

NORMA
BRASILEIRA

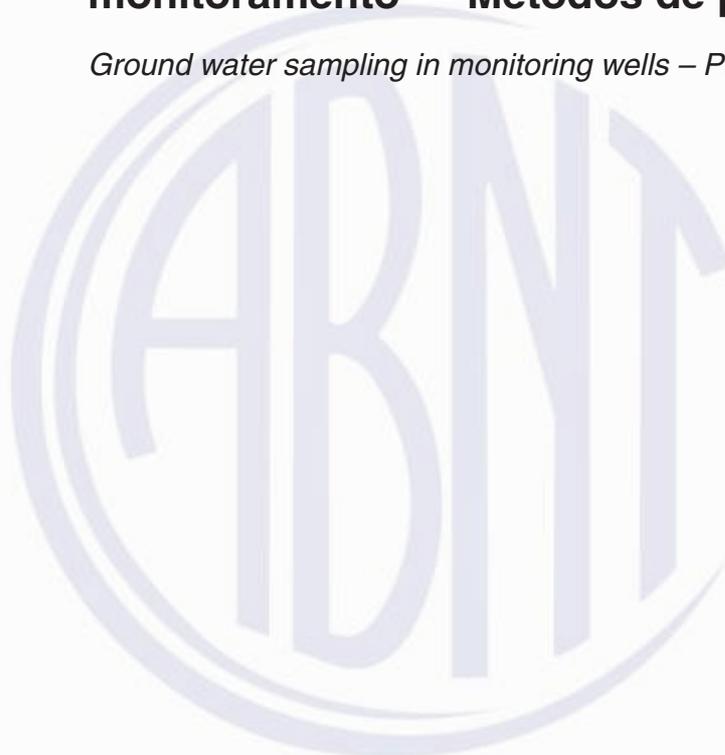
**ABNT NBR
15847**

Primeira edição
21.06.2010

Válida a partir de
21.07.2010

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

Ground water sampling in monitoring wells – Purging methods



ICS 13.060.45

ISBN 978-85-07-02121-6



Número de referência
ABNT NBR 15847:2010
15 páginas

© ABNT 2010



© ABNT 2010

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou utilizada por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito da ABNT.

ABNT

Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar

20031-901 - Rio de Janeiro - RJ

Tel.: + 55 21 3974-2300

Fax: + 55 21 3974-2346

abnt@abnt.org.br

www.abnt.org.br

Sumário

Página

Prefácio	iv
1 Escopo	1
2 Referências normativas	1
3 Termos e definições	1
4 Significado e uso	3
5 Critérios e considerações para a seleção de um método adequado de purga	4
5.1 Regulamentos e normas	4
5.2 Dados históricos	4
5.3 Projeto do poço	4
5.4 Desenvolvimento do poço	4
5.5 Hidráulica do poço	5
5.6 Manejo de água purgada	5
5.7 Estado de conservação dos poços	5
5.8 Qualidade do poço	5
5.9 Geoquímica do subsolo	5
5.10 Características hidrogeológicas	5
6 Critérios de rebaixamento do nível da água durante a purga	6
7 Métodos de purga	6
7.1 Purga de volume determinado	6
7.1.1 Descrição do método	6
7.1.2 Aplicabilidade	7
7.1.3 Vantagens	7
7.1.4 Limitações	7
7.2 Purga de baixa-vazão	8
7.2.1 Descrição do método	8
7.2.2 Medição dos parâmetros indicativos da qualidade da água	8
7.2.3 Aplicabilidade	9
7.2.4 Vantagens	9
7.2.5 Limitações	10
7.3 Uso de obturadores (<i>packers</i>) na purga	10
7.3.1 Descrição do método	10
7.3.2 Aplicabilidade	11
7.3.3 Vantagens	11
7.3.4 Limitações	11
8 Métodos de purga e amostragem para poços com baixa capacidade hidráulica	12
8.1 Purga mínima	12
8.1.1 Descrição do método	12
9 Amostragem sem purga	13
9.1 Amostragem passiva	13
9.1.1 Descrição do método	13
9.1.2 Aplicabilidade	13

9.1.3	Vantagens	13
9.1.4	Limitações	14
10	Outras considerações	14
10.1	Descontaminação	14
10.2	Medições de campo	14
10.3	Calibração de equipamento	14
11	Relatório	14



Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras das Diretivas ABNT, Parte 2.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) chama atenção para a possibilidade de que alguns dos elementos deste documento podem ser objeto de direito de patente. A ABNT não deve ser considerada responsável pela identificação de quaisquer direitos de patentes.

A ABNT NBR 15847 foi elaborada pela Comissão de Estudo Especial de Avaliação da Qualidade do Solo e da Água para Levantamento de Passivo Ambiental e Avaliação de Risco à Saúde Humana (CEE-68). O seu Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 04, de 25.03.2010 a 24.05.2010, com o número de Projeto 68:000.01-001.

Esta Norma é baseada nas ASTM D 6452:1999 e ASTM D 4448:2001.

O Escopo desta Norma Brasileira em inglês é o seguinte:

Scope

This Standard establishes methods to purge wells used for research and monitoring programs of water quality in groundwater studies and remediation of environmental liabilities. These methods can be used in other types of programs, but these will not be addressed in this Standard.

This Standard presents different procedures to perform the purging of monitoring wells and the information necessary for selecting the most appropriate method for a given specific situation, without, however, recommend any of the procedures presented. This document should not be used as a substitute for experience or academic background, and should therefore be used in conjunction with work experience. This Standard is not intended to represent or replace the standard of care by which the appropriateness of conduct of a particular work can be assessed, nor should this standard be applied without taking into consideration the special aspects of each project.

This Standard does not address all security considerations, if any, associated with its use. User is responsible for this Standard to establish appropriate safety practices and accident prevention in accordance with current legislation.

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

1 Escopo

1.1 Esta Norma estabelece métodos para a purga de poços usados para investigações e programas de monitoramento de qualidade de água subterrânea em estudos e remediação de passivos ambientais. Estes métodos podem ser usados em outros tipos de programa, mas estes não serão abordados nesta Norma.

1.2 Esta Norma apresenta procedimentos diferenciados para executar a purga de poços de monitoramento e as informações necessárias para a seleção do método mais apropriado para uma dada situação específica, sem, no entanto, recomendar algum dos procedimentos apresentados. Esta Norma não deve servir como substituta da experiência ou da formação acadêmica, e deve portanto ser usada em conjunto com a experiência profissional. Esta Norma não tem a intenção de representar ou substituir o nível de cautela através do qual a adequação de conduta de um determinado profissional possa ser avaliada, nem deve esta Norma ser aplicada sem levar em consideração os aspectos particulares de cada projeto.

1.3 Esta Norma não aborda todas as considerações de segurança, se houver, associadas a seu uso. É responsabilidade do usuário desta Norma estabelecer práticas adequadas de segurança e prevenção de acidentes de acordo com a legislação vigente.

2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

ABNT NBR 15495-1:2007 – *Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulados – Parte 1: Projeto e construção*

ABNT NBR 15495-2:2008 – *Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares – Parte 2: Desenvolvimento*

3 Termos e definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os seguintes termos e definições.

3.1

água do interior do poço

água subterrânea que está em constante movimento, induzido pelos gradientes hidráulicos naturais ou não e em função da condutividade hidráulica

NOTA No interior do poço a água subterrânea, entre eventos de amostragem, está contida no tubo de revestimento e/ou na zona filtrante.

3.2

purga de volume determinado

número específico de volumes de água do poço para se conseguir a purga

3.3

célula de fluxo

recipiente hermético que permite que a água purgada flua por sensores para a medição contínua dos parâmetros indicadores, sem que haja contato da água com o ambiente externo

3.4

equipamento de amostragem por captura

equipamento que remove uma quantidade de água do poço a cada inserção e remoção do poço

3.5

parâmetros indicadores

propriedades físicas e/ou químicas da água subterrânea, medidas durante a purga, com o objetivo de avaliar o momento mais adequado para a coleta das amostras

3.6

poço de recuperação lenta

poço instalado em formação de baixa condutividade hidráulica, fazendo com que o poço não apresente uma taxa de recuperação suficiente para que os objetivos de purga e amostragem sejam alcançados antes que se remova toda a água deste poço

3.7

obturador

equipamento inflável ou dilatável usado para o isolamento físico de uma ou mais zonas no interior de um poço

3.8

volume de purga

quantidade de água removida de um poço para que sejam alcançados os objetivos de purga

3.9

purga

prática de se remover água existente no interior de um poço de monitoramento, com o objetivo de obter água representativa da formação

3.10

vazão de purga

vazão com que a água é removida de um poço ou ponto de amostragem durante uma purga

3.11

taxa de recuperação

razão com que o nível de água de um poço retorna ao nível de equilíbrio hidráulico com o restante do aquífero após a retirada da água

3.12

estabilização

faixa de variação aceitável para os parâmetros indicadores monitorados durante a purga ao longo de uma série de leituras consecutivas

3.13**volume de água do poço**

quantidade de água contida no interior do poço de monitoramento

3.14**esgotamento total**

remoção de toda a água contida no interior do poço de monitoramento

3.15**limitador de fluxo**

disco de material flexível e inerte que restringe a movimentação vertical de fluidos no interior do tubo de revestimento

4 Significado e uso

4.1 A água contida no tubo de revestimento não está sujeita a renovação contínua induzida pela movimentação natural da água subterrânea, e permanece imóvel, ficando exposta a modificações físicas e químicas induzidas pela presença da interface água/ar do topo do tubo de revestimento, sendo ela denominada água estagnada e portanto não representativa da formação.

4.2 A água contida no interior da zona filtrante, por outro lado, está em contínuo movimento, atravessando continuamente a zona filtrante (pré-filtro e filtro), estando integrada ao sistema de fluxo natural que ocorre na(s) unidade(s) hidroestratigráfica(s) interceptada(s) pela zona filtrante. Apesar da água na seção filtrante estar em contínuo movimento, ela não é considerada representativa da formação, uma vez que pode interagir com a água estagnada, pela existência de fluxos verticais no interior do poço. Mesmo em poços com o nível da água situado abaixo do topo do filtro (poços não afogados), a água pode se tornar estagnada em função do processo de difusão molecular de gases (oxigênio, por exemplo), que irá alterar as características da água contida no interior do poço em relação à água da formação. Somente em condições especiais de fluxo laminar e taxa de renovação rápida esta água estará com qualidade mais próxima à da formação.

4.3 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 da zona de interesse. Esta água será então representativa da água fornecida pelos diversos estratos interceptados pela seção filtrante.

4.4 Os procedimentos tradicionais de amostragem presumem que toda a água existente no poço pode não ser representativa da água da formação, seja a água contida acima do topo do tubo-filtro, ou mesmo a água que flui pela seção filtrante. Isto se deve às possíveis alterações na sua química, causadas pela sua interação com o ar atmosférico contido no poço (exposição ao O₂ e CO₂ e perdas por volatilização), com o material dos tubos-filtro e de revestimento (dessorção e adsorção), processos biológicos (biodegradação), contaminação a partir da superfície e mistura da coluna de água.

4.5 Por este motivo, poços usados em investigações de qualidade de água subterrânea ou em programas de monitoramento são geralmente purgados antes de se proceder à amostragem [Nota de 4.6].

4.6 A purga é feita com o objetivo de assegurar que água representativa da formação foi captada pelo poço no momento da realização da amostragem, de forma a refletir com a menor incerteza possível a química da água subterrânea.

4.7 Nesta Norma, optou-se por descrever dois métodos convencionais de purga, normalmente aplicados a poços com suficiente capacidade hidráulica, que são os métodos de purga de volume determinado e purga de baixa vazão e rebaixamento mínimo. Por outro lado, sabe-se que a amostragem de poços de monitoramento com baixa capacidade hidráulica é uma dificuldade comum, enfrentada em várias áreas onde o monitoramento da qualidade da água subterrânea é necessário. Sendo assim, também foi incluído um procedimento aplicável a estas situações, com o objetivo de diminuir as incertezas associadas à aplicação dos métodos convencionais nestes casos.

NOTA Alguns métodos de amostragem, tais como amostragem passiva, não requerem a prática de purga antes da coleta de amostras.

4.8 Cada método pode ter influência maior ou menor no aquífero ou na seção filtrante. Portanto, uma amostra coletada após uma purga feita usando-se um método não é necessariamente equivalente a amostras coletadas após a aplicação de outros métodos de purga. A seleção do método adequado dependerá de vários fatores, que devem ser considerados na definição do plano de amostragem. Esta Norma descreve os métodos disponíveis e define sob que circunstâncias cada um melhor se adequa.

5 Critérios e considerações para a seleção de um método adequado de purga

5.1 Regulamentos e normas

Verificar a existência de regulamentos ou normas estabelecidos pelos órgãos reguladores Federal, Estadual ou Municipal, sobre a purga de poços de monitoramento, que podem ter sido definidos em atos regulatórios ou normas técnicas mais abrangentes ou específicas sobre investigações de campo ou monitoramento de aquíferos.

5.2 Dados históricos

Uma revisão de dados históricos, principalmente de investigações confirmatória e detalhada, pode fornecer subsídios ao usuário na forma de informações sobre o comportamento físico e químico da água subterrânea no ponto de coleta e sobre as práticas de purga usadas anteriormente.

5.3 Projeto do poço

O projeto do poço deve ser levado em consideração para a escolha de um método adequado de purga. Detalhes específicos da construção do poço devem estar contidos no relatório de construção do poço, conforme ABNT NBR 15495-1.

5.4 Desenvolvimento do poço

O desenvolvimento do poço faz parte do processo construtivo, e não se configura um evento de purga e amostragem. Informações sobre o desenvolvimento de poços devem estar contidas no relatório construtivo ou de desenvolvimento do poço, conforme ABNT NBR 15495-2.

NOTA O projeto, construção e desenvolvimento impróprio ou inadequado de um poço afetam a utilidade deste para um programa de amostragem.

5.5 Hidráulica do poço

A seleção de um método de purga deve incluir uma avaliação das condições hidráulicas do poço a ser purgado, que são diretamente relacionadas à transmissividade da formação, ao coeficiente de armazenamento específico e ao projeto, construção, desenvolvimento e manutenção do poço. A hidráulica do poço e da formação (a distribuição tridimensional da carga hidráulica) influenciam a razão com que a água flui através ou entra no poço sob condições de fluxo laminar. Estratégias de purga são comumente categorizadas como adequadas para poços de alta ou baixa capacidade hidráulica.

5.6 Manejo de água purgada

Manejar a água purgada de acordo com os regulamentos definidos no plano de amostragem e análise em conformidade com a legislação vigente. Pode ser preferível que se selecione um método de purga que minimize o volume purgado (ver nota de 4.6).

5.7 Estado de conservação dos poços

O estado de conservação de um poço pode afetar o método de purga, ao limitar a escolha de equipamento. Por exemplo, em função de alterações como rachaduras no revestimento e juntas, curvatura do revestimento, problemas na laje de proteção, estanqueidade dos tampões, falta de limpeza etc.

5.8 Qualidade do poço

Poços com turbidez excessiva ou material sedimentado podem indicar que o projeto e a construção não foram adequados ou que a etapa de desenvolvimento não foi realizada de maneira adequada ou completa, e necessitarão, desta forma, ser redeseñovidos ou reconstruídos. Caso seja necessário executar o redeseñovimento, este deve ser realizado anteriormente à purga, e considerando um intervalo de tempo de no mínimo 10 dias para execução da amostragem.

5.9 Geoquímica do subsolo

O conhecimento da geoquímica da subsuperfície pode ser útil na escolha do método de purga que melhor atenda à necessidade da remoção da água estagnada. Além disso, tal conhecimento pode ajudar a se fazer a distinção entre a água vinda do aquífero e a água existente no interior do poço. Interações químicas e biológicas entre a água subterrânea, gases e materiais sólidos do aquífero, bactérias ou mesmo o material do próprio poço podem alterar a química da água existente no poço ou em sua vizinhança. Gases dissolvidos podem ser transportados para dentro e para fora da seção filtrante e adicionados ou removidos da água subterrânea pela superfície da coluna da água no poço.

5.10 Características hidrogeológicas

A otimização da vazão de purga requer que se leve em conta as particularidades hidrogeológicas que controlam o sentido e a velocidade de fluxo da água, além do transporte de colóides e material em suspensão. A dinâmica da água subterrânea não deve ser alterada de forma significativa durante a purga, de modo a evitar que água de áreas distantes do ponto de monitoramento seja atraída por fluxo induzido ou por inversão do sentido de fluxo, causados por taxas de purga elevadas ou períodos de purga muito longos.

6 Critérios de rebaixamento do nível da água durante a purga

Independentemente do procedimento de purga adotado (purga de volume determinado ou purga de baixa vazão), e excetuando-se o processo de purga mínima, o rebaixamento do nível da água do poço durante a purga deve ser minimizado, de forma a satisfazer os requisitos necessários e a permitir a execução do trabalho em tempos aceitáveis. Rebaixamento excessivo altera a condição natural de fluxo no entorno do poço e, conseqüentemente, de movimentação da pluma, refletindo também nas características químicas e bioquímicas da amostra. Dois efeitos negativos potenciais são a captação de água que não é representativa da formação existente ao redor do poço de monitoramento e o aumento da turbidez da água devido ao aumento artificial da velocidade de fluxo da água subterrânea. O aumento da turbidez causado durante a purga pode resultar em alterações nos resultados analíticos. O rebaixamento excessivo também pode causar o escoamento de água a partir do topo do tubo-filtro, levando a uma perda dos gases dissolvidos, alteração no estado de oxidação/redução da água e aprisionamento de ar no pré-filtro. Tais mudanças podem resultar na alteração da concentração de compostos orgânicos voláteis ou bioatenuáveis e na oxidação de metais dissolvidos. A alteração na concentração de gases dissolvidos e, conseqüentemente no estado de oxirredução, pode ser prolongada pela introdução e aprisionamento de ar no pré-filtro. Em nenhuma circunstância recomenda-se que os poços de monitoramento sejam purgados até o seu completo secamento. Se disponível, dados gerados em trabalhos anteriores de desenvolvimento e purga do poço de monitoramento devem ser considerados na definição e seleção do melhor procedimento de amostragem a ser utilizado.

Em função disto, considera-se que o rebaixamento do nível da água durante a purga deve ser sempre controlado, qualquer que seja o método de purga adotado. Desta forma, como premissa básica para a execução da purga de um poço de monitoramento, os seguintes critérios de rebaixamento devem ser aplicados em poços com boa produção de água:

- a) o rebaixamento do nível d'água durante a purga deve ser o mínimo possível para reduzir o tempo de purga, evitar uma perda de carga excessiva e escoamento pronunciado de água pelo topo do tubo-filtro;
- b) para poços com seção filtrante plena: a estabilização do rebaixamento deve ocorrer no máximo a 25 cm do nível estático;
- c) para poços com o nível d'água acima do topo do tubo-filtro (filtro afogado): preferencialmente, o nível d'água deve se estabilizar acima do topo do tubo-filtro. Caso isso não seja possível, esta estabilização deve ocorrer no máximo a 25 cm abaixo do topo do tubo-filtro.

NOTA São considerados poços com boa capacidade hidráulica aqueles construídos e desenvolvidos de acordo com as orientações definidas, respectivamente, nas ABNT NBR 15495-1 e ABNT NBR 15495-2, e que possibilitem a aplicação dos critérios de rebaixamento definidos anteriormente, quando bombeados a uma vazão de 50 mL/min ou maior.

7 Métodos de purga

7.1 Purga de volume determinado

7.1.1 Descrição do método

Este método consiste na remoção de determinado volume de água subterrânea do poço antes de se proceder à amostragem, com a finalidade de assegurar que água representativa da formação será coletada. Com base no diâmetro do tubo-filtro, da profundidade do poço e profundidade do nível da

água, é calculado o volume de água contida no poço, que multiplicado pelo número de volumes que deve ser extraído, define o volume total de água a ser removido durante a purga. Antes do início da purga e ao final da coleta da amostra, é recomendável que sejam medidos, com sonda introduzida no poço, a turbidez e os parâmetros físico-químicos: temperatura, pH, potencial de oxirredução (ORP), condutividade elétrica (CE) e oxigênio dissolvido (OD). A quantidade de volumes de água a ser extraída do poço deve ser predeterminada no plano de amostragem e deve ser baseada em procedimentos regulatórios e nas características hidrogeológicas do local monitorado.

NOTA 1 O monitoramento dos parâmetros físico-químicos (pH, temperatura, ORP, CE e OD) em campo ainda que não seja utilizado na definição da finalização da purga por este método, é de grande importância na interpretação dos resultados do monitoramento.

NOTA 2 O método de purga de volume determinado foi introduzido com base nas primeiras pesquisas desenvolvidas na década de 80 sobre amostragem de águas subterrâneas, que indicavam a necessidade de se remover em média de 3 a 5 vezes o volume de água presente no poço para assegurar que a água representativa da formação estaria presente no poço. Estudos subseqüentes concluíram que não há uma recomendação segura quanto ao número de vezes que o volume d'água contido no poço deva ser removido, de maneira a se garantir uma amostra representativa em todas as áreas a serem monitoradas, pois dependem das características hidrogeológicas específicas e que portanto devem ser consideradas nesta definição, com base no julgamento profissional.

NOTA 3 Na aplicação deste método de purga em poços com filtro afogado, a purga deve necessariamente se iniciar a partir da superfície do nível da água para assegurar que a água estagnada foi removida.

NOTA 4 A vazão de preenchimento dos frascos de coleta nunca deve ser superior a 250 mL/min para substâncias orgânicas e 500 mL/min para substâncias inorgânicas.

NOTA 5 O equipamento de captação deve ser introduzido e removido de forma lenta e cautelosa no poço para evitar a movimentação de partículas sólidas eventualmente existentes no poço e no pré-filtro.

7.1.2 Aplicabilidade

O método de purga de volume determinado é aplicável em poços de monitoramento que possam produzir o volume determinado para purga sem que o rebaixamento gerado seja maior que o definido na Seção 6.

7.1.3 Vantagens

As vantagens deste método são as seguintes:

- a) pode ser usado com praticamente todos tipos de bombas ou equipamentos de amostragem por captura;
- b) não requer medições químicas para que se determine se a purga já está completa;
- c) não requer controle contínuo dos parâmetros físico-químicos para que se determine se a purga já está completa.

7.1.4 Limitações

As limitações deste método são as seguintes:

- a) gera um volume maior de água potencialmente contaminada, aumentando os custos associados à armazenagem, tratamento e disposição de água purgada;

- b) não é prático em meios com baixa condutividade hidráulica, pois o tempo de operação pode ser longo em função dos cuidados necessários para evitar o esgotamento total do poço;
- c) não leva em consideração as características da água produzida para verificação da finalização da purga, que limita a rastreabilidade e avaliação da efetiva representatividade da amostra.

7.2 Purga de baixa-vazão

7.2.1 Descrição do método

Este método difere da purga tal como é definida no em 3.1, pois leva em consideração as características geoquímicas da água produzida para definir a finalização da purga. Neste método a purga é realizada por meio de taxas de bombeamento reduzidas (entre 0,05 L/min e 1,0 L/min), compatíveis com a capacidade de produção do poço de monitoramento, que não causem o rebaixamento excessivo do nível da água (Seção 6), evitando a coleta da água não representativa. Durante o bombeamento, parâmetros indicadores são monitorados até que seja obtida a estabilização (ver 7.2.2) das suas leituras, indicativo de que água representativa da formação está sendo coletada e que a purga está completa.

O equipamento de amostragem deve ser posicionado de forma lenta no interior do poço de monitoramento, e para que se tenha um fator de segurança, deve ser posicionado preferencialmente no meio do tubo-filtro. A finalização da purga será definida por meio da estabilização dos parâmetros indicadores, de acordo com os critérios estabelecidos em 7.2.2.

NOTA A vazão de bombeamento deve ser definida de forma a minimizar os distúrbios que podem ser gerados pelo rebaixamento excessivo do nível da água no poço de monitoramento e na formação, pelo aumento da velocidade de movimentação da água subterrânea no aquífero e pelo aumento da zona de captura do poço. Ela deve permitir a estabilização do nível da água dentro dos critérios estabelecidos na Seção 6. A vazão de purga nunca deve ser superior a 1 L/min. A vazão de preenchimento dos frascos de coleta deve ser menor ou igual à vazão de purga e nunca superior a 250 mL/min para substâncias orgânicas e 500 mL/min para inorgânicas.

7.2.2 Medição dos parâmetros indicativos da qualidade da água

O monitoramento contínuo dos parâmetros indicativos da qualidade da água são fundamentais para a determinação do momento em que a purga pode ser encerrada. Uma vez que o nível de rebaixamento da coluna d'água se estabilize para uma vazão de purga e os parâmetros indicativos da qualidade da água se estabilizem, presume-se que a água bombeada é proveniente da formação. Neste momento, as amostras devem ser coletadas. Os parâmetros indicativos da qualidade da água que devem ser monitorados durante a purga são: temperatura, pH, condutividade elétrica, potencial de oxirredução e oxigênio dissolvido. Pesquisas científicas e a experiência prática demonstraram que a condutividade elétrica e o oxigênio dissolvido são os parâmetros mais confiáveis para a determinação da estabilização, sendo este último o mais conservador de todos, por ser o mais sensível a interferências.

Para efetuar a medição dos parâmetros em campo, é necessária a utilização de uma célula de fluxo conectada em série com o sistema de coleta por bombeamento, permitindo que a água bombeada não entre em contato com o ambiente externo previamente à realização das leituras. Todos os instrumentos analíticos de campo, devidamente calibrados, devem permanecer na sombra durante os trabalhos de campo, a fim de evitar alterações indesejadas em função da incidência direta do sol na instrumentação. É importante que se conheçam as recomendações do fabricante dos equipamentos de medição quanto aos procedimentos de calibração e do tempo necessário para que os equipamentos se aclimatizem no ambiente de amostragem, de maneira a garantir a representatividade dos dados coletados.

A primeira leitura dos parâmetros deve ser realizada após a passagem do volume de água contido na bomba, somado ao volume da tubulação e volume da célula de fluxo. Este volume é denominado volume do sistema. Após o descarte do volume do sistema, as leituras devem ser iniciadas. Deve-se calcular as variações percentuais em relação à primeira leitura após a estabilização do nível da água para os parâmetros condutividade elétrica e oxigênio dissolvido. Os parâmetros indicativos da qualidade da água são considerados estáveis quando suas variações permanecem dentro de uma faixa de oscilação predeterminada, por no mínimo três leituras consecutivas. A frequência entre as leituras deve ser baseada no tempo necessário para se renovar pelo menos um volume da célula de fluxo ou no mínimo a cada 3 min, o que for maior.

EXEMPLO 1) Uma célula de fluxo de 500 mL de volume com bombeamento a uma vazão de purga de 250 mL/min tem seu volume renovado em 2 min. Neste caso o tempo de renovação do volume de água da célula é inferior aos 3 min. Portanto, o intervalo entre as leituras deve ser de 3 min.

EXEMPLO 2) Uma célula de fluxo de 500 mL de volume com bombeamento a uma vazão de purga de 100 mL/min tem seu volume renovado em 5 min. Neste caso o tempo de renovação do volume de água da célula é superior aos 3 min. Portanto, o intervalo entre as leituras deve ser de 5 min.

A seguir, apresentam-se as faixas de variação para a estabilização dos parâmetros indicativos da qualidade da água:

- Temperatura: $\pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- pH: $\pm 0,2$ unidade*
- Condutividade: $\pm 5,0 \%$ das leituras
- Oxigênio dissolvido: $\pm 10 \%$ das leituras ou $\pm 0,2 \text{ mg/L}^*$, o que for maior
- Potencial de oxirredução: $\pm 20 \text{ mV}^*$

* Valores relativos aos padrões de incerteza tipicamente disponíveis nos instrumentos de campo

É muito importante definir a faixa de leitura, precisão e incerteza dos instrumentos utilizados para o monitoramento e definição dos parâmetros de estabilização utilizados. Caso o instrumento de medição não seja capaz de medir com precisão dentro da faixa definida para a estabilização, deve ser avaliada a possibilidade de se utilizarem outras faixas de variação para o programa de amostragem.

7.2.3 Aplicabilidade

Purga a baixa vazão pode ser aplicada a qualquer poço de monitoramento em que a produção de água seja suficiente para manter o nível de água no poço sem rebaixamento excessivo (Seção 6).

Vazões ótimas de purga a baixa vazão devem ser determinadas especificamente para cada poço, constar no plano de amostragem e ser documentadas no relatório da amostragem.

7.2.4 Vantagens

As vantagens deste método são as seguintes:

- a) o critério de finalização da purga é definido poço a poço e baseado na qualidade da água subterrânea captada;

- b) pode minimizar o volume purgado, reduzindo os riscos de exposição e os custos associados ao manejo de água removida;
- c) possibilita a coleta de amostras com turbidez reduzida;
- d) reduz as chances de alteração de amostras causadas por aeração e/ou agitação na camada monitorada;
- e) reduz a possibilidade de alteração por mistura entre camadas dentro da formação;
- f) pode ser efetuada usando-se uma grande variedade de equipamentos;
- g) pode minimizar a mobilização de material coloidal ou em suspensão, resultando na minimização do transporte de substâncias hidrofóbicas agregadas a estes materiais;
- h) permite um melhor controle e rastreabilidade da representatividade da amostra.

7.2.5 Limitações

As limitações deste método são as seguintes:

- a) a medição de parâmetros indicadores requer o uso e calibração de instrumentos de medição em campo;
- b) não pode ser executado com amostradores de captura;
- c) o uso de bombas portáteis, em contraste com bombas dedicadas, pode causar distúrbios no interior do poço e perturbar o equilíbrio dinâmico da coluna de água estagnada, aumentando a presença de materiais em suspensão, o que irá acarretar aumento no tempo e no volume de purga necessário para conseguir-se a estabilização dos parâmetros indicadores (7.2.2);
- d) necessita de mão de obra especializada e maior quantidade de equipamentos e instrumentação.

7.3 Uso de obturadores (*packers*) na purga

7.3.1 Descrição do método

Trata-se de procedimento utilizado para a purga e amostragem pontual de água subterrânea, em profundidades predeterminadas, onde pretende-se isolar a seção a ser amostrada.

7.3.1.1 Em poço com uma única seção filtrante afogada, a captura da bomba fica suspensa abaixo do obturador (*packer*), que é instalado acima do topo do tubo-filtro, isolando a água estagnada acima do tubo-filtro. O obturador deve ser instalado no interior do tubo de revestimento e não no tubo-filtro (*ranhurado*). A ocorrência de rebaixamento do nível da água no interior do revestimento do poço, acima do obturador, é indicativo de que o obturador não possibilitou o isolamento adequado, devendo ser reinstalado.

7.3.1.2 Casos específicos de monitoramento em que o poço foi instalado com seções filtrantes múltiplas, isoladas por selo anelar, com a seção do topo afogada ou não, a seção escolhida para purga e amostragem é isolada pela instalação de obturadores duplos, posicionados abaixo e acima da seção filtrante a ser amostrada, nos intervalos com tubos de revestimento. Para que se detecte o adequado isolamento da seção entre os obturadores, o nível d'água acima e abaixo do intervalo isolado deve ser monitorado. De forma ideal, transdutor de pressão deve ser instalado para monitorar possíveis flu-

tuações de carga hidráulica na seção inferior e medição manual do nível de água na seção superior, onde pode também ser utilizado transdutor de pressão. Se houver indício de falha no isolamento, o obturador deve ser reinstalado e a purga tentada novamente. O obturador deve ser instalado no interior do tubo de revestimento e não no tubo-filtro (ranhurado).

7.3.1.3 Em perfurações ou furos de sondagem sem revestimento, a amostragem de trechos específicos das zonas fraturadas pode ser executada como descrito no procedimento de 7.3.1.2, com o posicionamento dos obturadores no trecho selecionado e tomados os mesmos cuidados para evitar falhas no isolamento do trecho. A seleção das seções a serem amostradas devem ser subsidiadas com informações levantadas por registro contínuo do perfil do poço em imagens ou perfilagem geofísica que possam assegurar o posicionamento das fraturas ou estruturas objeto de amostragem e a integridade do ponto de instalação dos obturadores.

7.3.2 Aplicabilidade

Obturadores podem ser usados em qualquer poço de monitoramento no qual o topo da seção filtrante esteja abaixo do nível da água (poço com seção filtrante afogada) e seja mais eficiente em poços em que o nível estático de água está significativamente acima do topo do tubo-filtro. Por outro lado, obturadores não podem ser instalados dentro do tubo-filtro ou sobre zona fraturada, porque isto pode resultar em drenança através do obturador, durante o bombeamento ou quando houver diferenças significativas de carga hidráulica.

7.3.3 Vantagens

As vantagens deste método são as seguintes:

- a) pode minimizar o volume de água purgado, reduzindo os custos associados ao manejo de água removida;
- b) pode ser usado com diversos tipos de equipamentos de bombeamento;
- c) em poços com seção filtrante múltipla ou sondagens sem revestimento, permite o isolamento hidráulico de cada seção filtrante ou zonas fraturadas e conseqüentemente a coleta de amostras pontuais.

7.3.4 Limitações

As limitações deste método são as seguintes:

- a) não pode ser usado em poços em que o nível estático de água está posicionado na seção de tubo-filtro;
- b) obturadores não são adequados para purga com amostradores de captura;
- c) necessita de mão-de-obra especializada, e maior quantidade de equipamentos e instrumentação.

8 Métodos de purga e amostragem para poços com baixa capacidade hidráulica

Os procedimentos de purga e amostragem para poços instalados em formações com baixa capacidade hidráulica devem ser diferentes dos métodos descritos anteriormente (7.1 e 7.2), uma vez que a aplicação destes leva invariavelmente ao esgotamento completo (secamento) dos poços de monitoramento ou gera um rebaixamento superior ao considerado aceitável (Seção 6), causando:

- a) tempo demasiadamente longo para recuperação do nível estático do poço;
- b) aumento da superfície e tempo de contato da água que entra no poço às condições atmosféricas, causando alteração significativa nas condições hidrogeoquímicas e perda de substâncias voláteis;
- c) aumento no gradiente hidráulico no aquífero adjacente ao poço e no pré-filtro, causando fluxo turbulento e aumento na turbidez artificial na água captada;
- d) retenção de ar no pré-filtro, que seca rapidamente junto com o poço, criando uma zona reativa que altera as condições hidrogeoquímicas da água que é captada pelo poço.

NOTA São considerados poços com baixa capacidade hidráulica aqueles construídos e desenvolvidos de acordo com as orientações definidas nas ABNT NBR 15495-1 e ABNT NBR 15495-2 e que mantêm rebaixamento contínuo mesmo quando bombeados a uma vazão de 50 mL/min.

Para proceder à purga e amostragem destes poços e minimizar os problemas mencionados anteriormente, o método a seguir deve ser aplicado, ressaltando que mesmo a sua aplicação pode não assegurar que as amostras coletadas sejam representativas da formação

8.1 Purga mínima

8.1.1 Descrição do método

O objetivo da purga mínima é a remoção do menor volume de água possível do poço necessário para a análise química, sem a realização completa da purga. Assume-se que o volume de água contida no interior do poço representativo da formação é aquele existente:

- a) entre a captação do equipamento (posicionado acima da base do tubo-filtro para evitar suspensão de sedimento que possa existir no seu interior) e o topo da seção filtrante (poços afogados), descartando o volume de água contido no equipamento e na tubulação de descarga;
- b) entre a captação do equipamento e o nível estático (poços com seção filtrante não afogada), excluído o volume de água contido no equipamento e na tubulação de descarga.

Para a coleta deste volume de água disponível deve ser dada preferência à utilização de bombas dedicadas ou equipamentos de amostragem passiva. Uma vez utilizadas bombas portáteis ou equipamentos descartáveis, a inserção do equipamento pode alterar a dinâmica da água captada e resultar na mistura da água contida no interior do poço, gerando mais incertezas a respeito da representatividade destas amostras. Qualquer que seja o equipamento utilizado, ele deve ser posicionado no interior do poço de monitoramento previamente à coleta, pelo tempo necessário para que ocorra a renovação natural da água na seção filtrante antes da execução da purga (quando necessária) e amostragem.

Uma vez seguido o prescrito anteriormente, deve-se observar os seguintes procedimentos adicionais:

- a) no posicionamento dos equipamentos deve ser evitada a suspensão de sedimentos depositados no fundo do poço;

- b) no caso de bombeamento, a vazão de coleta deve ser menor ou igual a 100 mL/min;
- c) descartado o volume do equipamento e da tubulação, o volume de água contido no poço segundo os critérios definidos acima é aquele disponível para coleta. Uma vez purgado o volume do equipamento e da tubulação, a coleta deve ser iniciada. Uma vez captado o volume de água necessário e/ou disponível, o bombeamento deve ser imediatamente paralisado.

NOTA 1 Qualquer que seja o procedimento adotado na purga mínima, a utilização de limitador de fluxo entre uma campanha de amostragem e outra pode minimizar mistura da água do poço e interações com o ar contido no poço, gerando amostras com menor grau de incerteza quanto à sua representatividade.

NOTA 2 Para a realização de purga mínima, deve haver por parte do técnico responsável um registro da impossibilidade de utilização dos métodos aplicáveis a poço com boa capacidade hidráulica.

NOTA 3 É recomendável que na aplicação deste método seja minimizado o volume de amostra necessário para análise química.

9 Amostragem sem purga

9.1 Amostragem passiva

9.1.1 Descrição do método

Amostragem passiva é entendida como o procedimento para coleta de amostra de água de determinado intervalo do aquífero sem realização de purga da água existente no poço. Na amostragem passiva o equipamento de coleta é posicionado no poço de monitoramento, na profundidade desejada, ficando exposto ao meio por um tempo que permita uma renovação natural da água inicialmente contida na seção filtrante do poço e que a água do poço mantenha equilíbrio natural com o amostrador utilizado, de acordo com as recomendações do fabricante para cada tipo de equipamento, as condições hidrogeológicas locais e as características construtivas do poço. O procedimento de coleta será também definido em função das características do equipamento a ser utilizado.

9.1.2 Aplicabilidade

A amostragem passiva pode ser aplicada em qualquer tipo de poço de monitoramento observando-se as características do equipamento de amostragem, e requer um conhecimento hidrogeológico prévio e detalhado sobre os tempos de equilíbrio necessários para cada poço. Estudos desenvolvidos por Vroblesky *et al* (2007) indicam que a aplicação do método em conjunto com a utilização de limitador de fluxo pode minimizar a mistura de água dentro do poço e permite em alguns casos uma avaliação vertical da distribuição dos contaminantes na zona filtrante do poço. Em função do tipo de equipamento utilizado pode haver limitações sobre as substâncias a serem avaliadas nas amostras.

9.1.3 Vantagens

As vantagens deste método são as seguintes:

- a) não gera volume de água de purga;
- b) não altera a dinâmica do fluxo subterrâneo natural;
- c) permite em algumas situações uma caracterização vertical da distribuição da contaminação;
- d) simplifica as operações durante a amostragem.

9.1.4 Limitações

As limitações deste método são as seguintes:

- a) flutuações do nível da água durante o período que o amostrador permanece no poço pode alterar o resultado;
- b) deve ser utilizado amostrador específico de acordo com os objetivos da amostragem e das substâncias-alvo;
- c) requer um conhecimento consistente do comportamento hidrogeológico do aquífero;
- d) requer um tempo de equilíbrio que em algumas situações pode ser relativamente longo, o qual deve ser previamente definido;
- e) é necessária a comparação com métodos convencionais previamente à adoção do método de purga passiva para demonstrar a aplicabilidade do método para cada situação específica.

10 Outras considerações

10.1 Descontaminação

Todo equipamento usado no poço deve ser adequadamente limpo antes de cada uso, compreendendo neste caso materiais reconhecidamente inertes ao contaminante-alvo ou analito-alvo e demais componentes internos do poço. Não se deve deixar que o equipamento limpo entre em contato com o piso ou qualquer outra superfície que possa contaminá-lo. Tubos utilizados na purga devem ser descartados entre os poços.

10.2 Medições de campo

Muitos dos métodos de purga envolvem medição de parâmetros indicadores. Os parâmetros a serem medidos e a frequência de suas medições devem ser especificadas no plano de amostragem. Os parâmetros mais comumente medidos incluem, mas não se limitam a, pH, condutividade elétrica, turbidez, temperatura, oxigênio dissolvido e potencial de oxirredução. Instruções de operação dos fabricantes devem ser seguidas para cada instrumento individual.

10.3 Calibração de equipamento

Todos os instrumentos usados durante a purga devem ser calibrados e a calibração documentada e realizada por profissional habilitado. Instruções do fabricante devem ser obedecidas. A frequência das calibrações deve ser de acordo com as recomendações do fabricante e condições específicas de uso.

11 Relatório

O relatório de purga e amostragem de um poço de monitoramento deve conter no mínimo o seguinte:

- a) dados relativos ao perfil construtivo do poço de monitoramento (profundidade, comprimento e posicionamento do tubo-filtro, diâmetro da perfuração e do tubo-filtro e de revestimento, material do tubo-filtro e tubo de revestimento);

- b) identificação do local (nome e endereço);
- c) identificação do poço de monitoramento;
- d) nome dos membros da equipe de amostragem;
- e) registro dos dados das condições climáticas;
- f) registro do uso de produtos que possam interferir nos resultados analíticos (protetor solar e repelente, por exemplo);
- g) dados de calibração de equipamentos utilizados em campo (identificação do instrumento e data da última calibração);
- h) anotação das condições de preservação e manutenção do poço de monitoramento (integridade da proteção superficial, obstruções no interior, integridade do tubo-filtro e de revestimento, presença de materiais estranhos etc.);
- i) anotação das observações efetuadas em campo (odores, medidas de vapores orgânicos);
- j) registro da aparência da água antes e após a purga (aspecto, turbidez), cor, odor);
- k) registro da data e o tempo de início e finalização da purga;
- l) descrição dos procedimentos de descontaminação de equipamentos não descartáveis;
- m) medição e anotação do nível da água estabilizado antes da purga, utilizando ponto de referência demarcado de elevação conhecida (descrever o ponto de referência), e a data em que esta medição foi efetuada;
- n) registro da presença ou não de fase livre e sua espessura;
- o) medição e registro da profundidade do poço de monitoramento e comparar com os dados construtivos (dependendo do método de purga, efetuar esta medição após a sua finalização);
- p) citação do método e dos equipamentos utilizados para purga;
- q) registro da variação do nível d'água durante a purga (anotar o nível da água em relação ao tempo de execução);
- r) vazão de purga na estabilização (se aplicável);
- s) volume de água purgada (se aplicável);
- t) registro dos resultados da medição efetuada durante a purga (nível da água, parâmetros indicadores, monitoramento de compostos orgânicos voláteis (VOC));
- u) registro das medições dos parâmetros indicadores na estabilização e tempo necessário para atingir a estabilização;
- v) descrição do manuseio e destinação da água purgada (se aplicável);
- w) métodos de coleta, manuseio e preservação das amostras coletadas.