrânea deve ser filtrada visando à remoção dos sólidos em suspensão para: a determinação da fração de contaminantes dissolvidos, determinação da fração de material em suspensão, determinação dos constituintes contidos na fração sólida, possibilidade

de interferência nos equipamentos de laboratório e para determinação de parâmetros específicos de interesse.

A amostra de água subterrânea deve ser filtrada quando o objetivo da amostragem é a determinação de metais dissolvidos ou quando os contaminantes podem ser adsorvidos pelo material sólido em suspensão, como ocorre com: o PCB, Dioxinas e Furanos.

A presença de turbidez visualmente identificada na amostra de água subterrânea isoladamente não é motivo para sua filtração, mas indica a má qualidade do poço de monitoramento amostrado. Amostras coletadas para determinação de voláteis, semivoláteis e outros analitos que normalmente devem ser identificados em estudos de passivos ambientais não necessitam da filtração em campo.

Para filtração das amostras de água subterrânea podemos utilizar filtros em cápsulas descartáveis ou filtros reutilizáveis. Os filtros "in line" em cápsulas descartáveis de abertura 0,45 micras são práticos, seguros e de uso universal. Recipientes reutilizáveis de filtração estão disponíveis no mercado.

Para filtração em campo é necessária a aplicação de vácuo ou pressão, a filtração por gravidade é muito lenta. O uso de filtros de cápsulas descartáveis "in line" podem ser realizadas através da colocação do filtro na descarga da bomba, utilizando no caso a própria pressão de bombeamento para filtração ou então usando Amostrador (bailer) Descartável Pressurizado. Neste último caso é necessária aplicação de pressão com bomba manual.

No caso de amostragem com amostrador descartável (bailer) comum ou outro amostrador manual, a amostra pode ser filtrada através de recipientes reutilizáveis com papel filtro descartável.



FIGURA 6.1 – FILTRAGEM EM CAMPO

7 - ARMAZENAMENTO E CONSERVAÇÃO DAS AMOSTRAS

Os frascos fornecidos pelo laboratório para armazenamento das amostras em material apropriado para cada contaminante a ser pesquisado (Tabela Anexa) devem ser etiquetados, as anotações de campo devem ser feitas com tinta indelével e devem conter no mínimo as informações a seguir:

- nº da amostra e do poço amostrado;
- data e horário da coleta;
- nome do coletor;
- parâmetros a serem analisados;

As amostras devem ser adequadamente acondicionadas em caixas térmicas (coolers) e mantidas a temperatura da ordem de 4^o Celsius (2 - 6^o Celsius), protegendo-as da luz e minimizando os riscos de quebra ou perda de frascos. Deve ser observado o tempo de armazenamento da amostra para cada parâmetro a ser processado no laboratório.

O método de transporte a ser adotado deve ser avaliado cuidadosamente. Atualmente devido a diversas restrições para envio de amostras líquidas por via aérea, devem ser obtidas previamente as autorizações e licenças de transporte.

As caixas térmicas devem ser adequadamente etiquetadas e lacradas e enviadas ao laboratório acompanhadas do original da Cadeia de Custódia (Chain of Custody) e cópia do Boletim de Amostragem.

8 - CONTROLE DE QUALIDADE

8.1 Brancos

Em todo programa de amostragem deve ser prevista a realização de Brancos. Normalmente deve ser realizado o Branco de Campo, de Equipamento (também denominado como de Lavagem), Branco de Viagem e Branco de Temperatura. A quantidade de Brancos processados está diretamente relacionada ao nível de qualidade da campanha de amostragem. No mínimo 1 amostra/dia deve ser preparada.

O Branco de Campo compõe-se por amostra livre do analito mantida durante o período de trabalho nas condições de campo, No final da campanha é preservada e enviada ao laboratório junto com as demais.

O Branco de Equipamento tem como objetivo avaliar se os procedimentos de descontaminação dos equipamentos, entre os poços amostrados, foram efetivamente aplicados e se não aconteceu transporte de contaminantes entre os poços (contaminação cruzada). Para sua

preparação os equipamentos permanentes utilizados na amostragem devem ser enxaguados com água destilada ou deionizada e a amostra obtida deve ser adequadamente preservada e armazenada em frascos apropriados para processamento no laboratório para os contaminantes pesquisados.

Bancos de Viagem servem para avaliar a integridade dos procedimentos de manuseio, armazenamento e transporte das amostras. Eles são preparados no laboratório, frascos vedados com água destilada ou deionizada permanecem no interior da caixa térmica desde a saída do laboratório, durante o período de permanência no campo, retornando ao laboratório junto com as amostras coletadas para processamento dos mesmos contaminantes pesquisados.

Os Bancos de Temperatura também são enviados pelo laboratório e permanecem na caixa térmica para medição da Temperatura no retorno.

8.2 Amostra Duplicada

Como procedimento básico, em toda a campanha deve ser coletada pelo menos 1 (uma) amostra duplicada, o plano de amostragem deve prever essa coleta. No frasco de armazenamento é colocada amostra duplicada originada pelo particionamento de amostra conhecida em 2 (duas) alíquotas. Ao invés do número do poço de monitoramento amostrado, a amostra duplicada deve receber identificação fictícia de conhecimento exclusivo do responsável pela amostragem. As devidas anotações devem ser registradas na caderneta de campo e em hipótese alguma o laboratório poderá receber informações de identificação da amostra duplicada.

9 – RELATÓRIO DA CAMPANHA DE AMOSTRAGEM

Visando manter detalhado registro e completa documentação da campanha de amostragem, para cada amostra coletada deverá ser preenchido o Formulário de Coleta e o Formulário de Cadeia de Custódia (Chain of Custody).

Ao final dos trabalhos, mapa com a localização dos pontos amostrados e do roteiro adotado durante a amostragem deve ser arquivado junto com os formulários de coleta.

O Relatório da Campanha de Amostragem deve conter no mínimo, as seguintes informações:

- identificação da equipe de amostragem;
- objetivos da campanha de amostragem;
- identificação e qualificação do site amostrado;
- mapa de localização - do site, dos pontos amostrados e roteiro de amostragem;
- Data e hora da campanha de amostragem;

- Condições climáticas no período de amostragem;
- Dados dos poços, perfis técnico e construtivo;
- Situação dos poços amostrados – condições de limpeza dos entornos e dos poços, condições das tampas, etc.;
- Informações referentes aos poços – nível d'água, presença de fase livre;
- Dados referentes ao purga dos poços – tipo de equipamento, volumes purgeados, destino da água purgeada;
- Parâmetros físico-químicos registrados durante o purga e coleta das amostras – OD, pH, Eh, CE, Temperatura, Turbidez;
- Características visuais e odor das amostras antes e após o purga;
- Procedimentos e equipamentos utilizados para a coleta de amostra;
- Descontaminação dos equipamentos – critérios aplicados e desvios;
- Frascos de coleta, tipos e preservativos utilizados;
- Tratamento das amostras, filtragem em campo, brancos, outros;
- Ocorrências durante a amostragem - informações pertinentes relativas ao site e entornos, desvios dos procedimentos programados, quebra de equipamentos, etc.;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Appelo, C.A.J.; Postma, D. – Geochemistry, Groundwater and Pollution. A.A.Balkema Publishers. Rotherdam, Netherlands.1993.**
- Archfield, S.A., and LeBlanc, D.R., 2005 - Comparison of Diffusion- and Pumped-Sampling Methods to Monitor Volatile Organic Compounds in Groundwater, Massachusetts Military Reservation, Cape Cod, Massachusetts, July 1999– December 2002: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2005-5010, 53 p.**
- Barcelona, M.J., Gibb, J.P. Hellfrich J.A. and Garske, E.E. (1985) - Practical Guide for Ground-Water Sampling. U.S. Environmental Protection Agency, EPA/600/2-85/104, 169 pp.**
- Bottura, J.A. (2003) – Caracterização da Contaminação e Remediação de Solos e Águas Subterrâneas. Apostila do Curso de Especialização em Gestão Ambiental. CEPPE, UnG, São Paulo.**
- DEP (2002) - Standard Operating Procedures for Field Activities. FLORIDA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION. DEP-SOP-001/01. January, 2002**
- ITRC - Technology Overview of Passive Sampler Technologies. Interstate Technology & Regulatory Council. Diffusion Sampler Team, March 2006**
- ITRC - Protocol for Use of Five Passive Samplers to Sample for a Variety of Contaminants in Groundwater. Interstate Technology & Regulatory Council. Diffusion Sampler Team, February 2006**
- Izraeli, R.; Yeskis, D.; Collins, M. K.; Davies and Zavala, B. (1992) - GROUND WATER ISSUE PAPER: Monitoring Well Development Guidelines for Superfund Project Managers; U.S. Environmental Protection Agency, 4 pp.**
- Nielsen, D.M. – Practical Handbook of Ground-Water Monitoring. Lewis Publisher, INC. USA, 1991.**
- Nielsen, D.M., Nielsen, G.L. – Technical Guidance on Low-Flow Purging & Sampling and Minimum-Purge Sampling: Second Edition. Nielsen Environmental Field School, Galena, OH, 2002.**
- Nielsen, D.M. – Practical Handbook of Environmental Site Characterization and Ground-Water Monitoring. Taylor & Francis Group. Second Edition, 2005.**
- Schilling, K.E. – Low-Flow Purging Reduces Management of Contaminated Groundwater. Enviromental Protection. December 1995.**
- USACE (2005) – Results Report for the Demonstration of no-Purge Groundwater Sampling Devices at Former McClellan Air Force Base, California. U.S. Army Corps of Engineers, Omaha District, Air Force Center for Environmental Excellence And Air Force Real Property Agency October 2005.**
- USEPA (1995) – Ground Water Sampling - A Workshop Summary, Dallas, Texas, November 30-December 2, 1993; EPA/600/R- 94/205, 146 pp.**
- Yeskis, D. and Zavala, B. - Ground-Water Sampling Guidelines for Superfund and RCRA Project Managers.**

ANEXOS

.REGISTRO DE INFORMAÇÕES DE COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA

LOCALIZAÇÃO: DATA: N° DO PM:
 MOTIVO DA AMOSTRAGEM: [] REGULAR [] OUTRO (citar).....
 COLETOR: HORA:
 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS: TEMP.: °C

CONDIÇÕES DO POÇO DE MONITORAMENTO AMOSTRADO:

SITUAÇÃO DO REVESTIMENTO:
 SITUAÇÃO GERAL DO P.M.:

DEFICIÊNCIAS QUE PRECISAM SER REPARADAS:

PROCEDIMENTOS DE CAMPO:

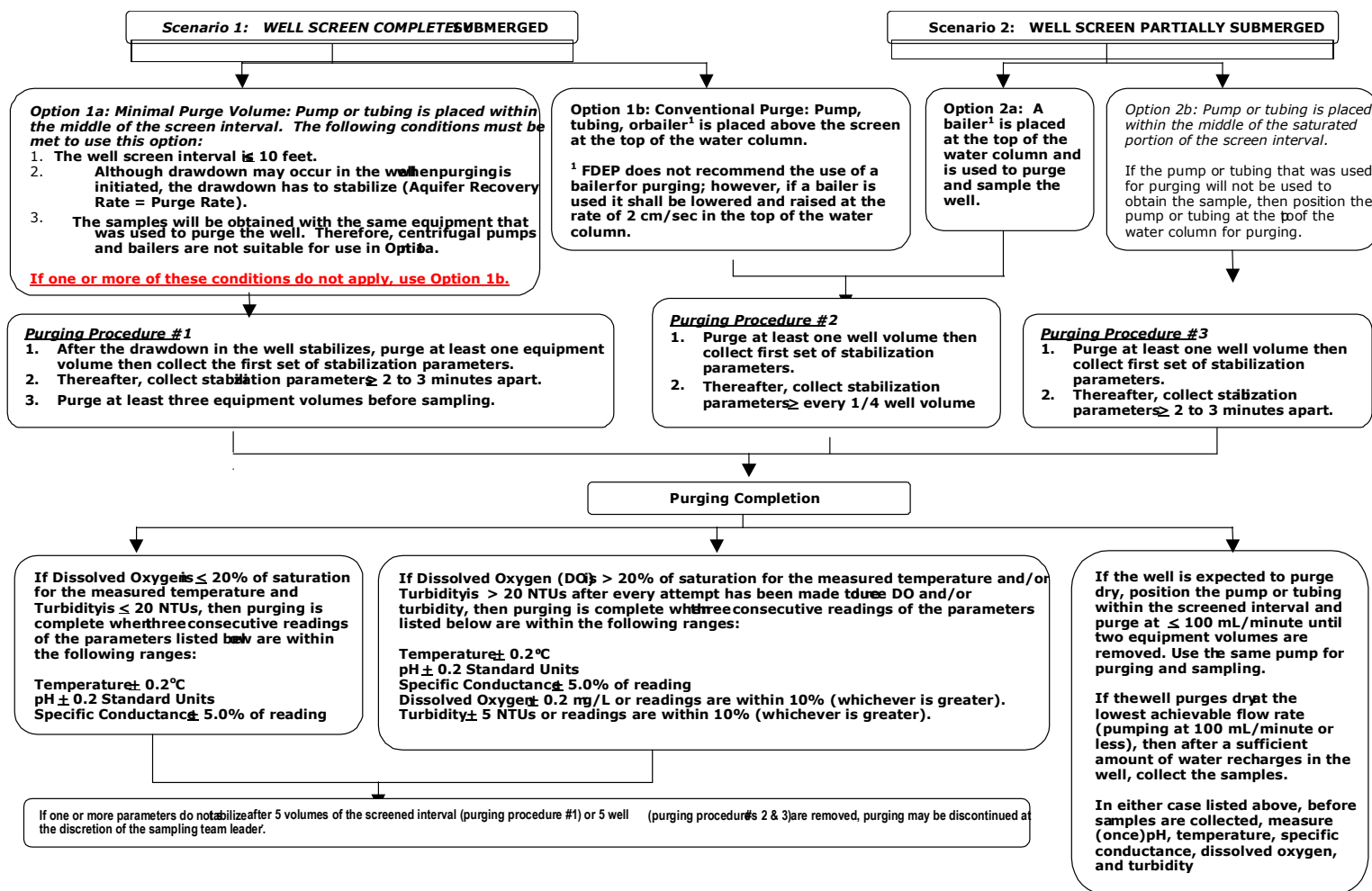
- 1 - EQUIPAMENTOS E MATERIAIS LIMPOS COM:
- 2 - FASE LIVRE: ..[] NÃO [] SIM ...PROF.:ESPESSURA:
 CARACTERÍSTICA:EQUIPAMENTO:
- 3 - NÍVEL D'ÁGUA: PROF.: EQUIPAMENTO:
- 4 - CONDIÇÕES E APARÊNCIA DA ÁGUA E FASE LIVRE ANTES DO PURGA:
 - ÁGUA - ODOR:TURBIDES:CÔR:
 - FASE LIVRE - ODOR:TURBIDES:CÔR:
- 5 - PURGA: MÉTODO:VOL. EXTRAÍDO:
- 6 - MÉTODO DE COLETA DA AMOSTRA:.....
- 7 - CONDIÇÕES E APARÊNCIA DA ÁGUA COLETADA:
 - ODOR:TURBIDES:CÔR:
- 8 - MEDIÇÕES "IN SITU": antes e após a coleta - antes / depois
 TEMP.:/..... pH:/..... CE:/.....
 O.D.:/..... Eh:...../..... TDS:/.....
 Turbidez:/..... Outros:/.....
- 9 - TRATAMENTO "IN SITU": - FILTRAÇÃO [] SIM [] NÃO
- TIPO DE FILTRO:.....
- PRESERVATIVOS UTILIZADOS:
- 10 - ARMAZENAMENTO DA AMOSTRA PARA TRANSPORTE:
 MATERIAL: N°: VOL.:
 CONSERVANTE:TIPO:
- 11 - OUTROS COMENTÁRIOS:

Responsáveis:

Nome e assinatura
Coleta

Nome e assinatura
Amostragem

DEP-SOP-001/01
FS 2200 Groundwater Sampling
Figure FS 2200-2 Groundwater Purging Procedure



**Form FD 9000-24 - GROUNDWATER SAMPLING LOG**

SITE NAME:		SITE LOCATION:	
WELL NO:	SAMPLE ID:	DATE:	

10 PURGING DATA

WELL DIAMETER (inches):	TUBING DIAMETER (inches):	WELL SCREEN INTERVAL DEPTH: feet to feet	STATIC DEPTH TO WATER (feet):	PURGE PUMP TYPE OR BAILER:							
WELL VOLUME PURGE: 1 WELL VOLUME = (TOTAL WELL DEPTH - STATIC DEPTH TO WATER) X WELL CAPACITY only fill out if applicable) $= (\text{feet} - \text{feet}) \times \text{gallons/foot} = \text{gallons}$											
EQUIPMENT VOLUME PURGE: 1 EQUIPMENT VOL. = PUMP VOLUME + (TUBING CAPACITY X TUBING LENGTH) + FLOW CELL VOLUME (only fill out if applicable) $= \text{gallons} + (\text{gallons/foot} \times \text{feet}) + \text{gallons} = \text{gallons}$											
INITIAL PUMP OR TUBING DEPTH IN WELL (feet):		FINAL PUMP OR TUBING DEPTH IN WELL (feet):		PURGING INITIATED AT:	PURGING ENDED AT:	TOTAL VOLUME PURGED (gallons):					
TIME	VOLUME PURGED (gallons)	CUMUL. VOLUME PURGED (gallons)	PURGE RATE (gpm)	DEPTH TO WATER (feet)	pH (standard units)	TEMP. (°C)	COND. (µmhos/cm or µS/cm)	DISSOLVED OXYGEN (circle mg/L or % saturation)	TURBIDITY (NTUs)	COLOR (describe)	ODOR (describe)
WELL CAPACITY (Gallons Per Foot): 0.75" = 0.02; 1" = 0.04; 1.25" = 0.06; 2" = 0.16; 3" = 0.37; 4" = 0.65; 5" = 1.02; 6" = 1.47; 12" = 5.88 TUBING INSIDE DIA. CAPACITY (Gal./Ft.): 1/8" = 0.0006; 3/16" = 0.0014; 1/4" = 0.0026; 5/16" = 0.004; 3/8" = 0.006; 1/2" = 0.010; 5/8" = 0.016											

11 SAMPLING DATA

SAMPLED BY (PRINT) / AFFILIATION:				SAMPLER(S) SIGNATURES:				SAMPLING INITIATED AT:		SAMPLING ENDED AT:	
PUMP OR TUBING DEPTH IN WELL (feet):				SAMPLE PUMP FLOW RATE (mL per minute):				TUBING MATERIAL CODE:			
FIELD DECONTAMINATION: Y N				FIELD-FILTERED: Y N FILTER SIZE: _____ µm Filtration Equipment Type:				DUPLICATE: Y N			
SAMPLE CONTAINER SPECIFICATION				SAMPLE PRESERVATION				INTENDED ANALYSIS AND/OR METHOD		SAMPLING EQUIPMENT CODE	
SAMPLE ID CODE	# CONTAINERS	MATERIAL CODE	VOLUME	PRESERVATIVE USED	TOTAL VOL ADDED IN FIELD (mL)	FINAL pH					
REMARKS:											
MATERIAL CODES: AG = Amber Glass; CG = Clear Glass; PE = Polyethylene; PP = Polypropylene; S = Silicone; T = Teflon; O = Other (Specify)											
SAMPLING/PURGING EQUIPMENT CODES: APP = After Peristaltic Pump; B = Bailer; BP = Bladder Pump; ESP = Electric Submersible Pump; PP = Peristaltic Pump; RFPP = Reverse Flow Peristaltic Pump; SM = Straw Method (Tubing Gravity Drain); VT = Vacuum Trap; O = Other (Specify)											

NOTES: 1.- The above do not constitute all of the information required by Chapter 62-160, F.A.C.
2. - **STABILIZATION CRITERIA FOR RANGE OF VARIATION OF LAST THREE CONSECUTIVE READINGS (SEE FS 2212, SECTION 3)**
pH: ± 0.2 units Temp.: ± 0.2 oC Specific Conductance: ± 5% Dissolved Oxygen: all readings ≤ 20% saturation (see Table FS 2200-2); optionally, ± 0.2 mg/L or ± 10% (whichever is greater) Turbidity: all readings ≤ 20 NTU; optionally ± 5 NTU or ± 10% (whichever is greater)

TABLE 7.1
SUMMARY OF CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS
NO-PURGE SAMPLER DEMONSTRATION
McCLELLAN AFB, CALIFORNIA

Sampler	1,4 Dioxane ^{a/}	Anions	Hexavalent Chromium ^{b/}	Metals	VOCs	Advantages	Disadvantages	Remarks
PDBS	N ^{c/}	N	N	N	Y ^{d/}	--Widely tested for VOCs --Relatively inexpensive --Commercially available --Technical Guidance available --Alkalinity is excluded --No well diameter limitation	--Suitable for VOCs only --Potential for VOC loss during sample transfer --Not suitable for all VOCs	Abundant information available on ITRC website (www.itrcweb.org)
RPPS	? ^{e/}	Y	Y	Y	?	Good results for inorganics	--Most expensive diffusion sampler --May need to de-gas pores prior to use --Size and volume limited by large pore size --Not commercially available --Mixed results for organic compounds at McClellan --Potential for VOC loss during sample transfer	Large pore size may increase potential for VOC loss via volatilization
PsMS	Y	Y	Y	Y	?	Good results for inorganics	--Small volume for some applications --Not commercially available --Mixed results for VOCs at McClellan --Potential for VOC loss during sample transfer	
RCS	Y	Y	Y	N	?	--Relatively inexpensive --Commercially available --Inorganic and organic analytes	--Cellulose membrane may be easily damaged --Relatively poor performance overall at McClellan --Potential for VOC loss during sample transfer	Other studies have had better results for VOCs (e.g., Ehke <i>et al.</i> , 2004; Imbrigiotta <i>et al.</i> , 2002; Vroblecky <i>et al.</i> , 2002)
Hydra-Sleeve [®]	Y	Y	Y	Y	Y	--Relatively large sample volumes possible --Works for wide variety of analytes --Relatively inexpensive --Commercially available in multiple sizes	Potential for VOC loss during sample transfer	Detailed information available on Vendor's website (www.hydrasleeve.com)
Snap Sampler [™]	Y	Y	NT ^{d/}	NT	Y	--No sample transfer required, potentially reducing data 'noise' and VOC loss --Commercially available, including variety of sizes and materials	--Most expensive no-purge sampler tested --More involved field procedure --Small volume for some applications	Detailed information available on vendor's website (www.snap3-sampler.com)

a/ Comparisons involving 1,4 dioxane are based on a relatively small data set and therefore there is a lower confidence in the associated conclusions.

b/ Some of the comparisons involving hexavalent chromium are based on a relatively small data set and therefore there is a lower confidence in the associated conclusions.

c/ N = Sampler does not appear to be a technically viable method for monitoring that particular analyte or analyte group based on McClellan results.

d/ Y = Sampler appears to be a technically viable method for monitoring that particular analyte or analyte group based on McClellan results.

e/ ? = Mixed results were obtained, and further evaluation is required to reach a more definitive conclusion. See text in Sections 6 and 7 for more details.

f/ NT = Sampler not tested for that analyte or analyte group.

FRASCOS FREQUENTEMENTE USADOS PARA ARMAZENAMENTO DE AMOSTRAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Segundo (ASTM-D4448-01)

Parâmetros	Tipos de Frasco	Preservação	Volume Mínimo Indicado (mL) *	Tempo Máximo de Armazenamento (com preservação, quando aplicável)
pH	P,G	Nenhuma, analisar imediatamente no campo	25	ASAP (#48 h) para medição em laboratório
Condutividade Elétrica	P,G	Refrigerar (4 °C)	100	28 dias
Alcalinidade ao Bicarbonato	P,G	Refrigerar (4 °C)	100	14 dias
COD	P,G	adicionar H ₂ SO ₄ até pH<2; refrigerar(4 °C)	100	28 dias
TDS	P,G	Refrigerar (4 °C)	100	7 dias
TSS	P,G	Refrigerar (4 °C)	100	7 dias
Cloreto	P,G	None	50	28 dias
Fluoreto	P	None	300	28 dias
Nitrato	P,G	Analisar ASAP (#48h) ou adicionar H ₂ SO ₄ até pH<2; refrigerar (4 °C)	100	28 dias
Sulfato	P,G	Refrigerar (4 °C)	50	28 dias
Ammonia	P,G	Analisar ASAP (#48h) ou adicionar H ₂ SO ₄ até pH<2; refrigerar (4 °C)	500	28 dias
Mercurio	P,G	HNO ₃ to pH<2	100	28 dias
Metais, Dissolvidos (Incluso Ca, Mg, K, Na)	P,G	Filtrar no campo; HNO ₃ até pH<2	200	6 meses
Metais Totais (Incluso Ca, Mg, K, Na)	P,G	HNO ₃ to pH<2	100	6 meses
Fenóis	P,G	Adicionar H ₂ SO ₄ até pH<2; refrigerar (4 °C)	500	28 dias
Dureza	P,G	HNO ₃ até pH<2	100	6 meses
Compostos Orgânicos Voláteis (VOC)	G, TPFE – tampa revestida	Adicionar HCL até pH<2; refrigerar (4 °C)	40	14 dias
Compostos Orgânicos Semivoláteis (SVOC / PAH)	G, TPFE – tampa revestida	refrigerar (4 °C)	1000	7 dias
Pesticidas Organoclorados, PCB,	G, TPFE - tampa revestida	refrigerar (4 °C)	2000	7 dias
Pesticidas Organofosforados, Herbicidas	G, TPFE - tampa revestida	refrigerar (4 °C)	1000	7 dias
Carbono Orgânico Total (TOC)	G, TPFE - tampa revestida	Adicionar H ₂ SO ₄ or HCL até pH<2; refrigerar (4 °C)	40	28 dias
Halogêneos Orgânicos Totais (TOH)	Vidro Âmbar, TPFE - tampa revestida	H ₂ SO ₄ até pH<2 e refrigerar (4 °C) para EPA 9020A; refrigerar (4 °C) para EPA 9022	250	28 dias
Turbidez	P, vidro com borosilicato	Refrigerar (4 °C)	100	48 h

P = Polietileno de alta densidade; G = Vidro; TPFE – tampa revestida = Vidro com rosca fechado com plug de Teflon.

(*) Alguns laboratórios podem requerer volume maior que o mínimo indicado. ASAP = O mais rápido possível