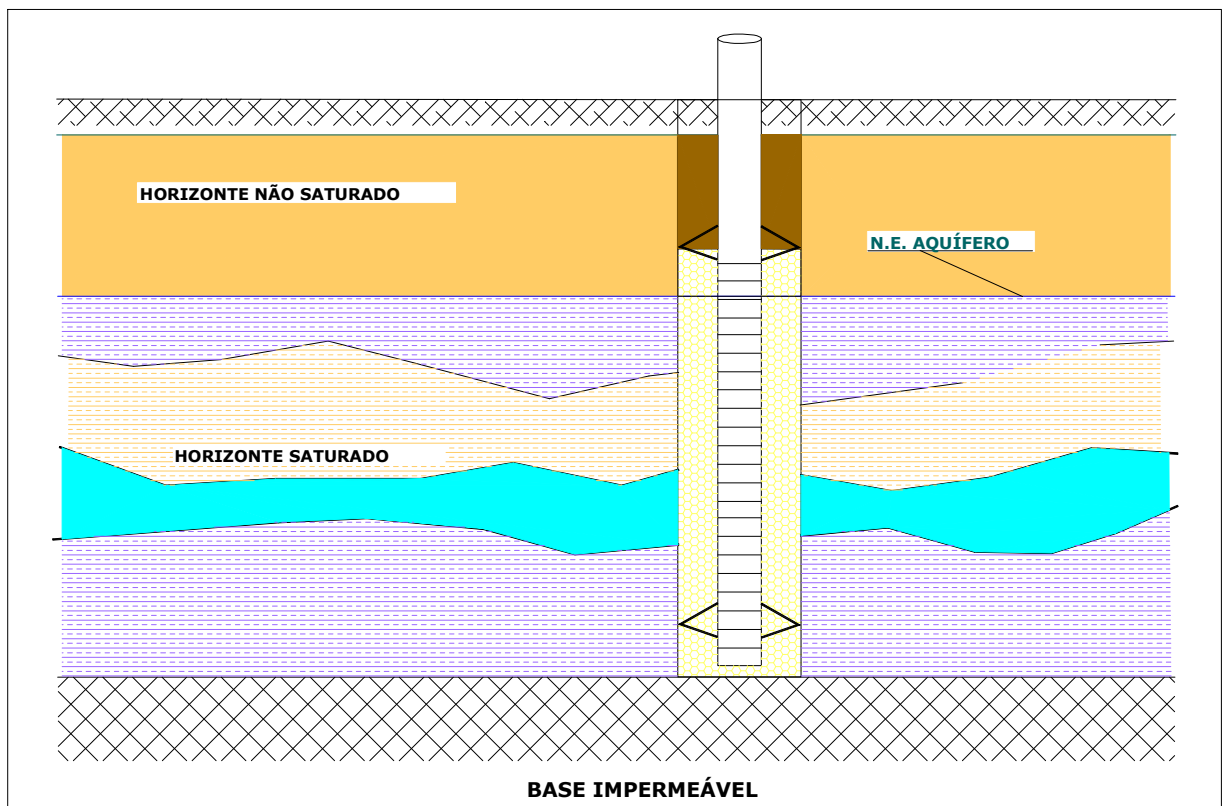


PERFURAÇÃO E INSTALAÇÃO DE POÇOS DE MONITORAMENTO



Data: 20 de agosto de 2008
Docente: João Alberto Bottura

PERFURAÇÃO E INSTALAÇÃO DE POÇOS DE MONITORAMENTO

REALIZAÇÃO – AESAS

PERFURAÇÃO E INSTALAÇÃO DE POÇOS DE MONITORAMENTO EM AQUÍFEROS GRANULARES

Data – 22/11/2007 das 8:30 as 12:00 - 13:00 as 16:30 horas

PROGRAMA DO CURSO

1. **Atividades prévias a perfuração** - licenças e autorizações, procedimentos de segurança, infra-estrutura e descontaminação dos equipamentos.
2. **Projeto do poço de monitoramento** – identificação da zona alvo de monitoramento, condicionantes morfológicas locais, obtenção de dados básicos locais, formulação do modelo hidrogeológico conceitual, diâmetros de perfuração, penetração no aquífero, dimensionamento de materiais (filtros, revestimentos, pré-filtro, isolamento).
3. **Perfuração** – dimensionamento da equipe, escolha do método e tipos de equipamento de perfuração, procedimentos para perfuração, coleta e descrição das amostras de solo;
4. **Instalação e Completação** – instalação da coluna de revestimento e filtro, centralizadores, dimensionamento e instalação da coluna de pré-filtro;
5. **Limpeza e desenvolvimento** – limpeza e desenvolvimento do poço de monitoramento, importância e resultados do desenvolvimento, equipamentos, materiais e procedimentos para sua realização;
6. **Isolamento e acabamento** – recomposição do pré-filtro, isolamento do espaço anular, construção da laje de proteção e limpeza da área;
7. **Ensaio de caracterização hidráulica** – execução do "Slug Test", interpretação e tratamento dos dados, cálculo dos parâmetros hidráulicos, avaliação dos resultados, conceitualização da perda de carga em poços;
8. **Atividades pós-construção** – locação, nivelamento e relatório da construção;
9. **Abandono da sondagem** – isolamento, elaboração do relatório;

SUMÁRIO

1 - ATIVIDADES PRÉVIAS

Licenças e autorizações
Procedimentos de segurança
Infra-estrutura
Descontaminação dos equipamentos

2 - PROJETO DO POÇO DE MONITORAMENTO

Identificação da zona alvo de monitoramento e das condicionantes morfológicas locais
Obtenção de dados básicos locais
Formulação do modelo hidrogeológico conceitual
Dimensionamento da perfuração, materiais e recursos
Tipos de poços de monitoramento
Diâmetros da sondagem
Penetração no horizonte saturado

3 - PERFURAÇÃO

Métodos de perfuração
Coleta de amostras de solo
Informações relevantes a serem registradas durante a perfuração

4 - INSTALAÇÃO E COMPLETAÇÃO

Instalação da coluna de revestimento e filtro
Informações a serem registradas durante o revestimento e colocação do pré-filtro

5 - LIMPEZA E DESENVOLVIMENTO

Procedimento de Limpeza e Desenvolvimento
Superbombeamento / Backwashing
Informações relevantes a serem registradas durante a limpeza e desenvolvimento

6 - ISOLAMENTO E ACABAMENTO

Recomposição do pré-filtro
Isolamento do espaço
Cimentação e laje de proteção
Limpeza da área
Informações relevantes a serem registradas durante o isolamento e acabamento

7 - ATIVIDADES PÓS-CONSTRUÇÃO

Ensaio de caracterização hidráulica (SLUG TEST)

Locação e nivelamento

Relatório da construção

8 - ABANDONO DA SONDAGEM

Informações relevantes a serem registradas quando do abandono da sondagem

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CURSO AESAS
PERFURAÇÃO E INSTALAÇÃO DE POÇOS DE MONITORAMENTO EM
AQUÍFEROS GRANULARES

João Alberto Bottura (*)
Hidrogeólogo

Poços de monitoramento construídos em aquíferos granulares são instrumentos permanentes que permitem o acesso direto ao aquífero e a água subterrânea nele armazenada visando o reconhecimento da distribuição dos estratos geológicos em subsuperfície, reconhecimento das características e condicionantes hidrogeológicas dos meios saturado e não saturado, medição do nível d'água, execução de ensaios de caracterização hidráulica, coleta de amostras de solo representativas para descrição litológica e caracterização dos contaminantes, coleta de amostras de água subterrânea isenta de turbidez para análises químicas e monitoramento permanente das condicionantes hidrogeológicas e hidrogeoquímicas locais.

O poço de monitoramento deve fornecer dados confiáveis para obtenção de amostras representativas e caracterização adequada do site, visto que todas as informações para os estudos de caracterização da contaminação são nele coletadas.

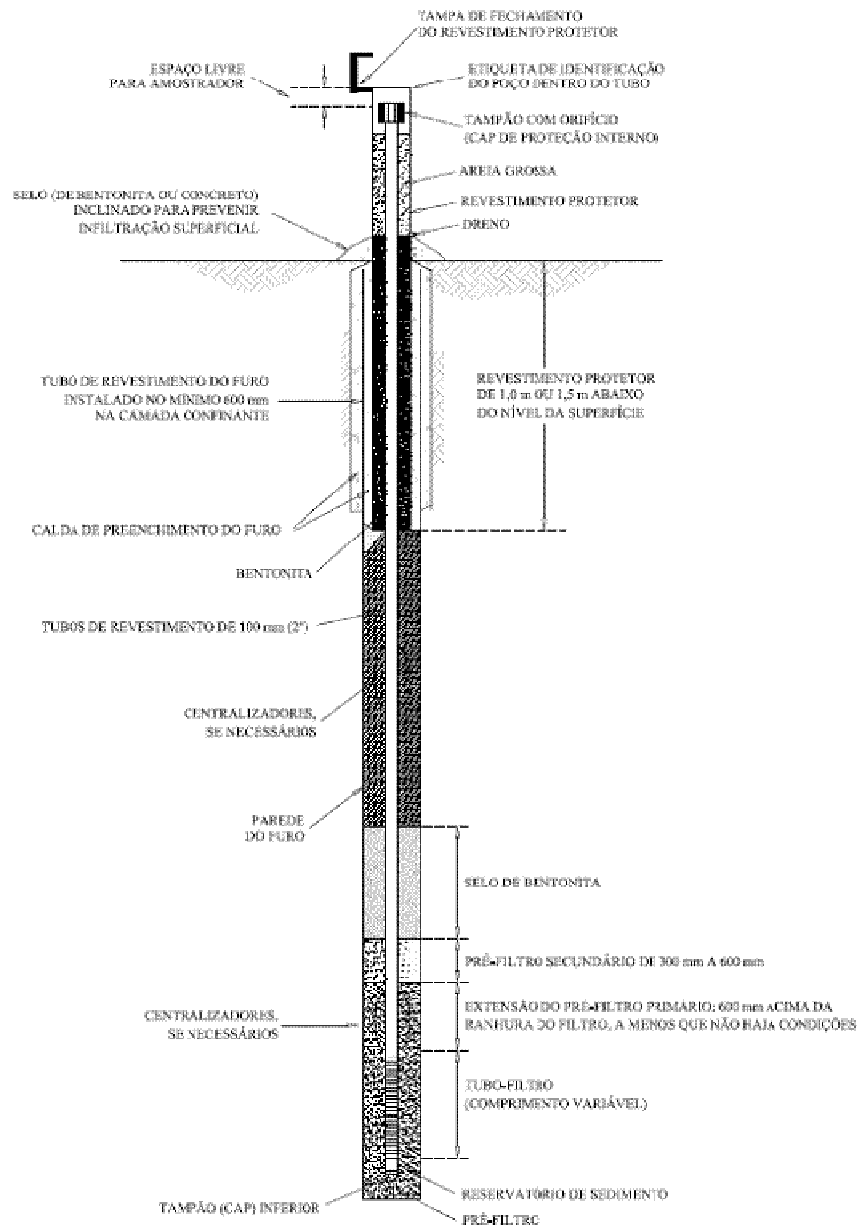
O poço de monitoramento típico deve ser executado de acordo com as especificações da **NORMA DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) – NBR 15495 – Poços de Monitoramento em Aquíferos Granulares. Parte 1: Projeto e execução e Parte 2: Desenvolvimento**. Consiste de tubo revestimento de material inerte aos compostos químicos possivelmente existentes na área, constituído por porção filtrante e porção cega, instalado em sondagem especificamente executada para este fim. Entre a coluna de revestimentos/filtros e a sondagem, deve ser mantido espaço, denominado como espaço anular, que será preenchido com material filtrante, pré-filtro de areia grossa ou cascalho, que irá evitar que material natural do aquífero migre para o interior do poço de monitoramento.

A operação de limpeza e desenvolvimento do poço de monitoramento deve ser realizada imediatamente após a colocação do pré-filtro, com base na **Parte 2 da NORMA ABNT**.

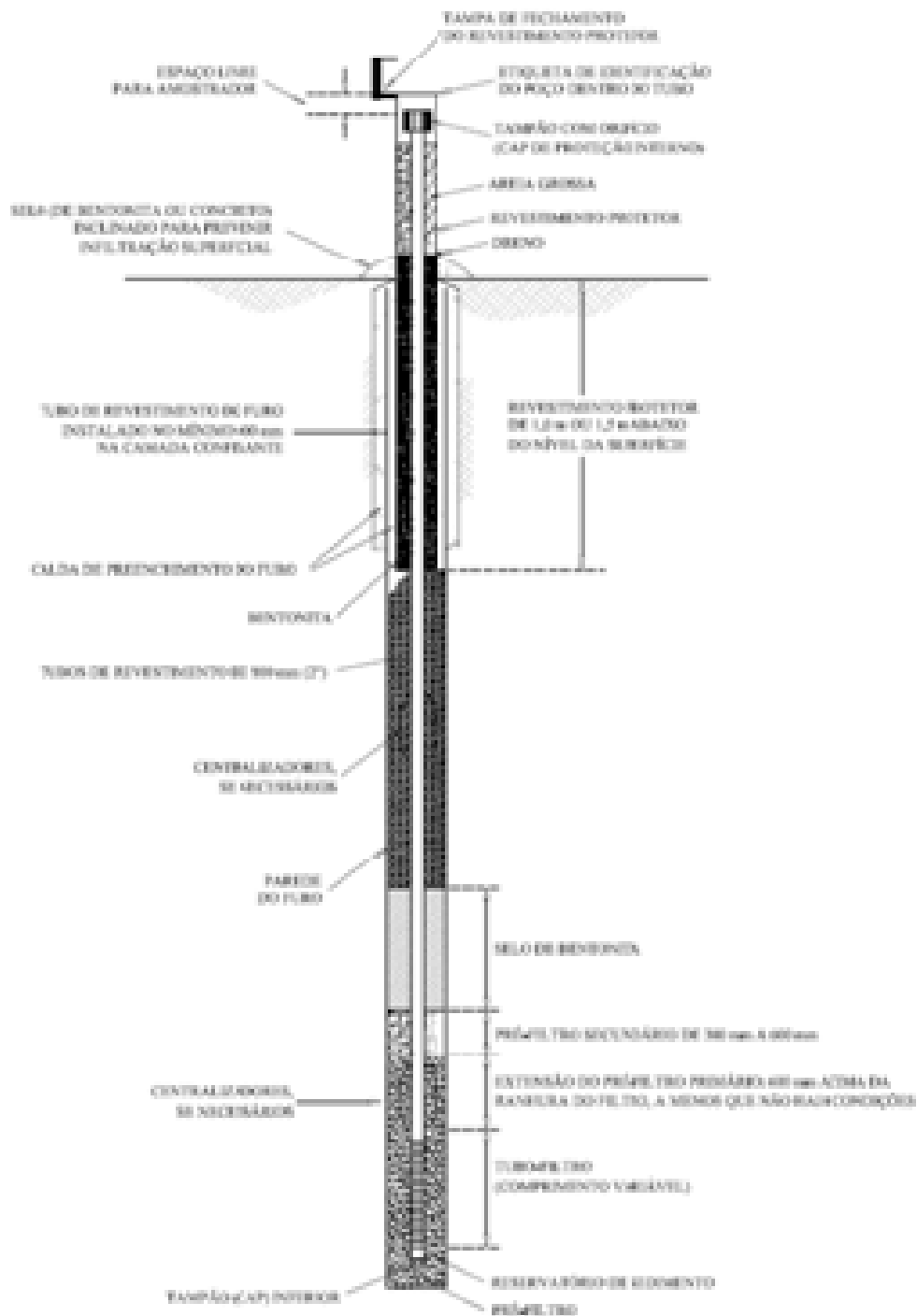
O espaço anular acima do nível da água subterrânea é preenchido com material impermeável, selo de bentonita e/ou cimentação, visando isolar o meio saturado e eliminar o risco de possível contaminação direta da superfície. Na superfície o topo do poço de monitoramento deve ser protegido com laje de cimento e tampa de proteção, com cadeado, com base na **Parte 1 da NORMA ABNT**

Alguns dos problemas principais verificados nos projetos e instalação de poços de monitoramento no Brasil, estão relacionados a:

- instalação de poço sem projeto construtivo;
- aplicação de método e procedimento de perfuração inadequado;
- uso de revestimento e filtro de material incompatível com o ambiente hidrogeológico e hidrogeoquímico;
- uso de filtro com ranhura irregular, executada manualmente ou de forma incorreta, não obedecendo a critério adequado de qualidade;
- uso de filtro com abertura da ranhura e envoltório de cascalho sem correto dimensionamento;
- dimensionamento inadequado do diâmetro de perfuração e revestimento, resultando em poços com inadequado envoltório de pré-filtro;
- instalação de poço de monitoramento com inadequado comprimento de penetração no aquífero;
- procedimento inadequado de colocação do pré-filtro no espaço anular do poço;
- falta de limpeza e desenvolvimento do poço instalado,
- seleção e colocação inadequada dos materiais para isolamento do espaço anular do poço;
- uso de materiais inadequados para proteção superficial do poço: tampas, laje de proteção, etc.;
- apresentação de relatório com descrição litológica dos estratos atravessados deficiente, informações inconsistentes sobre as atividades de perfuração e completação e perfis técnico e construtivo incompleto;



**FIGURA 1 – PERFIL TÍPICO DE POÇO DE MONITORAMENTO
(segundo Norma NBR 15.495 - 1).**



**FIGURA 2 – PERFIL TÍPICO DE POÇO DE MONITORAMENTO
(segundo Norma NBR 15.495 - 1).**

1 - ATIVIDADES PRÉVIAS

Licenças e autorizações

Previamente a qualquer campanha de sondagem para coleta de amostras de solos e instalação de poços de monitoramento devem ser obtidas autorizações e licenças e avaliadas as interferências dos procedimentos a serem adotados com a rotina do site e seus entornos, antes da mobilização das equipes ao campo.

Procedimentos de segurança

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

Infra-estrutura

As locações e acessos devem estar prontos e limpos antes da mobilização dos equipamentos e materiais para o site.

A água a ser usada nas atividades de limpeza e descontaminação dos equipamentos e cimentações de isolamento deve ser obtida a partir de fontes de suprimento de água potável. O responsável pelas operações de perfuração e instalação deve avaliar detalhadamente a adequabilidade da fonte de suprimento de água para o desenvolvimento de suas atividades.

Escoamento na superfície, devido a vazamentos em tanques ou reservatórios auxiliares aos equipamentos de perfuração, fluidos de perfuração, chuvas, etc., devem ser evitados e não tolerados de forma alguma. Estruturas apropriadas para proteção das perfurações, como tanques de armazenamento ou decantação de fluidos gerados, revestimento provisório da boca da sondagem, bermas nos entornos dos furos, selos superficiais impermeabilizantes, etc., devem ser utilizados.

Descontaminação dos equipamentos

Para início dos trabalhos e antes de serem enviados ao site: sonda, equipamentos, materiais, brocas, hastes, revestimentos, amostradores, ferramentas e qualquer tipo de material ou acessório pertencente ao equipamento de perfuração, deverá ser descontaminado através de lavagem com equipamento de alta pressão usando água quente. Apenas água potável poderá ser usada para descontaminação.

Todo equipamento deverá ser lavado no canteiro entre cada perfuração e entre cada procedimento de coleta de amostra de solo, quando for o caso, com água limpa e detergente neutro e enxaguado com água potável limpa e com água deionizada ou destilada, visando atender as exigências específicas das agências ambientais. Materiais que não estiverem satisfatoriamente limpos não devem ser utilizados sob o risco de induzirem contaminação. As atividades de lavagem para descontaminação devem ser conduzidas fora da zona de influência da área contaminada. O descarte da água utilizada deverá ser controlado e não poderá atingir de forma alguma o local da perfuração.

2 - PROJETO DO POÇO DE MONITORAMENTO

O poço de monitoramento é uma obra de engenharia e como tal é imprescindível o conhecimento prévio das condicionantes geológicas e hidrogeológicas locais, assim como as limitações impostas pelos contaminantes potenciais a serem investigados para elaboração de seu projeto executivo.

Em áreas com conhecimento adequado o levantamento do histórico e de informações básicas e a pesquisa bibliográfica podem fornecer as informações suficientes para elaboração do projeto, caso contrário deverá ser executado investigação de campo para subsidiar a elaboração do projeto.

Algumas das principais atividades que devem embasar a elaboração do projeto são:

Identificação da zona alvo de monitoramento e das condicionantes morfológicas locais – informações a serem obtidas em reconhecimento prévio do site e seus entornos;

Obtenção de dados básicos locais – bibliografia geológica e hidrogeológica básica, perfis de sondagens, mapas topográficos, geológicos e hidrogeológicos, perfis estratigráficos, perfis de poços de abastecimento, etc.;

Formulação do modelo hidrogeológico conceitual - com base em informações adequadas de: litologia local, tipos de aquíferos a serem investigados, profundidade do nível d'água local, posição e profundidade dos estratos impermeáveis, direções e sentido do fluxo da água subterrânea, condicionantes de recarga local, etc.;

Dimensionamento da perfuração, materiais e recursos – com base na natureza dos materiais a serem atravessados devem ser dimensionados: métodos de perfuração, tipos de amostradores, tipos e materiais de filtros e revestimentos, materiais para pré-filtro e isolamento, materiais para completação e acabamento, etc.;

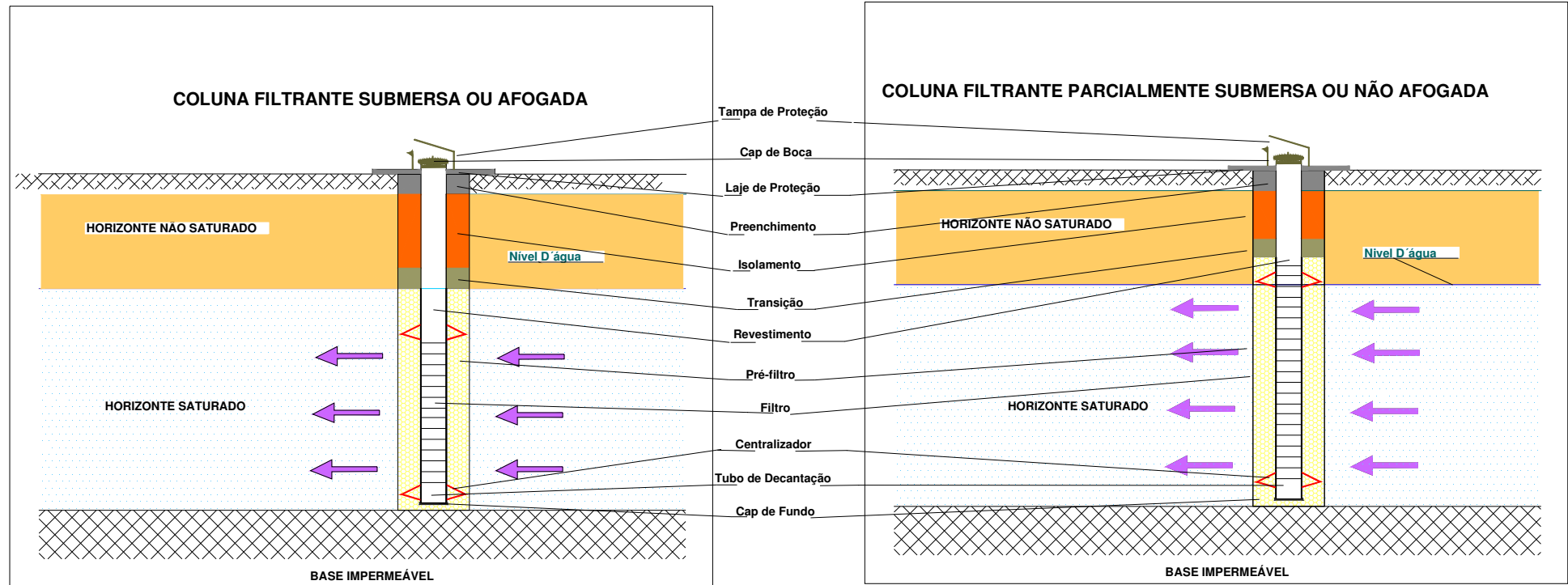
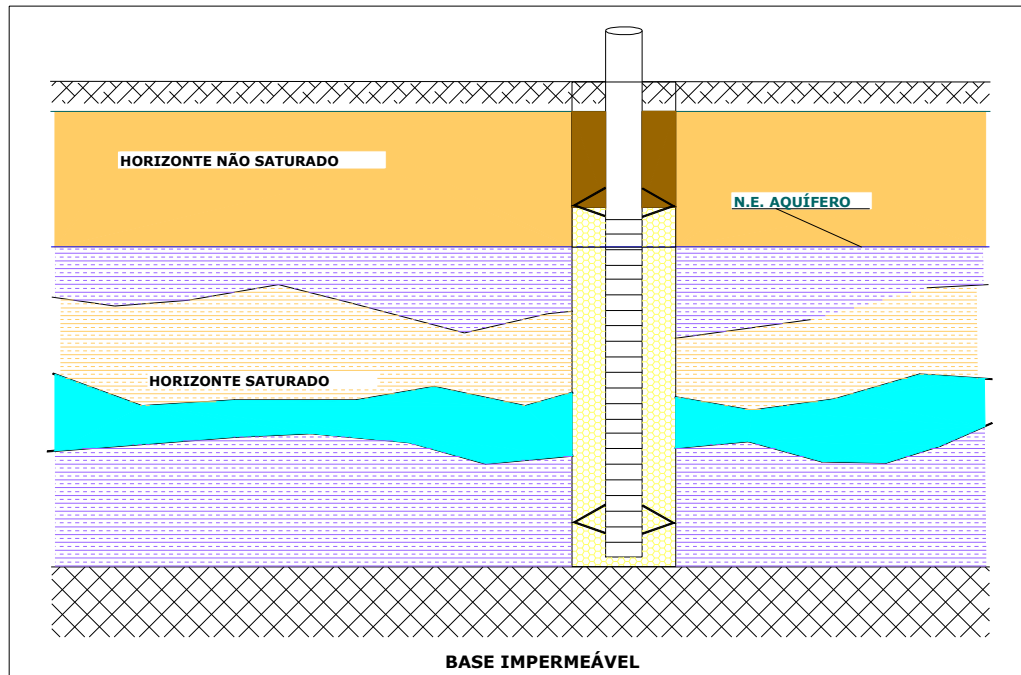


FIGURA 2.2 – PROJETO BÁSICO DE POÇO DE MONITORAMENTO

**FIGURA 2.1 – PERFIL DE INSTALAÇÃO****Tipos de poços de monitoramento**

Os poços de monitoramento são definidos e projetados de acordo com os objetivos, fase do estudo, particularidades da geologia e hidrogeologia local, tipos de aquíferos e características dos contaminantes pesquisados. Os tipos de poços de monitoramento, comumente instalados são:

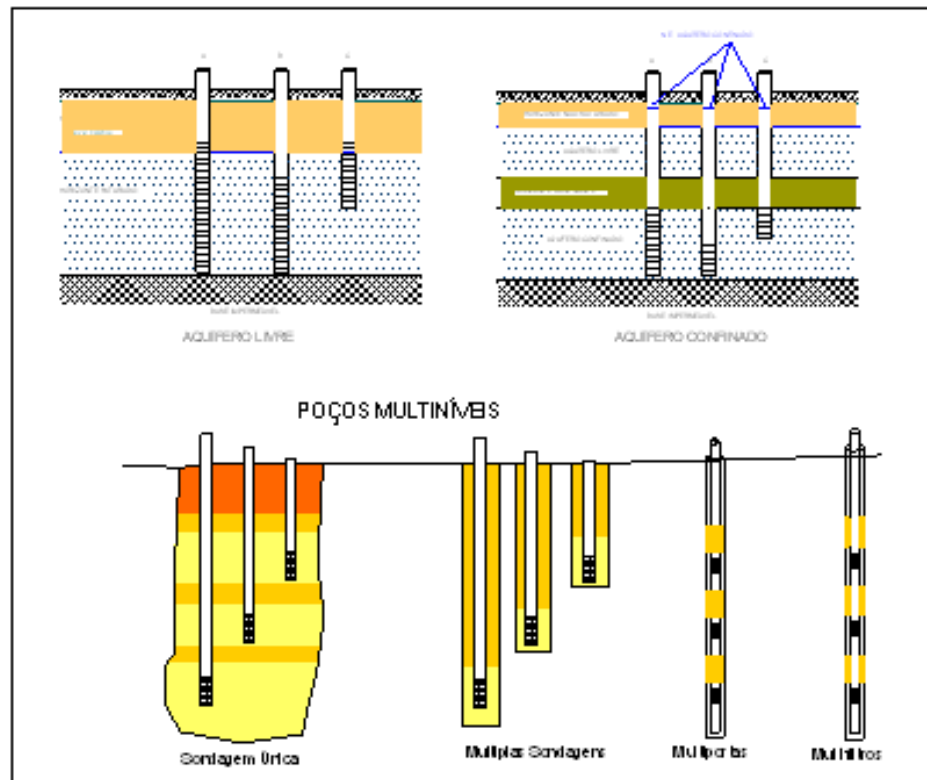
- Poço totalmente penetrante com coluna filtrante acima do nível d'água, em aquífero livre;
- Poço parcialmente penetrante com coluna filtrante acima do nível d'água, em aquífero livre;
- Poço parcialmente penetrante com coluna filtrante afogada, em aquífero livre;
- Poço totalmente penetrante com filtro não afogado, em aquífero confinado;
- Poço parcialmente penetrante com filtro afogado, em aquífero confinado;
- Poço parcialmente penetrante com filtro não afogado, em aquífero confinado;
- Poço multinível, em aquífero livre, confinado, ou multicamadas;

Diâmetros da sondagem

O diâmetro final da sondagem deverá ter no mínimo 8 polegadas para permitir a instalação de poço de monitoramento de 4 polegadas, 6 polegadas para instalação de poço de monitoramento de 2 polegadas ou 5 polegadas para instalação de poço de monitoramento de 1 polegada, diâmetros de revestimento mais comumente utilizado no Brasil.

Espaço anular com espessura de 2 polegadas é o mínimo adequado para instalação de poço de monitoramento.

FIGURA 2.2 - TIPOS DE POÇOS DE MONITORAMENTO



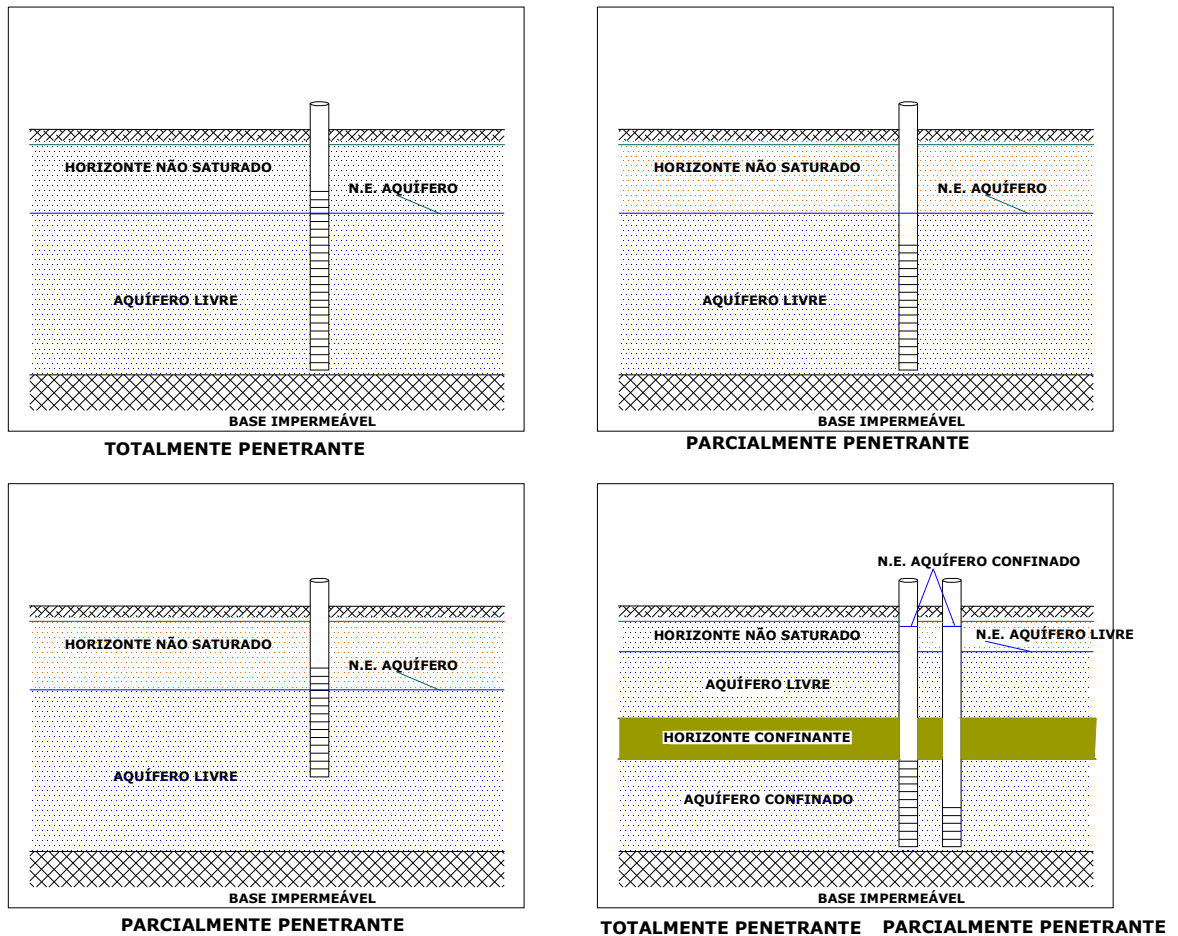
Penetração no horizonte saturado

O dimensionamento da coluna filtrante deve ser feito com base no perfil estratigráfico da zona de interesse, materiais atravessados, contaminantes alvos e principalmente, a variação sazonal do nível d'água, quando esta não for considerada poderá acontecer de termos o poço seco no período de estiagem.

Coluna filtrante penetrando entre 2 metros e 3 metros, no momento da instalação é adequada para poços de monitoramento, coluna menor que 2 metros dificulta a limpeza, o desenvolvimento do poço e limita as operações de purga e amostragem. Coluna filtrante com penetração longa causa a diluição dos contaminantes presentes, enquanto coluna com penetração curta causa a concentração dos contaminantes.

A coluna filtrante ideal deve ser dimensionada com base nas variações sazonais da profundidade do nível d'água do site em estudo, de modo que no período seco, época na qual a profundidade do nível d'água é maior, a coluna filtrante seja da ordem de 2 metros. Os poços dimensionados desta maneira, teóricamente em nenhuma época do ano ficarão secos. Desta forma a coluna filtrante que penetra no meio saturado será a variação sazonal local, mais a porção acima do nível d'água para identificação da presença de fase livre, quando for o caso, adicionada de 2 metros.

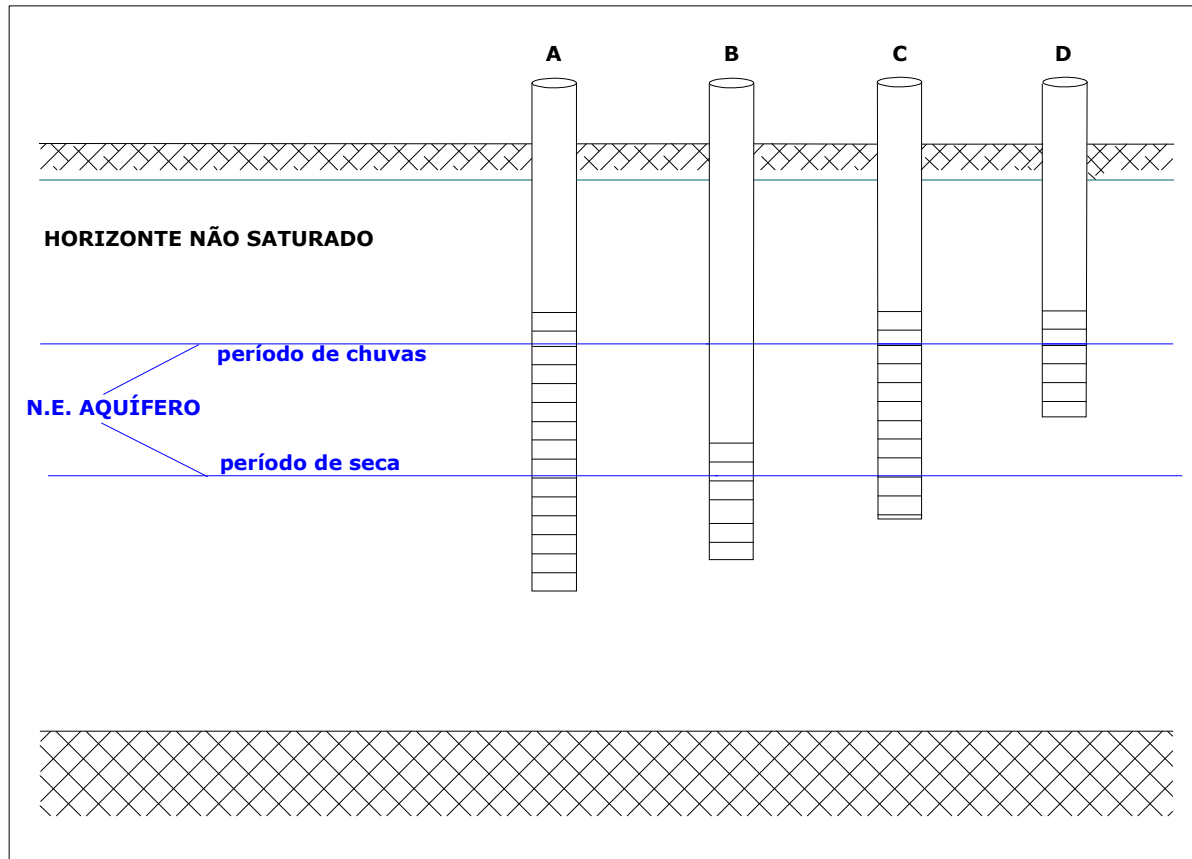
FIGURA 2.2 - TIPOS DE POÇOS DE MONITORAMENTO



Quando ao posicionamento da coluna filtrante os poços de monitoramento são completados com coluna filtrante não afogada ou afogada:

- coluna filtrante designada como totalmente submersa ou não afogada, caracteriza-se quando o topo da seção filtrante é posicionado acima do nível d'água, situação aplicada no caso da presença de contaminates menos densos que a água (LNAPL) ou dissolvidos;
- coluna filtrante designada como parcialmente submersa ou afogada, caracteriza-se quando o topo da seção filtrante é posicionado abaixo do nível d'água, situação aplicada no caso da presença de contaminates mais densos que a água (DNAPL);

Não deve ser confundido penetração no horizonte saturado com comprimento da coluna de filtros, caso da designação de filtro longo ou curto. Os filtros quando instalados no horizonte não saturado, não penetram o horizonte saturado. O poço pode ter filtro longo e ter pequena penetração no meio saturado, veja o exemplo da Figura 2.2 A, para o período seco e de chuvas.

FIGURA 2.2 - COLUNA FILTRANTE

3 – PERFURAÇÃO

Sondagens em solos e sedimentos inconsolidados em estudos ambientais devem ser executadas com equipamentos que operem a seco, ou seja, sem o uso de fluído de perfuração, mesmo que o fluído utilizado seja a água. O Direct Push e o Hollow Stem Auger são os métodos mais adequados para este tipo de perfuração (FIGURA 3.1). Trado Manual ou Mecânico, Solid Stem Auger, Sondagem a Percussão Sem Lavagem e Direct Push podem ser utilizados desde que atendam os requisitos mínimos requeridos de diâmetros, espaço anular e penetração no aquífero.

Equipamentos de Perfuração Rotativo com Fluído, Percussão a Ar (rotopneumática) ou Percussão a Cabo devem ser aplicados quando a geologia ou hidrogeologia local dificultar a utilização dos acima citados, se a formação a ser penetrada é competente, constituída preferencialmente por alteração de rocha, rocha alterada ou rocha sã fraturada. Sempre que for necessária a utilização de métodos de perfuração alternativos deve ser justificado no relatório o motivo de sua aplicação.

A aplicação de perfuração com Hollow Stem Auger ou Trado Oco é o mais adequado por permitir que a sondagem fique revestida continuamente durante todo o procedimento de perfuração e por não ser necessário o uso de qualquer tipo de fluido de perfuração, que pode mascarar evidências de contaminação ou interferir no processo de migração dos contaminantes.

A perfuração com equipamento de Direct Push é adequada para instalação de poços de pequeno diâmetro, 1 polegada ou menor, tendência que vem aumentando nos últimos anos, principalmente quando os poços são temporários, ou para caracterização expedita.

Caso necessário à utilização de fluidos de perfuração para aplicação dos métodos alternativos a qualidade dele deve ser monitorada continuamente durante o processo de perfuração e o balanço do volume de fluido utilizado deve ser efetuado com detalhe.

Quando encontrados durante as perfurações estratos de solos contaminados (detectados, visualmente, pelo olfato, detectores por fotoionização, etc) com potencial de contaminar estratos inferiores, a perfuração deve ser paralisada para adequação dos procedimentos visando evitar a indução de contaminantes para os estratos de solo ou água inferiores. Dentre as alternativas de continuidade o uso de revestimento provisório do furo com a continuação da perfuração por dentro deste é procedimento adequado. Eventualmente cimentação ou isolamento com bentonita e reperfuração, pode ser realizada. No caso de instalação do poço de monitoramento em aquíferos confinados, o horizonte superior saturado e não saturado, aquífero livre superior não confinado ou horizonte confinante, deverão, de acordo com os objetivos do projeto, ser protegidos com revestimento definitivo e isolamento do espaço anular, com cimentação ou plug de bentonita.

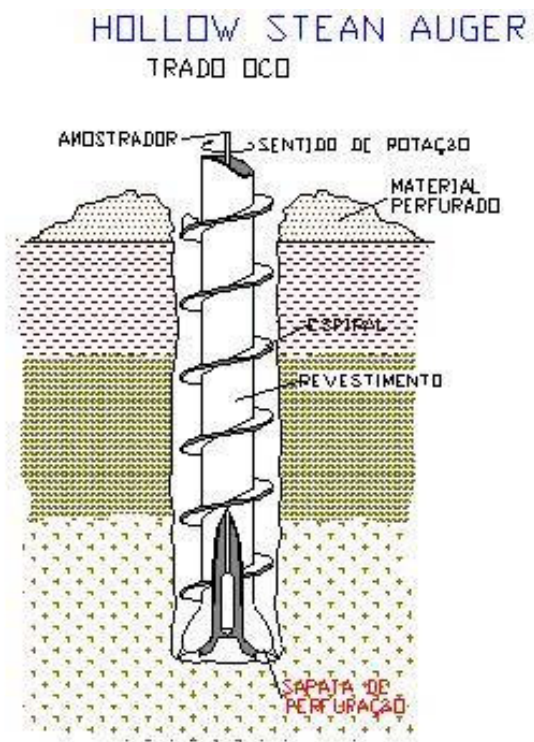


FIGURA 3.1 – PERFURAÇÃO COM HOLLOW STEAM AUGER



TRADO MANUAL



PERCUSSÃO



TRADO ESPIRAL



TRADO OCO



PERCUSSÃO A AR



PERCUSSÃO A CABO

FIGURA 3.2 – EQUIPAMENTOS DE PERFURAÇÃO

Coleta de amostras para descrição litológica

Como os métodos de perfuração regra geral são destrutivos, a amostragem dos solos, sedimentos e rochas atravessadas, deve ser executada concomitantemente a sondagem para instalação do poço de monitoramento. O ideal é a amostragem contínua até a profundidade final projetada com posterior alargamento da sondagem para instalação do poço de monitoramento. Alternativamente o amostrador de solo pode ser introduzido no furo em intervalos da ordem de 1 metro, previamente ao avanço da ferramenta de perfuração.

Amostras com cerca de 200 gramas para descrição litológica deverão ser coletadas e descritas continuamente, desde a superfície até a profundidade final da perfuração. Depois de descritas as mesmas devem ser acondicionadas em sacos plásticos e etiquetadas.

O perfil descritivo do furo deve conter no mínimo as informações a seguir:

- intervalo de amostragem, topo e base;
- porcentagem de amostras recuperadas e coletadas;
- presença ou não de contaminação;
- descrição das amostras, incluindo: densidade relativa, cor, textura principal, constituintes principais e secundários, porosidade, umidade relativa, plasticidade, coesividade, granulometria, estruturas ou estratificação, permeabilidade relativa e qualquer informação significativa como: odor, presença de líquidos, etc;
- contatos litológicos, a profundidade de contatos geológicos ou mudanças texturais significativas devem ser medidas e registradas com precisão centimétrica;

Amostras que apresentam evidências de contaminação devem ser manuseadas com os devidos cuidados e as informações registradas na caderneta de campo.

Solos gerados durante a perfuração devem ser considerados como potencialmente contaminados e devem ser armazenados em recipientes apropriados e dispostos em local adequado, visando sua destinação final.

Informações relevantes a serem registradas durante a perfuração

- profundidade da sondagem no início e ao final do turno de trabalho;
- profundidade do nível d'água no início e ao final do turno de trabalho;
- diâmetros da sondagem;
- eventos de desmoronamento das paredes e boca do furo;
- descrição litológica das amostras e perfil geológico;
- dificuldades ao avanço da perfuração;
- evidências visuais de contaminação;
- imprevistos ocorridos durante a perfuração;

MÉTODO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Trado manual ou mecânico	baixo custo, fácil operação, uso em áreas de difícil acesso	limitado para penetrar em solo consolidado e no meio saturado, limitação de diâmetro
Percussão sem lavagem	baixo custo, fácil operação	limitado para penetrar em solo consolidado, limitação de diâmetro
Percussão com lavagem	baixo custo, fácil operação	limitado para penetrar em solo consolidado, limitação de diâmetro e uso de fluido
Hollow Stem Auger	pouco dano no aquífero, perfuração a seco, sem risco de desmoronamento, sem limite de penetração no saturado	limitado para penetrar em solo consolidado
Solid Stem Auger	pouco dano no aquífero, perfuração a seco	limitado para penetrar em solo consolidado, acabamento em furo aberto
Direct Push	perfuração a seco	limitado para penetrar em solo consolidado, limitação de diâmetro
Percussão a ar	perfuração a seco, rápido, sem limite de diâmetro e profundidade, penetra em rocha consolidada	amostragem dificultada, uso de ar, colmatação de fraturas;
Percussão a cabo	perfuração a seco, sem limite de diâmetro e profundidade, penetra em rocha consolidada	lento, amostragem dificultada;

TABELA 01 – PERFURAÇÃO, VANTAGENS E DESVANTAGENS

4 - INSTALAÇÃO E COMPLETAÇÃO

Instalação da coluna de revestimento e filtro

Ao término da perfuração a coluna de revestimento definitivo deverá ser instalada a partir do fundo da sondagem até a superfície, adequando sua base e topo ao tipo de proteção a ser utilizada no poço de monitoramento, tampa de proteção ou de calçada. Quando possível deve ser evitado o corte do tubo de revestimento, ajustando a profundidade da perfuração ao comprimento da coluna de revestimento.

A coluna de revestimentos e filtros deve ser limpa com vapor ou água potável sob pressão antes da instalação ou então enviadas ao site previamente limpa e embalada adequadamente.

A coluna filtrante deve ser contínua a partir do fundo da sondagem, tomando-se o cuidado de manter a sua extremidade inferior tamponada e suspensa à cerca de 10 cm do fundo da sondagem, para ficar tensionada e verticalizada previamente a colocação do pré-filtro. Na base da coluna deve ser mantido revestimento liso com comprimento da ordem de 30 cm, para decantação de material sólido. Seu topo deve ser dimensionado com base nos: objetivos do estudo, geologia e hidrogeologia locais e contaminantes pesquisados.

Devem ser utilizados tubos e filtros de PVC Geomecânico ou outro material resistente aos contaminantes pesquisados, com rosca macho e fêmea, tamponados na base e no topo. O filtro deve ter abertura definida em projeto e ser compatível a: granulometria da porção mais fina das formações penetradas e do pré-filtro. A coluna de revestimentos e filtros deve ser introduzida no interior do poço por dentro da coluna do revestimento da perfuração quando esta for executada com trado oco (FIGURA 4.1).



FIGURA 4.1 – INSTALAÇÃO DO REVESTIMENTO E FILTROS

Quando a descida do revestimento for feita diretamente no furo aberto deverão ser utilizados centralizadores instalados a pelo menos cada 5 metros, no mínimo dois centralizadores devem ser utilizados em cada poço.

Os materiais de revestimento e filtros, no caso de risco de ataque químico ao PVC, devem ser especificados no projeto e justificados com base nos contaminantes potenciais investigados. Revestimentos e filtros de Polietileno, Polipropileno e Aço Inoxidável, são materiais alternativos que podem ser utilizados.

Instalação da coluna de pré-filtro

O envoltório de pré-filtro tem a função de evitar a entrada de material fino da formação através das aberturas do filtro, para o interior do poço. Ele deve ser colocado imediatamente após introduzida e centralizada a coluna de revestimento e filtros. O envoltório de pré-filtro deve ser constituído por cascalho quartzoso, arredondado, bem selecionado e com grãos uniformes; com granulometria dimensionada com base na granulometria da formação a ser monitorada e deve preencher o espaço anular entre a coluna de revestimento e filtros do poço de monitoramento e as paredes da sondagem, ele ficará em contato com os materiais da formação.

O pré-filtro deve ser enviado ao site embalado em sacos plásticos estanques e inertes com indicação na embalagem de suas especificações (granulometria, uniformidade, arredondamento, peso específico, características físico-químicas e origem).

Paralelamente a descida do pré-filtro por gravidade o revestimento da perfuração (trado oco) deve ser retirado, a injeção do pré-filtro deve ser lenta e realizada com cuidado para que não haja empolamento e travamento entre a coluna de revestimento da sondagem e de revestimento e filtro do poço de monitoramento. O envoltório de pré-filtro deve preencher o espaço anular desde o fundo do poço até aproximadamente 0,60 metro acima do topo do filtro, quando aplicável.

Quando a colocação do envoltório de pré-filtro é realizada após a retirada do revestimento de perfuração (trado oco) ou quando a perfuração for realizada com furo aberto, o pré-filtro deve ser injetado a partir do fundo da sondagem com o auxílio de tubo de descida (edutor), com diâmetro adequado à geometria da sondagem e revestimento, sem causar risco de descentralização do revestimento do poço de monitoramento.

No caso da colocação do pré-filtro em furo aberto o tubo de descida (edutor) deve ser introduzido no espaço anular entre a sondagem e o revestimento definitivo do poço de monitoramento até

atingir o fundo, gradativamente a injeção do pré-filtro o tubo de descida vai sendo retirado. A injeção do pré-filtro sem o uso do tubo de descida pode ocasionar o colapso ou desmoronamento das paredes da sondagem. A descida do pré-filtro deve ser lenta e caso necessário pode ser retirada água do interior do revestimento por caçambeamento ou bombeamento lento e controlado para ajudar a descida e a acomodação do pré-filtro.

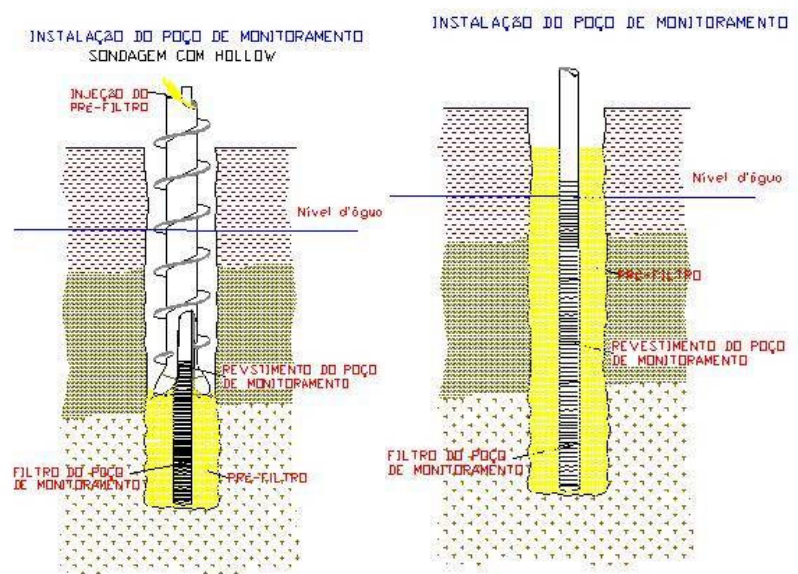


FIGURA 4.2 – INSTALAÇÃO DO ENVOLTÓRIO DE PRÉ-FILTRO

Para o dimensionamento da granulometria do pré-filtro e da abertura da ranhura do filtro, devemos:

- selecionar o horizonte a ser monitorado e coletar amostra de sedimento representativa de toda sua extensão, várias amostras devem ser selecionadas para realizar as análises granulométricas;
- escolher a curva granulométrica da porção mais fina da camada a ser revestida com filtros;
- escolher no eixo da porcentagem que passa da curva granulométrica o diâmetro dos grãos correspondentes a 30% (D30);
- multiplicar o valor do diâmetro escolhido no ponto 30% (D30) dos grãos que passam pelo valor 4 a 10. Escolha o valor entre 4 a 6 se a granulometria da formação for uniforme e se o diâmetro de 60% (D60) dos grãos que passam for igual ou menor que 0,25 mm;

- se o material da formação for inconsolidado e com gradação não uniforme, incluindo silte e argila, use multiplicador entre 6 e 10. A aplicação de multiplicador maior que 10 pode implicar em poço com produção de areia;
- o ponto correspondente a 30% dos grãos que passam (D30) multiplicado pelo fator determinado, anteriormente, será o primeiro ponto de material do pré-filtro, que deverá ter coeficiente de uniformidade menor que 2,5 (D60/D10). Por este ponto trace a curva granulométrica do pré-filtro;
- no ponto correspondente a 10% dos grãos que passam (D10) no eixo diâmetro dos grãos da curva granulométrica do pré-filtro representa a abertura da ranhura do filtro;
- o tamanho dos grãos do pré-filtro e a abertura da ranhura do filtro do poço de monitoramento são escolhidos para estabilizar a unidade hidrogeológica adjacente à seção filtrante, permitindo que apenas os grãos mais finos da formação atravessem a seção filtrante durante o desenvolvimento do poço.

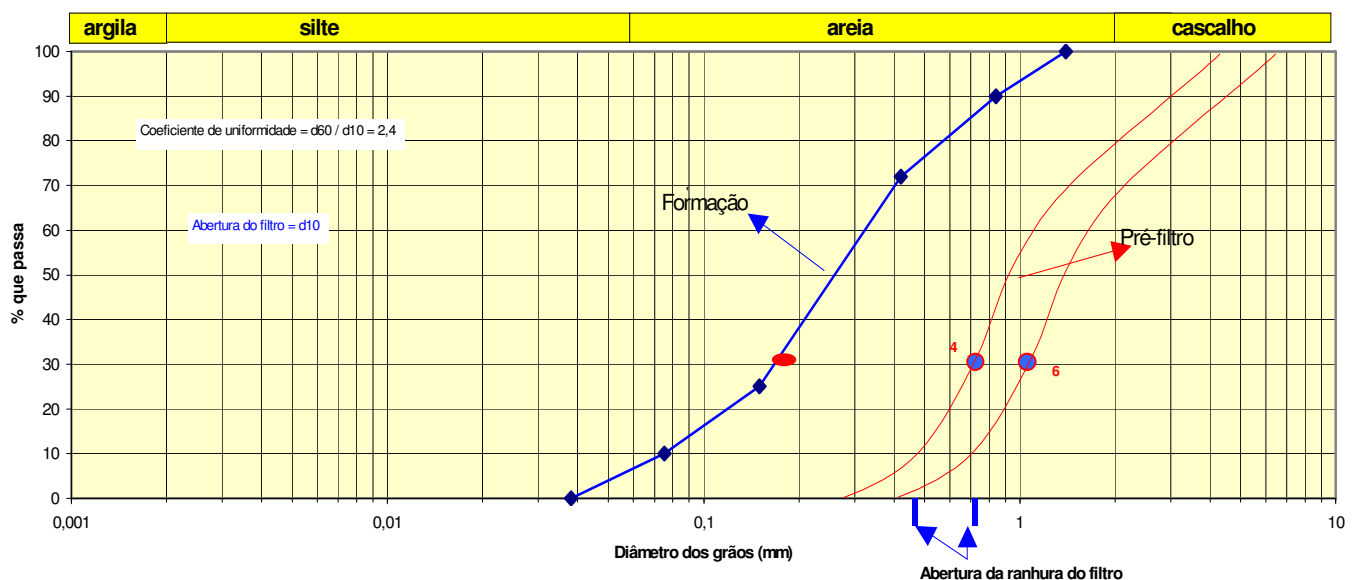


FIGURA 5 – DIMENSIONAMENTO DO PRÉ-FILTRO E FILTRO

Para dimensionarmos a abertura da ranhura do filtro com base na **Tabela 2** devemos:

- verificar com base na curva granulométrica do pré-filtro o diâmetro dos grãos que correspondem às faixas exemplificadas nas colunas da Tabela;
- selecionar a ranhura do filtro a partir da linha horizontal correspondente as características do pré-filtro adequado para a situação;

TABELA 02 – CARACTERISITCAS DE PRÉ-FILTRO RECOMENDADAS PARA ABERTURAS PADRÕES DAS RANHURAS DO FILTRO

Abertura da ranhura mm	Granulometria do pré-filtro (mm)	Nomenclatura da peneira <i>mesh</i>	Tamanho em que 1% dos grãos passam (d-1) mm	Tamanho efetivo (d-10) mm	Tamanho em que 30% dos grãos passam (d-30) mm	Variação do coeficiente de uniformidade	Grau de arredondamento
0,125	0,15 – 0,45	40 - 100	0,09 a 0,12	0,14 a 0,17	0,17 a 0,21	1,3 a 2,0	2 a 5
0,25	0,45 – 0,85	20 a 40	0,25 a 0,35	0,4 a 0,5	0,5 a 0,6	1,1 a 1,6	3 a 5
0,50	0,85 – 2,0	10 a 20	0,7 a 0,9	1,0 a 1,2	1,2 a 1,5	1,1 a 1,6	3 a 6
0,75	0,85 – 2,0	10 a 20	0,7 a 0,9	1,0 a 1,2	1,2 a 1,5	1,1 a 1,6	3 a 6
1,0	1,7 – 2,4	8 a 12	1,2 a 1,4	1,6 a 1,8	1,7 a 2,0	1,1 a 1,6	4 a 6
1,5	2,4 – 3,3	6 a 9	1,5 a 1,8	2,3 a 2,8	2,5 a 3,0	1,1 a 1,7	4 a 6
2,0	2,4 – 4,7	4 a 8	2,0 a 2,4	2,4 a 3,0	2,6 a 3,1	1,1 a 1,7	4 a 6

Informações a serem registradas durante o revestimento e colocação do pré-filtro

- profundidade da sondagem;
- composição, diâmetros e comprimento da coluna de revestimento;
- profundidade do nível d'água no início e ao final da instalação da coluna de revestimento;
- comprimento da coluna de pré-filtro;
- eventos de desmoronamento das paredes do furo;
- volume de pré-filtro utilizado;
- profundidade do nível d'água no início e ao final da colocação do pré-filtro;
- dificuldades na descida da coluna de revestimento e colocação do pré-filtro;
- evidências visuais de contaminação;
- imprevistos ocorridos durante a operação;

5 - LIMPEZA E DESENVOLVIMENTO

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

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 deve ser adequadamente construído e completado, o desenvolvimento não é ferramenta para consertar poço mal projetado e construído:

- 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;

Procedimento de Limpeza e Desenvolvimento

A limpeza e desenvolvimento devem ser iniciados imediatamente após a colocação do envoltório de pré-filtro e retirada do revestimento da perfuração. No caso da presença de formações instáveis a coluna de perfuração poderá ser mantida no interior do poço, com sua base alinhada alguns centímetros abaixo do topo do pré-filtro.

Vários métodos de desenvolvimento podem ser aplicados para poços de exploração de água subterrânea, porém em poços de monitoramento o limitado diâmetro, a pequena penetração no horizonte saturado e a impossibilidade da utilização de fonte externa de suprimento de água, limitam a exequibilidade e a eficiência das técnicas disponíveis.

Em poços de monitoramento o uso independente ou combinado do pistoneamento com pistão de válvula (surgeblock), bombeamento airlift e superbombeamento com lavagem invertida (backwashing), são os mais indicados. O desenvolvimento por estes métodos até a eliminação total dos resíduos de perfuração, estabilização do envoltório de pré-filtro, completa limpeza do poço e a produção de água limpa isenta de areia e turbidez é o procedimento mínimo a ser realizado.

O desenvolvimento por jateamento, apesar de muito eficiente em poço tubulares tem aplicação limitada em poços de monitoramento devido a complexidade de aplicação e necessidade do uso de água de fonte externa.

Caso seja notado que a água no interior do poço está excessivamente suja e com material grosseiro em suspensão é conveniente antes de iniciar o pistoneamento ou bombeamento a realização de limpeza com caçamba de limpeza, visando retirar este material mais grosseiro. A realização de perfuração a seco não impede a formação de fluido, a agitação exercida pela rotação da ferramenta de perfuração na zona saturada incorpora as argilas à água da formação, gerando fluido de natureza argilosa.

Para alcançar resultado eficiente a operação de desenvolvimento deve promover ação de fluxo e refluxo da água no interior do poço, através das ranhuras do filtro, ou seja, devem ser exercidas ações enérgicas de fluxo do interior do envoltório de pré-filtro para o interior do poço e de refluxo no sentido inverso, do interior do poço para o interior do envoltório de pré-filtro, com energia suficiente para atingir a interface formação / pré-filtro e garantir a mobilização dos resíduos de perfuração, reboco e partículas finas da formação e do pré-filtro.

Pistoneamento

O pistoneamento com pistão de válvula (surgeblock) é procedimento manual, de fácil operação e boa eficiência. Para sua realização conecta-se o pistão a mangueira flexível com comprimento maior que a profundidade do poço. A operação do pistão é realizada no interior dos filtros, em movimento de sobe e desce com curso da ordem de 20 – 30 cm no sentido descendente, iniciando 10 cm acima do topo da coluna do primeiro filtro e prosseguindo continuamente até atingir o fundo do poço.

O movimento sobe e desce no interior do poço promove energética ação de fluxo e refluxo de água no interior do envoltório de pré-filtro, através das ranhuras do filtro, com o intuito de promover o deslocamento do material fino e resíduos de perfuração, retidos no envoltório do pré-filtro e a retirada do material fino da interface formação / pré-filtro.

Para a obtenção de efeito de fluxo e refluxo adequado e eficiente, deve-se utilizar pistão, embolo provido ou não de válvula. Os pistões com válvula são mais eficientes por promoverem pressão diferencial no movimento sobe / desce. Durante o movimento descendente do pistão, o efeito de compressão da água é amortizado pela abertura da válvula, no movimento ascendente, a válvula se fecha e promove efeito de descompressão mais intenso, ocasionando então o arraste com mais

energia dos materiais finos e resíduos de perfuração. O material arrastado pelo pistoneamento deposita-se no fundo do revestimento do poço e deve ser então bombeado.

A retirada do material sólido pode ser feito com o próprio pistão de válvula, válvula de sucção, caçamba de limpeza ou bombeamento airlift.

O surgeblock quando utilizado em movimento lento e longo, não promove efeito de bombeamento inercial, por outro lado quando utilizado em movimento curto e rápido, promove o movimento inercial ascendente da água, como o promovido pela válvula de sucção, permitindo a retirada do material sólido do interior do poço. O uso de bombeamento airlift é mais eficiente para a limpeza retirada do material sólido do interior do poço.

Após cada seção de pistoneamento a posição do topo do envoltório de pré-filtro deve ser medida e caso necessário completada, para em seguida ser executado o bombeamento airlift do poço até a produção de água limpa. O procedimento de pistoneamento e bombeamento deve ser repetido após a recuperação do nível estático inicial até quando o envoltório de pré-filtro se estabilizar e o poço produzir água limpa isenta de sólidos e sem turvação da água no início de novo bombeamento.

O uso do pistoneamento no sentido ascendente não é recomendado devido o risco de formação de ponte no interior do envoltório de pré-filtro.

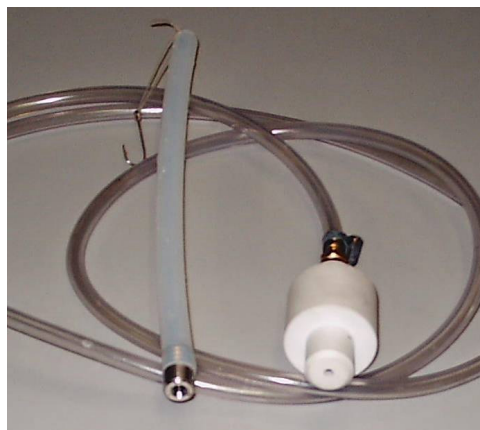
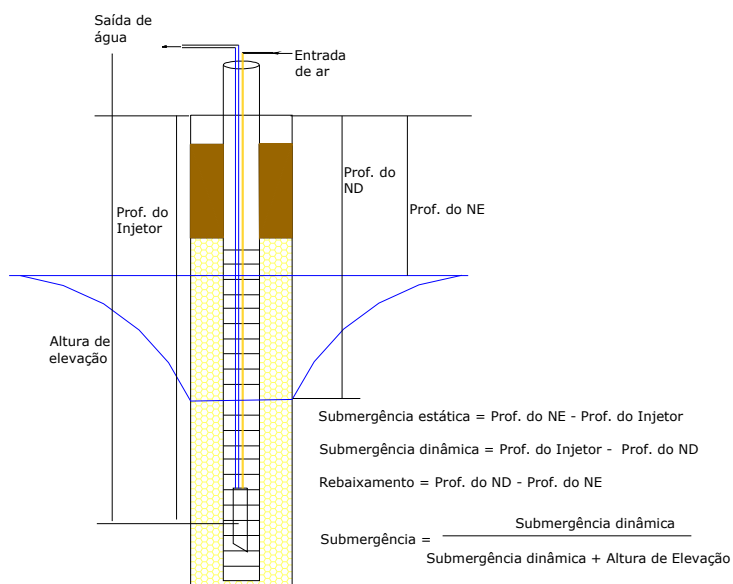
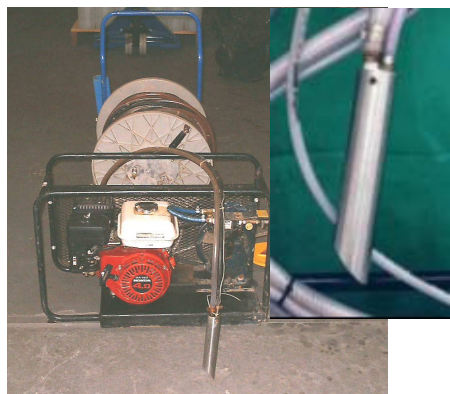
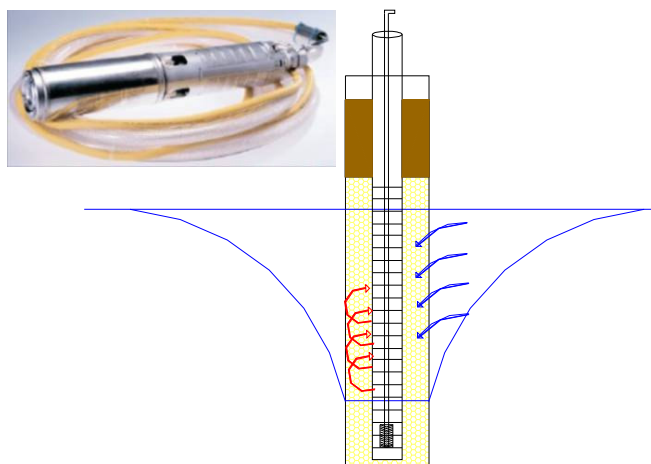
Bombeamento Airlift

Trata-se de método de bombeamento de aplicação simples, prático e de uso bastante difundido, sua principal propriedade consiste na habilidade de arrastar sólidos junto com a água bombeada. Os equipamentos e acessórios são simples, de fácil operação e manutenção, compõe-se por: compressor portátil, tubulações de plástico para injeção de ar e descarga da água bombeada e válvula injetora para realização da emulsão água/ar.

O bombeamento consiste basicamente na injeção do ar que promove a emulsão no interior da válvula injetora e promove o arraste para a superfície de água, ar e sólidos contidos no fundo do poço. A válvula injetora é colocada no fundo do revestimento do poço, abaixo do nível d'água, mantendo-se coluna de água acima da válvula para evitar a cavitação. Na FIGURA 5.1 é mostrada a geometria para realização do bombeamento airlift.

Superbombeamento / Lavagem Invertida (Backwashing)

Bombeamento intermitente do poço com bomba submersa sem válvula de retenção, o poço deve ser bombeado a vazão superior a sua capacidade induzindo o maior rebaixamento possível.

**(a) GEOMETRIA DO AIRLIFT****(b) SURGEBLOCK****(c) COMPRESSOR E INJETORA****(d) BACKWASHING E BOMBA SUBMERSA****FIGURA 5.1 – EQUIPAMENTOS PARA DESENVOLVIMENTO**

Quando atingido o máximo rebaixamento desligar a bomba para que a água contida na coluna de adução da bomba retorne para o interior do poço e promova a ação de limpeza do envoltório de pré-filtro, através do refluxo. Repetir o procedimento até quando o envoltório de pré-filtro se estabilizar e o poço produzir água limpa isenta de resíduos de perfuração, sólidos em suspensão e sem turvação da água no início de novo bombeamento.

Sua eficiência é limitada na base dos filtros porque a ação de refluxo não ocorre abaixo do crivo da bomba. Em poços onde a espessura do envoltório de pré-filtro não é adequada pode ocorrer o carreamento excessivo de material da formação dando origem a pontes.

Programa de Desenvolvimento

Cada método de desenvolvimento possui características próprias, tanto quanto à sua aplicabilidade como quanto à ação como processo para eliminação dos danos de formação e recuperação da qualidade e características originais do aquífero. A aplicação de qualquer deles isoladamente dificilmente propiciará eficaz desenvolvimento em toda a extensão do meio saturado penetrado pelo poço de monitoramento. É preciso, então, planejar adequadamente o programa de desenvolvimento, de maneira que ele propicie as ações efetivas necessárias para recuperação das características originais do meio saturado penetrado.

Não existe uma fórmula ou procedimento para aplicação geral, pois qualquer programa de desenvolvimento deve considerar variáveis; desde tipo de equipamento disponível, método de perfuração e completação (colocação do cascalho), tipo de fluido gerado, tipo e características dos filtros e revestimentos utilizados, adequabilidade e qualidade do cascalho e litologia das formações atravessadas, até a experiência e habilidade da equipe de trabalho. O programa de desenvolvimento deve incluir:

- a) efetivo e eficiente deslocamento dos resíduos de perfuração imediatamente após a colocação do envoltório de cascalho (limpeza do poço);
- b) eficiente ação de fluxo e refluxo da água no interior do envoltório de cascalho e ao longo de toda extensão de filtros, garantindo a retirada de todo o material fino das proximidades das paredes dos filtros e propiciando sua gradação horizontal;
- c) eficiente ação de limpeza ao longo de toda extensão dos filtros, garantindo a retirada de todo o resíduo de perfuração;
- d) eficiente ação de bombeamento, colocando o poço para produzir vazão superior àquela prevista para amostragem, com água isenta de turbidez, sem sólidos em suspensão e com baixa perda de carga.

Informações relevantes a serem registradas durante a limpeza e desenvolvimento

- profundidade do nível d'água no início e ao final de cada etapa da operação de limpeza e desenvolvimento;
- presença, espessura e descrição do material decantado no fundo do poço de monitoramento ao final de cada etapa da operação de limpeza e desenvolvimento;
- vazão e profundidade do nível d'água ao final de cada etapa da operação de limpeza e desenvolvimento;
- volume de pré-filtro utilizado na recomposição da coluna;
- características visuais da água bombeada e descrição do material em suspensão;
- pH, Eh, CE e OD da água ao final de cada etapa da operação de limpeza e desenvolvimento;
- imprevistos ocorridos durante a operação;

MÉTODO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Pistoneamento	baixo custo, fácil operação, remove sedimentos finos e resíduos de perfuração, assenta e rearranja o pré-filtro	limitado para grandes profundidades
Bombeamento Air lift	fácil operação, eficiente para remoção de sólidos	produz água p/a disposição
Superbombeamento	rápido, fácil operação, remove resíduos e fluído de perfuração	limitado para desenvolver a base do pré-filtro, produz grande volume de água p/a disposição
Lavagem Invertida (Backwashing)	fácil operação, assenta e rearranja o pré-filtro	limitado para desenvolver a base do pré-filtro, produz grande volume de água p/a disposição
Jateamento	eficiente para assentar, rearranjar o pré-filtro e remover resíduos de perfuração	operação trabalhosa, introduz água no poço,

TABELA 03 – DESENVOLVIMENTO, VANTAGENS E DESVANTAGENS**6 - ISOLAMENTO E ACABAMENTO**

Recomposição do pré-filtro – após encerrado o desenvolvimento o pré-filtro deve ser completado para manter coluna com 0,60 metros acima do topo do filtro. Acima do topo do pré-filtro deve ser colocada camada de 0,30 metros de material arenoso para transição (pré-filtro

secundário) cuja função será evitar a intrusão do material fino do isolamento do espaço anular no envoltório de pré-filtro.

Isolamento do espaço anular - com bentonita em pellets, bentonita em pó ou calda de cimento desde o topo do pré-filtro ou camada de transição até atingir cerca de 1,0 – 1,5 metros de espessura. A bentonita em pellets é o melhor material para isolamento do espaço anular e deve ser adicionado com ajuda de tubo edutor colocado no topo do pré-filtro/ transição, levantando-o gradativamente a medida que é adicionado o material. Terminada a colocação, adicionar água limpa, de preferência retirada do próprio poço, para promover a sua total hidratação.

Caso utilizar bentonita em pó ela deve ser de baixa viscosidade e alto conteúdo em sólidos, cerca de 25 Kg de bentonita deve ser adicionada a 50 litros de água e então mexida vigorosamente, através de misturador mecânico, até ser obtido material com consistência uniforme e então injetado por bombeamento com tubo edutor.

Quando utilizada calda de cimento deve ser vigorosamente misturado 1 saco de cimento em 18 a 20 litros de água, através de misturador mecânico até ser obtido material com consistência uniforme e então injetado por bombeamento com tubo edutor.

Cimentação e laje de proteção – após completado o isolamento do espaço anular, deve ser executada a cimentação do espaço anular remanescente com argamassa cimento x areia ou argamassa cimento x areia x pedrisco, para proteção mecânica do poço de monitoramento. A cimentação do espaço anular remanescente, construção de laje de proteção de 1 x 1 x 0,20 metros e instalação de protetor da boca do poço, tampa de proteção ou calçada deve ser realizada em operação contínua. A cura da cimentação e laje de proteção deve durar no mínimo 24 horas. A construção de laje de proteção deve ser executada em dimensão que permita adequado manuseio do equipamento de amostragem sobre ela.

Limpeza da área - Após encerrados os trabalhos a área deverá ser totalmente limpa e recomposta e todo resíduo gerado e materiais empregados na perfuração devem ser removidos.

Informações relevantes a serem registradas durante o isolamento e acabamento

- profundidade do nível d'água no início e ao final de cada etapa da operação;
- volume de pré-filtro utilizado para recomposição;
- tipos de materiais utilizados e volumes aplicados;
- posição do topo e base de cada elemento do isolamento;
- procedimentos e método de colocação;
- imprevistos ocorridos durante a operação;

7 - ATIVIDADES PÓS-CONSTRUÇÃO

Ensaio de caracterização hidráulica (SLUG TEST) - "Slugs Tests" são ensaios de caracterização hidráulica expeditos que podem ser realizados através da injeção ou extração de água. São também denominados como: de curta duração, infiltração, recuperação e deslocamento de coluna d'água.

Sua praticidade está relacionada ao curto tempo de duração e também por poder ser realizado nos poços de monitoramento. A boa prática recomenda que em todos os poços de monitoramento instalados em um site em estudo, ele seja realizado.

Na engenharia geotécnica os mais comuns são os que envolvem a injeção de água, mas na área ambiental as interferências externas ao aquífero (água subterrânea) devem ser evitadas, eles podem então ser executados por bombeamento, que envolve a extração de água ou então através de artifícios que alteram o equilíbrio hidráulico no interior do poço, mas não adicionem água ao meio, o método mais adequado em estudo ambiental.

Os procedimentos mais comuns para realização deste ensaio são descritos a seguir e a geometria para execução é mostrada nas **Figuras 7.1 e 7.2**.

- 1 - ao final do desenvolvimento do poço de monitoramento, registrar a vazão bombeada e imediatamente após desligar a bomba iniciar a medição da recuperação do nível d'água. Prolongar o ensaio até que o nível retorne a posição inicial (NE) ou durante pelo menos 30 minutos (Ensaio de Recuperação);
- 2 - o procedimento com a alteração do equilíbrio hidráulico no interior do poço, pode ser realizado como a seguir:
 - 2a - após o desenvolvimento do poço de monitoramento, inserir em seu interior tubo cilíndrico sólido que deslocará volume determinado de água do seu interior. Em decorrência da introdução do tubo o nível d'água no interior do revestimento do poço de monitoramento irá elevar-se e após o equilíbrio começará a rebaixar até o seu retorno à posição original do nível estático (H_s). O ensaio consiste na medição em intervalos de tempo regulares do rebaixamento (H) até o retorno do nível d'água a posição original (1ª Etapa - "slug test");
 - 2b - depois de colocado o tubo cilíndrico como indicado em 2a, aguardar o retorno do nível d'água a posição original do nível estático (H_s) para então retirar o tubo sólido introduzido no poço de monitoramento. Como resposta à retirada do tubo, o nível d'água no interior

do poço irá rebaixar e imediatamente após iniciar a medição em intervalos de tempo regulares da recuperação do nível d'água (H) até seu retorno a posição original (2ª Etapa - "slug test").

Para interpretação do ensaio de "Slug Test" e cálculo da condutividade hidráulica através do procedimento de introdução e retirada do sólido no interior do poço (2a e 2b) podem ser aplicados os Métodos Teóricos desenvolvidos por Hvorslev, Bower & Rice e outros.

O método de Hvorslev pode ser aplicado para aquíferos livres e o poço de monitoramento não precisa ser totalmente penetrante, ele assume que o meio é heterogêneo, isotrópico e infinito. Na FIGURA 7.1 é apresentada a geometria para sua execução. A leitura dos dados de rebaixamento / recuperação devem ser feitas em intervalos de tempo pré-determinados conforme apresentado na planilha para execução de Ensaio Pontual de Caracterização Hidráulica contida no Anexo.

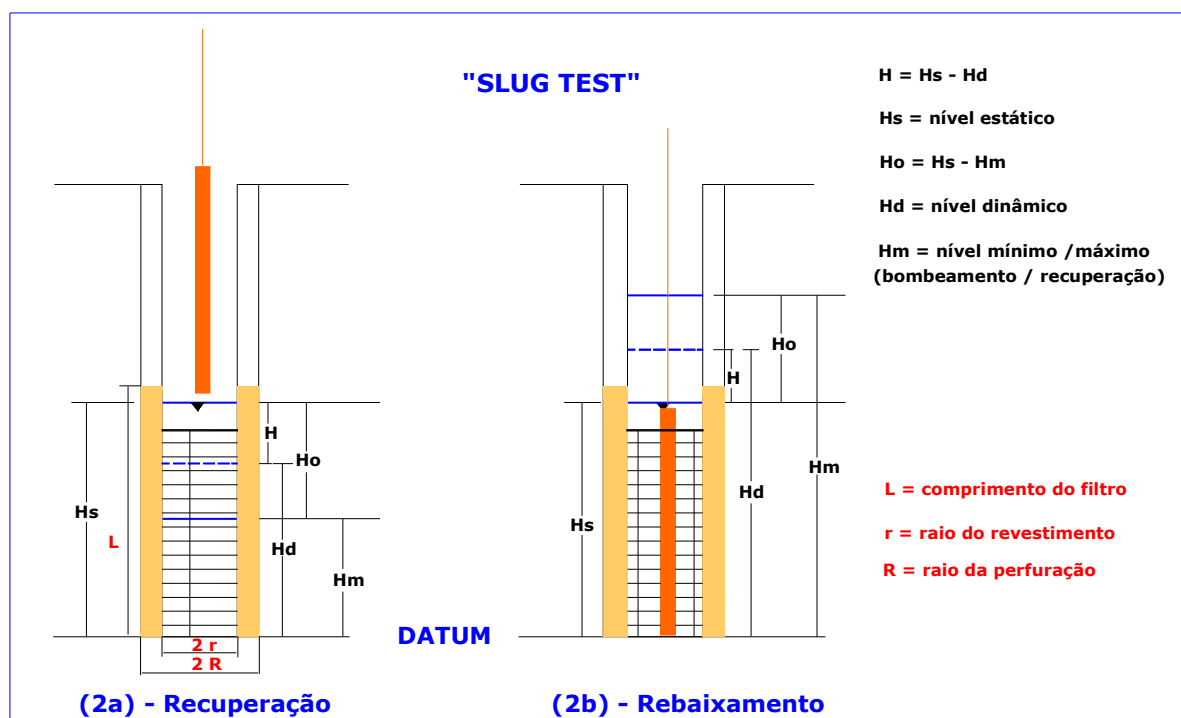


FIGURA 7.1 – GEOMETRIA PARA EXECUÇÃO DO "SLUG TEST"

Para interpretação as informações coletadas devem ser plotadas em gráfico monologaritmico, conforme mostrado na FIGURA 7.2. Os valores de (H / H_0) na escala logaritmica e o tempo t (min) na escala normal. Na reta obtida pela interpolação dos pontos ler no eixo do tempo, o tempo correspondente a 37 % do rebaixamento/recuperação, ele corresponde ao t_0 . Substituir os valores lidos no gráfico na equação a seguir e calcular a Condutividade Hidráulica:

$$K = (r^2 \times (\ln L/R)) / (2 \times L \times t_0) , \text{ onde:}$$

K = Condutividade Hidráulica

L – comprimento da camada filtrante (incluindo pré-filtro acima do filtro)

R – raio do poço (incluindo envoltório de pré-filtro)

r = raio do revestimento do poço de monitoramento

t_0 = tempo correspondente a 37% do rebaixamento/recuperação.

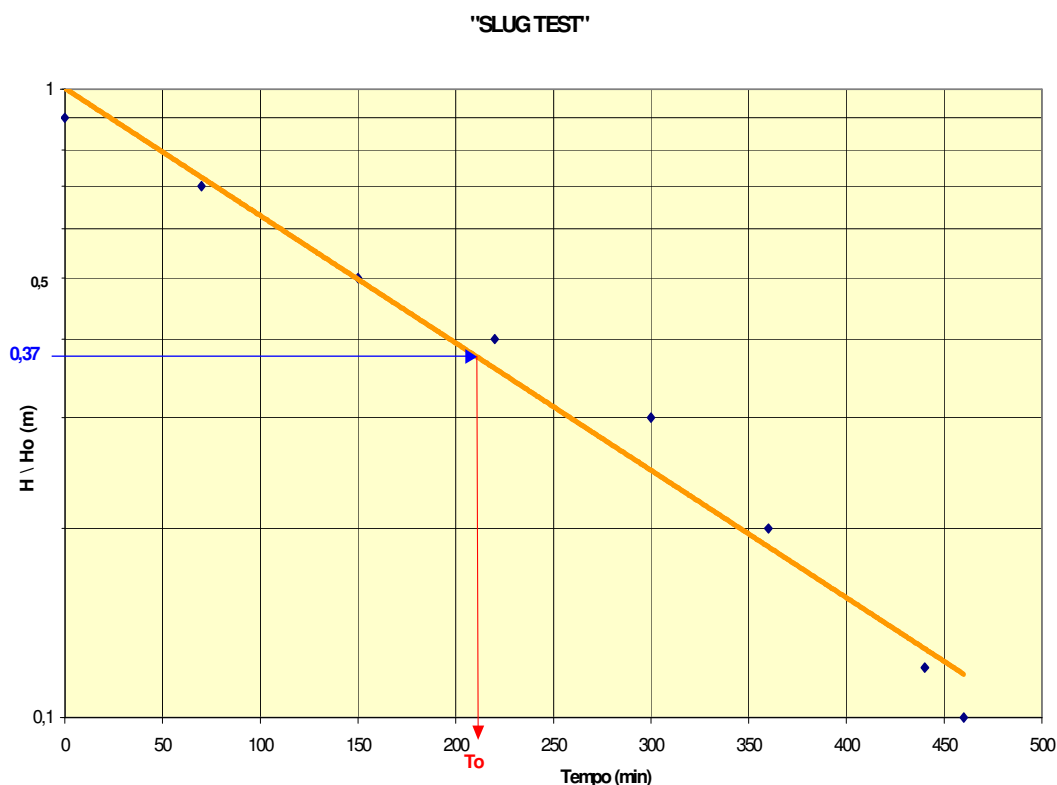


FIGURA 7.2 – GRÁFICO PARA INTERPRETAÇÃO DO "SLUG TEST"

Locação e nivelamento – as coordenadas X, Y e Z dos poços de monitoramento devem ser determinadas e lançados em mapa planialtimétrico. As coordenadas são fundamentais para elaboração de: seções geológicas e hidrogeológicas, diagramas tridimensionais, superfície potenciométrica do aquífero, definição das direções e sentido do fluxo subterrâneo, dentre outras. As coordenadas X, Y e Z e o nível de referência das medições efetuadas nos poços devem ser registradas e indicadas no relatório;

Relatório da construção – deve conter todas as informações coletadas desde a elaboração do projeto do poço até sua finalização.

Todas as informações e dados medidos e coletados durante a perfuração, instalação, colocação do pré-filtro, desenvolvimento, completação e ensaios devem ser registradas em planilhas apropriadas.

No relatório deve constar todas as etapas dos trabalhos efetuados: a metodologia e procedimentos adotados, os materiais utilizados e seus procedimentos de instalação, planilhas das atividades de limpeza, desenvolvimento e acabamento dos poços e dos ensaios executados, com descrição detalhada de todo e qualquer procedimento executado durante os trabalhos, quer sejam de rotina ou decorrentes de acidentes ou imprevistos ocorridos durante a perfuração, desenvolvimento ou testes. Toda e qualquer atividade realizada em desacordo com as Normas devem estar detalhadas e devidamente justificadas.

O relatório da construção pode ser estruturado como a seguir:

- 1 – Projeto do poço de monitoramento;
- 2 – Dados coletados durante a perfuração, instalação e completação;
- 3 – Desvios em relação ao projeto;
- 4 - Materiais utilizados e quantidades aplicadas;
- 5 – Desenvolvimento – métodos aplicados, duração e resultados;
- 6 – Ensaios realizados e resultados;
- 7 – Perfil litológico e construtivo do poço;

Alguns softwares disponíveis para realizar algumas das atividades previstas para elaboração do relatório, dos quais se destacam:

- Análises granulométricas – SieveGraph da Starpoint Software – www.pointstar.com;
- Interpretação de "Slug Test" – SuperSlug da Starpoint Software – www.pointstar.com, AquetSolve for Windows da Aquetsolve Software – www.aqtesolv.com e algumas planilhas eletrônicas em EXCEL do USGS – United States Geological Survey – www.usgs.gov;
- Construção de perfis técnicos e construtivos de poços de monitoramento – WinLog e WinFence da GAEA Technologies – www.gaea.ca e QuickLog e QuickFence da Geotechnical Graphics – www.mtechsoftware.com;

8 - ABANDONO DA SONDAGEM

Se a sondagem não for completada com a instalação do poço de monitoramento ela será abandonada. Para isto deverá ser feito preenchimento do furo com bentonita em pellets ou calda de cimento (mistura de cimento/bentonita também pode ser utilizada). Se a porção saturada do maciço foi penetrada, a cimentação deve ser feita por bombeamento com tubo edutor colocado próximo ao fundo da sondagem. O selo de bentonita ou cimento deve ser contínuo desde o fundo até o topo e atingir a superfície do terreno.

Mesmo quando a sondagem for abandonada deve ser feito o relatório detalhado de todas as atividades executadas.

Informações relevantes a serem registradas quando do abandono da sondagem

- profundidade da sondagem no início e ao final do turno de trabalho;
- profundidade do nível d'água no início e ao final do turno de trabalho;
- diâmetros da sondagem;
- eventos de desmoronamento das paredes e boca do furo;
- descrição litológica das amostras e perfil geológico;
- dificuldades ao avanço da perfuração;
- evidências visuais de contaminação;
- imprevistos ocorridos durante a perfuração;
- tipo de material utilizado para preenchimento e volumes aplicados;
- posição do topo e base de cada elemento do isolamento;
- procedimentos e método de colocação;
- imprevistos ocorridos durante a operação;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (2007) – Norma NBR 15.495-1 - Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulares – Parte 1: Projeto e Construção.**
- ABNT (2007) - PROJETO 00:001.68-001/01 - Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulares – Parte 2: Desenvolvimento.**
- 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.**
- 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. – Practical Handbook of Environmental Site Characterization and Ground-Water Monitoring. Second Edition. CRC Press and Taylor & Francis Group, 2006.**
- American Society for Testing and Materials, ASTM D-5092-90, Standard Practice for Design and Installation of Ground Water Monitoring Wells in Aquifers: American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA. Volume 04.08, pp. 1 1721 183.**
- Driscoll, F.G., 1986, Groundwater and Wells: Johnson Division, St. Paul, Minnesota. 1089 p.**

ANEXOS

BOLETIM DE REVESTIMENTO DE POÇO DE MONITORAMENTO

CLIENTE:
RESPONSÁVEL TÉCNICO:

LOCAL::
CREA.:

Tipo de revestimento	Extensão (metros)	Prof. (metros)

OBSERVAÇÕES E EVENTOS

PERFIL DE INSTALAÇÃO

INICIO : / /
TÉRMINO : / /

COORDENADAS

X :
Y :
Z :

MEDIDAS DO NÍVEL D'ÁGUA
DATA HORA PROF. FURO PROF. REV. N.A. (m)

PM -.....

INSTALAÇÃO: / /

FISCAL DE CAMPO -

ANALISADO POR -

APROVAÇÃO -

DATA - / /

FOLHA Nº /

BOLETIM DE DESENVOLVIMENTO DE POÇO DE MONITORAMENTO
 CLIENTE: LOCAL:
 RESPONSÁVEL TÉCNICO: CREA.:

Operação / Etapa	Duração (min.)	Vazão (l/hora)

OBSERVAÇÕES E EVENTOS

PARÂMETROS MEDIDOS

INICIO : / /
 TÉRMINO : / /

COORDENADAS

X :
 Y :
 Z :

MEDIDAS DO NÍVEL D'ÁGUA
 DATA HORA PROF.FURO PROF.REV. N.A. (m)

PM -.....

INSTALAÇÃO: / /

FISCAL DE CAMPO -

ANALISADO POR -

APROVAÇÃO -

DATA - / /

FOLHA Nº /

Bottura CONSULTORIA solos e águas subterrâneas		PERFIL LITOLÓGICO E CONSTRUTIVO				SOLVAY	
No. Poço:		Tipo:		Relatório:		Local:	
Projeto:		Relatório:		Relatório:		Relatório:	
Cliente:		Local:		Local:		Local:	
PERFIL LITOLÓGICO				AMOSTRA DE SOLO			
Profundidade	Litologia	Descrição	Prof. Elev.	Número	Tipo	Coletada	VOC (ppm)
0		Superfície	0,0				
2			-2,0				
4			-4,0				
6			-6,0				
8			-8,0				
10			-10,0				
12			-12,0				
14			-14,2				
16			-16,0				
18			-18,0				
20							
22							

Detalhes Construtivos do Poço

Perfurado por:	Coordenadas	Diâmetro do Furo:
Método de Perfuração:	X:	Diâmetro do PM:
Início da Perfuração:	Y:	Resp. Técnico:
Término da Perfuração:	Z:	Supervisor:
Tipo de Amostragem:		Fiscal do Cliente:

ENSAIO PONTUAL DE CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA

PROJETO: ENSAIO DE:
 LOCAL: P.M. N^o:
 RESP.: SONDAGEM N^o:

PROF. DO N.E.: N.D.: DATA DE INICIO:/...../..... HORA:
 COTA DO TERRENO: DATA DE TÉRMINO:/...../..... HORA:
 REFERÊNCIA DAS MEDIDAS: Q(m³/h): Tempo de Bomb.:

HORA	TEMPO(min)	PROF. DO N.D.(m)	REB. / REC. (m)	OBS.
.....	0,5	.....	.....	.....
.....	1,0	.....	.....	.....
.....	2,0	.....	.....	.....
.....	3,0	.....	.....	.....
.....	4,0	.....	.....	.....
.....	5,0	.....	.....	.....
.....	6,0	.....	.....	.....
.....	8,0	.....	.....	.....
.....	10,0	.....	.....	.....
.....	12,0	.....	.....	.....
.....	14,0	.....	.....	.....
.....	16,0	.....	.....	.....
.....	18,0	.....	.....	.....
.....	20,0	.....	.....	.....
.....	25,0	.....	.....	.....
.....	30,0	.....	.....	.....
.....	40,0	.....	.....	.....
.....	50,0	.....	.....	.....
.....	60,0	.....	.....	.....
.....	80,0	.....	.....	.....
.....	100,0	.....	.....	.....

FISCAL DE CAMPO: FOLHA N^o:/.....