

RECOMENDAÇÕES BÁSICAS PARA PERFURAÇÃO DE POÇOS TUBULARES COM EQUIPAMENTOS ROTO-PNEUMÁTICOS

Carlos Eduardo Quaglia Giampá

Companhia de Saneamento Básico do Estado de
São Paulo — SABESP
Superintendência de Obras Especiais — São Paulo

ABSTRACT.

For a optimum use of Rota-Drills rigs will discern appearances that must to be respect for to get this best efficiency.

The convenient rigs arrangement to obey the specification for a drilling, correct choice of compressors, mud pumps, drillpipes, drillcollar, hammerdrills and bits are, elementary. That discrimination with corrects operations of casing and cementation will propend water wells construction for sufficient effects.

INTRODUÇÃO

Com o intuito de fornecer subsídios teórico-práticos visando a otimização de programas de perfuração de Poços Tubulares, operando-se com equipamentos rotativo pneumáticos de alta produtividade, discorreremos aspectos importantes para se atingir os objetivos propostos.

Ressaltamos que a perspectiva principal visa construir poços tubulares no menor tempo possível, com equipamentos adequados para formações geológicas específicas, metodologia operacional mais eficaz, obtendo-se do aquífero uma melhor e real capacidade de exploração.

Todavia devemos enquadrar os vários aspectos que compõem o sistema - com a realidade do mercado nacional, procurando adequá-los quanto ao emprego de materiais, equipamentos específicos, pessoal, condições climáticas, dificuldades de transporte e acesso, projetos dos poços e outros.

Registramos o fato de que os catálogos e manuais técnicos dos fabricantes dos equipamentos, não fornecendo aspectos importantes e específicos para cada tipo de perfuração, cabe às constatações práticas de campo fornecerem as "dicas" para uma operação eficiente.

Sendo o Brasil um País de dimensões continentais, possuindo características geológicas as mais diversas, situando-se os pontos de perfuração em locais na maioria distantes dos centros metropolitanos, não possuindo rodovias pavimentadas em abundância, estando difícil e onerosa a mão-de-obra especializada tanto na operação como para a manutenção dos equipamentos, pelas dificuldades de comunicação, existente e outros aspectos a mais, faz com que pretendamos imprimir características operacionais realmente eficientes.

Sugerimos também maiores cuidados na completação dos poços através do revestimento, encascalhamento, cimentação e desenvolvimento, quesitos essenciais a possibilitar uma exploração dos aquíferos próxima da ideal.

1. INSTALAÇÃO DO EQUIPAMENTO:

O ponto locado para a perfuração de um poço deve ser limpo e aplaidado de modo que a perfuratriz possa chegar a ele, posicionar-se, nivelar-se e colocar-se em condições de operação.

Recomenda-se colocar abaixo do chassis da perfuratriz ou dos macacos de nivelamento e sustentação, blocos de madeira para a perfeita fixação do equipamento no solo. Para o início da perfuração a perfuratriz deve estar perfeitamente nivelada, para prevenir possíveis tortuosidades nos furos, comuns em muitos casos. Portanto é importante nivelar corretamente a máquina numa base sólida, pois o tempo gasto nessas medidas preventivas é facilmente recuperado durante a perfuração do poço feita sem restrições.

A imagem do bom operador é logo constatada pela limpeza e ordem no canteiro de obras. Ele fará uma plataforma para os trabalhos de perfuração (não precisa ser elaborada ou permanente), quando a perfuratriz não a possui, e colocará uma pequena prancha suspensa por caibros para acomodar pequenas ferramentas. As hastes de perfuração, os tubos de revestimento e filtros serão alinhados e suspensos por 2 cavaletes, ficando suas juntas de conexão voltadas para a perfuratriz, facilitando assim as manobras de conexão e aplicação do revestimento.

2. PERFURAÇÃO PROPRIAMENTE DITA:

Muito do sucesso na perfuração de poços tubulares depende do operador e sua equipe. A perfuratriz roto-pneumática apesar de totalmente hidráulica não apresenta complicações operacionais, podendo ser dominada em pouco tempo. Necessita-se sim, que o operador tenha mais conhecimentos na técnica de perfuração e completação de poços, principalmente em áreas pouco estudadas, que habituar-se e inteirar-se de cada unidade da perfuratriz. O perfurador deve aprender pela sua experiência, a observar e usar muita imaginação para saber o que realmente está havendo com o "botton" e a reação do "bit", nas diferentes formações penetradas.

Exemplo: O bit que proporciona um "Balled up" enquanto perfura rochas brandas, em fms. pegajosas criará vibrações e tensões nas hastes de perfuração, similares quando penetrando fms. consolidadas e fendadas.

O operador saberá então o valor e a ação do fluido de circulação ou o ar nas diferentes formações, reconhecerá as mudanças litológicas e guardará um acurado perfil destas mudanças e a natureza de cada uma.

Não há regras para o perfurador seguir com relação às velocidades de rotação e pressões do "pull down" nos bits, pois as formações em

b) Comandos

Localizados entre a broca e o hasteamento, tem a finalidade de promover peso para facilitar a penetração da broca na formação, fornecer estabilidade à coluna e guiar o furo.

Deve-se empregar o maior número de comandos compatíveis com a capacidade do pull-back do equipamento.

Não é viável a aplicação do empuxo para baixo (pull-down) do equipamento em condições onde pode-se utilizar somente comandos, pois o pull-down aplicado sobre a coluna de perfuração provoca flexionamento por compressão no hasteamento que com o movimento de rotação pode resultar numa ruptura da coluna por fadiga, além de causas desvios no furo.

c) Brocas

Especificadas em capítulo à parte, devem ser selecionadas em função do tipo de material a ser perfurado.

B. Perfuração roto-pneumática

a) Hastes

Devem ser selecionadas em função da capacidade dos compressores e diâmetros do furo a ser executado. Deverá propiciar uma superfície anular tal que limpe corretamente os detritos perfurados pelo bit.

b) Comandos

É recomendável o emprego de 1 ou 2 comandos após o martelo, pois eles imprimirão ao furo uma melhor verticalidade e alinhamento.

c) Martelos

No Brasil os mais empregados são os seguintes:

c.1) Marca TRW Mission:

Hammerdrill - modelo mais antigo e de baixo rendimento
Megadrill - modelo mais recente e de melhor rendimento

c.2) Ingersoll-Rand:

DHD-260 - modelo mais usado atualmente com bom rendimento de perfuração.
DHD-360 - modelo com velocidade de penetração superior ao DHD-260 podendo operar com pressão de até 350 psi.

d) Bits

Atualmente fabrica-se e emprega-se dois modelos:

d.1) Cross Bit - modelo em cruz com rendimento pequeno

d.2) Botton Bit - modelo com botões de tungstênio com rendimento superior.

Nestes casos, como nos calcários há o problema de se perfurar com circulação de ar pela ocorrência de vazios ou cavernas, o melhor procedimento na perfuração dessas formações é empregando-se como fluido a lama. Todavia, muitas dessas formações são consolidadas e não saturadas, permitindo o uso da circulação de ar. Um extrato duro de argila constituído por uma mistura de cascalho, grãos menores de quartzo embebidos numa matriz de argila dura, ou um depósito de areia e cascalho cimentado (conglomerado) também duro, podem ser perfurados como rochas cristalinas. Também nessas formações, após o término da perfuração, deve-se repassar o furo para assegurar a limpeza e a retilinidade do furo.

Rochas de granulação grosseira dificultam as perfurações com qualquer tipo de perfuratriz. Elas podem ocorrer com um ou dois pacotes isolados ou agrupados em um extrato ou uma série de extratos. Essas rochas apresentam seus grãos arredondados e geralmente muito duros, dificultando a ação da broca que resvala nas superfícies arredondadas impedindo manutenção da retilinidade dos furos. Irregularidades nas durezas, formatos, concreções, vazios e bolsões, tendem a desviar a broca da vertical, não havendo todavia regras para um procedimento generalizado ideal para esses casos.

A perfuratriz roto-pneumática possuindo um cabeçote rotativo hidráulico, torna-se bastante conveniente para a perfuração de formações grosseiras, pois seus controles hidráulicos de pressão (pull down) e rotação (velocidades) do cabeçote permitem bruscas alterações, podendo o operador variar as velocidades e pesos sobre a broca, proporcionando condições instantâneas de prevenção de danos no furo e nos mecanismos do equipamento.

Como as brocas passam das camadas de formações brandas, que são perfuradas com alta taxa de penetração, para as camadas duras de rochas, cascalhos pesados ou algumas outras formações similares e que são perfuradas com baixa penetração, o contato inicial deve ser feito com velocidade inferior àquela para a qual a fm. dura deve ser perfurada. Neste caso a broca todavia irá pular resultando em ressaltos e ruídos, devendo-se então diminuir o peso sobre a broca continuando a perfuração com menor força. Nas perfuratrizes roto-pneumáticas, o ajuste da pressão hidráulica do "Pull down" e a velocidade de rotação são feitas rapidamente nessas condições de aparente dificuldade.

4. TIPOS DE BROCAS RECOMENDADAS:

Após a perfuração das rochas sedimentares e a descida do revestimento no poço, todavia a perfuração pode continuar nas rochas ígneas/metamórficas, caso intenciona-se aumentar a vazão já fornecida pelo aquífero perfurado. Se a rocha em questão for muito dura, devemos empregar "Down the Hole" com o martelo pneumático. Portanto as formações duras e brandas requerem o uso de brocas de diferentes tipos.

As diferentes brocas hoje fabricadas, tem recomendações específicas para pesos e velocidades, apresentando características especiais. Caso se necessite um adicional de peso, deve-se recorrer ao emprego de comandos (tubos pesados). As velocidades requeridas para cada broca são obtidas pela manipulação do cabeçote rotativo hidráulico da perfuratriz. O perfurador deverá usar a broca mais adequada ao tipo de formação que se está perfurando.

O emprego dos "botton bits" são para as perfurações pelo sistema - "Down the Hole", usadas em formações duras. Esse processo procede-se pelo repetido impacto dado por uma broca de aço com botões de tungstênio inseridos nas faces de corte. Com rapidez o bit pulveriza a rocha, sendo o material carregado para a superfície pela ação do ar fornecido pelo compressor. O bit após um certo desgaste, pode ser amolado no campo com ferramenta adequada.

As brocas para perfurações pelo sistema rotativo mais empregado no Brasil, são de dois tipos: brocas de arrasto e brocas cilíndricas dentadas, que são usadas segundo as formações perfuradas:

- a) Brocas de Arrasto : São de diferentes tamanhos e tipos podendo ser classificadas segundo o número de asas.
 - a.1) Com 2 asas (rabo de peixe): são usadas para a perfuração de sedimentos brandos tais como argilas hidratadas, folhelhos, areias e em alguns casos formações grosseiras.
 - a.2) Com 3 asas: usualmente são mais eficientes que as rabo de peixe, perfurando mais suavemente que essas e as de 4 asas. Cada lâmina é chanfrada de uma maneira que sua extremidade de corte seja da próxima lâmina.

- a.3) Com 4 asas: essas possuem 2 lâminas, do tamanho completo do furo e duas lâminas ligeiramente menores na largura. Algumas são construídas em formatos de x, outras em cruz. As bordas de corte são usualmente em dedos como as de 3 asas.
- a.4) Com 6 asas: são uma adaptação das de 4 asas usando 3 lâminas do tamanho do furo e 3 lâminas com largura ligeiramente menor.
- a.5) Um outro tipo de broca de arrasto que é frequentemente usada e possui um bom desempenho em certas condições, é aquela que possui um pequeno rabo de peixe na dianteira ou um piloto no seu centro. Para furos de grandes diâmetros por ex. 12", a dianteira ou piloto são de algumas polegadas de comprimento e 4 ou 5" de largura, enquanto as outras lâminas são construídas na bitola correta.

As lâminas ou ângulos de corte das brocas de arrasto quando gastas, devem ser preenchidas através de eletrodos, soldando-as a um metal de superfície dura; algumas vezes pode-se aplicar botões de tungstênio corretamente espaçados, ao longo dos ângulos de corte das lâminas para melhorar sua eficiência. Geralmente as lâminas ou dedos de todas as brocas de arrasto devem ser ligeiramente convexas, com o ângulo de corte ligeiramente para frente.

- b) Brocas Cilíndricas Dentadas: Geralmente possuem cones ou cilindros tipo cortante e são confeccionadas em diferentes modelos para uso em formações conforme seu grau de dureza, tais como: basalto, arenito, argilito. Em muitos casos, esse tipo de broca substitui economicamente as brocas de arrasto em formações consolidadas e pegajosas.

Estruturalmente essas brocas são classificadas como do tipo cônico, com rolamentos em cruz. Os elementos chamados de rolamentos possuem uma ação verdadeira de rolamentos no fundo do furo. Como uma broca cônica, os dentes são espaçados e apresentam uma forma compatível com as condições requeridas pela formação que está sendo perfurada. As brocas do tipo cônico são dotadas de 2, 3 ou 4 cones, sendo a tricônica a mais usada. Os cones ou cortes estão montados em bolas e rolamentos cilíndricos. Os dentes dos cones são forçados na formação pelo peso aplicado na broca, enquanto ela é rotada no fundo do furo. O ar ou a lama circulando, são ejetados pelos equipamentos através do bico do corpo da broca, tendo a função de retirar os detritos cortados.

Há muitas variações de tipos de dente, mas usualmente eles variam segundo três tipos de classificação: Brocas para formações moles-brandas, formações médias-duras e para formações duras.

Cada fabricante incorpora a seu produto certas características, recomendadas para as diferentes classes de brocas tais como: velocidades de rotação e peso a ser aplicado nela.

Existem também 2 outros tipos de brocas (as em Disco e as com ângulo excêntrico), todavia com rara aplicação no Brasil.

5. EQUIPAMENTOS DE CIRCULAÇÃO DO FLUIDO DE PERFURAÇÃO:

a) Bombas de lama

Empregadas nas perfurações rotativas com circulação de água ou lama. Tem função de manter um volume conveniente de fluido no poço, seja qual for a pressão necessária para se remover os detritos perfurados até a superfície.

Devem produzir velocidade anular de retorno do fluido adequado, calculada segundo a equação:

$$V.A. = \frac{VZ}{AN} \quad \text{onde} \quad AN = \pi \frac{(D^2 - d^2)}{4}$$

sendo

V.A. = velocidade anular (m/seg)

V.Z. = vazão da bomba (m³/seg)

A.N. = superfície anular (m²)

D = diâmetro do poço (m)

d = diâmetro do hasteamento (m)

Dois são os tipos de bombas recomendáveis:

- 1º) Bombas de Pistão: são aquelas que fixadas sua pressão conseguem manter sua vazão.
- 2º) Bombas Centrífugas: são aquelas que aumentando-se sua pressão, decrescem a vazão.

b) Compressores

Empregados nas perfurações rotativas com circulação de ar e roto-pneumáticas.

Na primeira substituem as Bombas de lama e na segunda operam os martelos pneumáticos.

Nas perfurações roto-pneumáticas, sua pressão dará a taxa de penetração enquanto sua vazão fornecerá a velocidade de saída dos detritos.

Os tipos de compressores empregados no Brasil são função dos martelos empregados.

Compressores com 125/150/170 psi produziram pequenas taxas de penetração se comparados com aqueles que produzem 250 e 350 psi. Os referidos operam com vazões variáveis de 250/400/600 e 750 cfm.

6. OPERAÇÕES DE COLOCAÇÃO DE REVESTIMENTOS, FILTROS, PRÉ-FILTROS E CIMENTAÇÃO:

A colocação do revestimento nos poços é feita geralmente com a ajuda de um elevador de tubos e centralizadores. O centralizadora é instalado na 1ª barra de tubo que é descida no furo através do elevador a ele conectado. O elevador é operado através do guincho que aplica os tubos no poço.

No caso das perfuratrizes roto-pneumáticas o procedimento é similar ao acima exposto: através do guincho da perfuratriz, manipula-se o elevador de tubos que os apanham dos cavaletes e os suspendem de maneira à suas roscas ficarem alinhadas sobre as do tubo já aplicado, quando através de chaves de aperto faz-se as conexões. O elevador é então desalojado da barra e o cabeçote rotativo com um drive-sub é conectado ao tubo. Este agora pertence à coluna de revestimento, que está ancorada na boca do poço através de uma cunha com grampos de aço. Retira-se tal cunha e desce-se o tubo dentro do poço, devendo-se na próxima instância prender sua extremidade superior na referida cunha para nova conexão.

Caso o furo tiver cavernas ou zonas desmoronantes, deve-se prevenir a colocação do revestimento, circulando lama ou ar. O revestimento é rotado e forçado para o fundo do poço, sendo ancorado e selado nas zonas de rocha sã. Se ele tiver que ser cimentado após sua aplicação, deveremos deixá-lo suspenso cerca de 30 cm do fundo e iniciar-se a operação de cimentação. Após esse serviço, descem-se os tubos até o fundo fazendo assim um selo, que irá dar segurança na prevenção de desmoronamentos e contaminação dos aquíferos.

Em vários casos, os perfuradores preferem tubos com pontas lisas para soldar ao invés de roscas. Cada barra de tubo é soldada a outra e descida no poço. Um procedimento recomendável é ter-se o máximo de alinhamento entre as barras para não acarretarem problemas quando de sua descida no poço. Uns grampos ou flanges devem ser usados para manejar o tubo e colocá-lo como descrito acima. Caso os tubos tiverem que ser rotados ou aplicados com circulação de fluido, uma adaptação simples a um sub-roscas é soldada ao tubo e conectado ao cabeçote rotativo. Em alguns casos, a adaptação deverá ser feita - ao último tubo assegurando ao revestimento um firme selo à rocha.

Para qualquer tipo de revestimento colocado, é sugerido uma sapata ou uma tira de reforço colocada na sua ponteira para prevenir colapsos ou sua ovalização, que dificultaria ou impossibilitaria a descida da broca por dentro dos tubos, em casos de se querer aprofundar o poço. Um furo com diâmetro suficientemente grande deve ser feito para assegurar uma colocação perfeitamente vertical da coluna de revestimento. O uso das hastes de perfuração quando o revestimento não está na vertical ou alinhado no poço, é uma das causas predominantes de danos nos tubos. Os materiais abrasivos carreados por lama, sendo friccionados entre as hastes de perfuração e a parede do revestimento, causam desgaste em ambos (na parte das hastes e dentes dos tubos). Esse desgaste está concentrado no contacto da área exposta pela não centralização do mastro, guindastes ou pela ferramenta através de sua carga. Todavia, isso não ocorre caso o revestimento esteja perfeitamente alinhado, na vertical e as hastes forem descidas centralizadas segundo o topo da conexão dos tubos.

Na perfuração de poços tubulares profundos, quando é descida grande quantidade de tubos de revestimento, as observações abaixo devem ser seguidas em todos seus aspectos, prevenindo assim danos na coluna:

1. Deve-se estar seguro que o revestimento deva ficar o mais próximo possível da vertical.
2. Se a perfuração foi executada toda com lama, devem ser empregados produtos químicos que evitarão sua perda excessiva através de cavernas ou fendas.
3. Não se deve deixar a coluna de revestimento tocar no fundo do poço antes da cimentação. Também não se deve soltar todo o peso da coluna, mesmo depois da cimentação. O procedimento recomendado é sustentar a coluna tensionada durante a cimentação, para assegurar sua verticalidade, estando presa na superfície por abraçadeira.
4. Cimentar o revestimento superficial para se ter uma máxima capacidade de sustentação, para a aplicação de outros revestimentos e prevenir problemas devido a carga da coluna.
5. O revestimento deve estar solidamente cimentado, e suportar vibrações quando for reiniciada a perfuração se necessária.
6. Nunca se deve forçar a descida do revestimento quando este encontrar obstáculos, pois haverá a possibilidade de sua danificação.

O desenvolvimento do suprimento de água subterrânea de formações - aquíferas inconsolidadas de vários tipos e profundidades, requer um tratamento diferente do usado para rochas consolidadas.

Nas áreas onde a água acha-se armazenada nas camadas de areia e cascalho, a espessura dessas zonas usualmente mede vários metros e pode consistir em mais de uma unidade. O furo é executado e os filtros colocados frente as camadas aquíferas. Esse procedimento respeita critérios de quantidade conforme o tipo de aquífero (livres, confinados, etc.), sua homogeneidade, vazões requeridas, etc.

Para uma colocação normal, as barras de filtros devem ser rosqueadas ou soldadas a outros filtros e aos tubos do revestimento. Esse método é o mais simples, sendo que geralmente os tubos não são cimentados à parede do poço e sim preenchido o espaço anular entre sua parede externa e a parede do furo com cascalho selecionado (pré

-filtro). Esse método é aplicável geralmente em poços poucos profundos.

No caso de um poço telescópico, primeiramente perfura-se num certo diâmetro o espaço onde irá se alojar a câmara de bombeamento, constituída pelo revestimento cimentado. O furo é então feito na formação aquífera, através do emprego do trépano excêntrico (under reamed), para posterior colocação dos filtros.

O anel de cascalho deve ser colocado na frente dos filtros, através de um dispositivo hidráulico ou bombeado por bomba centrífuga, enquanto a lama de perfuração está sendo retirada do poço pela circulação reversa d'água. Em poços pouco profundos, frequentemente o cascalho é colocado através das mãos durante a limpeza do poço.

Após a remoção da lama e a colocação do pré-filtro o poço deve ser desenvolvido com ar, plungle, etc., para remover o restante da lama, as areias finas, os siltes e as argilas que estão em torno dos filtros.

Algumas das vantagens para uma correta construção de poços, conforme as especificações discriminadas são: uma perfeita cimentação do revestimento prevenindo-o da poluição por infiltração, os filtros serem do diâmetro requerido e os tubos de revestimento propiciarem a colocação de bombas com capacidade para retirar as vazões fornecidas.

Para uma cimentação adequada dos poços, deve ser usado um cimento tipo "portland", podendo-se todavia adicionar certos produtos químicos para acelerar seu pega. A calda de cimento é uma mistura de cimento e água na proporção média de 1:1, procurando-se atingir 13-14 lbs/gal.

Há diversos métodos usados na cimentação dos revestimentos, dependendo das profundidades, diâmetros, tipo de perfuração (com lama ou ar). Como regra geral, o cimento é bombeado através de um tubo guia colocado dentro do revestimento. Ele é forçado pela pressão "de subida" entre os tubos e a parede do furo, até que todo espaço anular fique completamente preenchido.

Quando a cimentação é corretamente executada, o revestimento em toda extensão do poço estará encaixado em uma inquebrável parede de cimento.

7. RECOMENDAÇÕES ILUSTRATIVAS:

Nas figuras 1, 2 e 3 mostramos 3 diferentes tipos de poços num mesmo local. Na figura 1, vemos que o revestimento foi colocado no topo da formação aquífera, proporcionando uma pequena área para a captação da água para o poço. A figura 2 mostra uma melhor disposição: uma coluna de revestimento com filtros colocados frente a formação aquífera. Este tipo de construção tem condições de aproveitar totalmente a capacidade dos aquíferos nas formações sedimentares. A figura 3 por seu turno mostra uma combinação de construções: o revestimento e os filtros são descidos e selados junto a formação rochosa, perfurando-a posteriormente para aproveitar-se ambas formações aquíferas.

Após a completação dos poços, deve-se desenvolvê-los com ar, plunge e outros métodos, para aumentar seu rendimento (capacidade específica = m³/h/m), pela remoção dos grãos de areia fina, o silte e a argila existente ao redor da secção filtrante.

Para a colocação com sucesso do cimento em torno do revestimento do poço, o perfurador deverá ponderar todos os detalhes com cuidado: o método proposto para a execução, a quantidade de cimento necessário e o equipamento requerido para sua mistura e colocação. Os equipamentos para mistura e bombeamento devem ser adequados para o manejo do cimento, pois uma vez iniciada a operação, ela deve continuar até que todo cimento necessário para finalizar o serviço é misturado e bombeado no local. Um dos problemas algumas vezes encontrado na cimentação dos poços é a flutuação da coluna de revestimento.

O cimento fluido é pesado e sendo bombeado para em torno do revestimento, algumas vezes causará sua flutuação para fora do furo. Esse problema é resolvido com o emprego do cabeçote hidráulico pela perfuratriz. O revestimento é aplicado com o cabeçote estando preso durante a operação de cimentação. Se o revestimento tender a fluir, o cabeçote o manterá no lugar, pela aplicação de uma pequena pressão ao "pull-down".

Atualmente são requisitadas para um poço bem construído e prevenido sanitariamente, uma cimentação do revestimento até a superfície do solo. Todavia, a maioria dos perfuradores não fazem o serviço de cimentação por desconhecer as técnicas para sua execução. O aprendizado das técnicas é importante devido aos fatores citados, tornando-a assim uma operação de rotina.

A Figura 4 mostra um poço com seu revestimento inteiramente circundado por cimento, bombeado através de seu fundo por dentro do revestimento, preenchendo o espaço anular entre os tubos e o furo e consequentemente as possíveis fissuras e cavidades.

Na Figura 5 vemos um poço revestido sem cimentação. Nesse caso o espaço entre a parede do revestimento e a do furo não está preenchido, permitindo que as águas superficiais e as dos aquíferos indesejáveis fluam facilmente para baixo, penetrando no poço e contaminando o aquífero.

Uma cimentação corretamente executada, proporciona uma proteção adequada contra a poluição dos aquíferos produtores dos poços. As águas superficiais e as de extratos superiores contaminados não penetram nessas condições no poço, a não ser quando advier quebras ou furos no revestimento que permita sua contaminação.

Os três métodos de cimentação recomendados são os seguintes:

Figura 6: Tubos de 1 1/2" são colocados entre o revestimento e a parede do poço, até alguns metros do fundo (2-3m). É importante que o revestimento esteja selado adequadamente, para não haver perdas de cimento. Como o mesmo é bombeado, os tubos devem ir sendo retirados conforme a colocação do cimento, senão ficarão também cimentados. Ressaltamos que os tubos de revestimento devem estar centralizados, sendo esse processo válido para poços pouco profundos.

Figura 7: O revestimento é descido com um "plug" na sua extremidade inferior, ajustado a uma válvula de controle de pressão. Descem-se os tubos para a injeção do cimento até o plug, sendo que os mesmos devem possuir rosca esquerda para seu desencaixe após a operação de cimentação. Quando tal operação é findada, a válvula é fechada e os tubos internos são desconectados e retirados. Quando eles estão sendo puxados, deve-se bombear água através de seu interior para limpar o restante do cimento.

Figura 8: O revestimento é descido com ou sem "plug", sendo colocado no seu topo um "packer" ou "cabeça de cimentação".

Os tubos internos são descidos até uns 5-6 metros do fundo do poço, iniciando-se o preenchimento do revestimento com circulação de lama ou água. A válvula de escoamento no "packer" é fechada, permitindo que o revestimento seja preenchido de ar. O cimento é misturado, bombeado e forçado através do fundo do revestimento, subindo pelo espaço anular até a superfície. Lama, ar ou água suficiente deve ser bombeado para limpar os tubos do cimento, quando então são sacados alguns metros, fechada a válvula e o cimento alojado. Quando o cimento estiver endurecendo retira-se os tubos.

8. CONCLUSÕES:

Todos os aspectos discutidos tiveram o objetivo de esclarecer e recomendar condições próximas das satisfatórias, para um emprego efi-

ciente de equipamento roto-pneumático para a perfuração de quaisquer tipos de formações, visando a captação da água subterrânea através de Poços Tubulares.

9. BIBLIOGRAFIA:

- CEDERSTROM, D.J. - 1964 - Água Subterrânea uma introdução - USAID Rio de Janeiro.
- GOMES, J.L - 1980 - Aplicações do Sistema Roto-pneumático em Programas de perfuração de Poços Tubulares Profundos. I Simpósio de Águas Subterrâneas da Região Sudeste - Minas Gerais.
- GUSEV, V. e outros - 1974 - Manual Técnico de Perforacion - Bilbao Espanha
- INGERSOL - RAND - 1974 - Introduction to Water Well Drilling Methods Denver, Colorado - U.S.A.
- SCHRAMM - 1976 - Water Well Drilling With the Schramm Truck Mounted Rotodrills - West Chester, U.S.A.
- YASSUDA, E.R. - 1967 - Poços - Tradução do Manual Técnico nº 5.297 dos Departamentos do Exército e da Força Aérea Norte-Americana - USAID - Rio de Janeiro

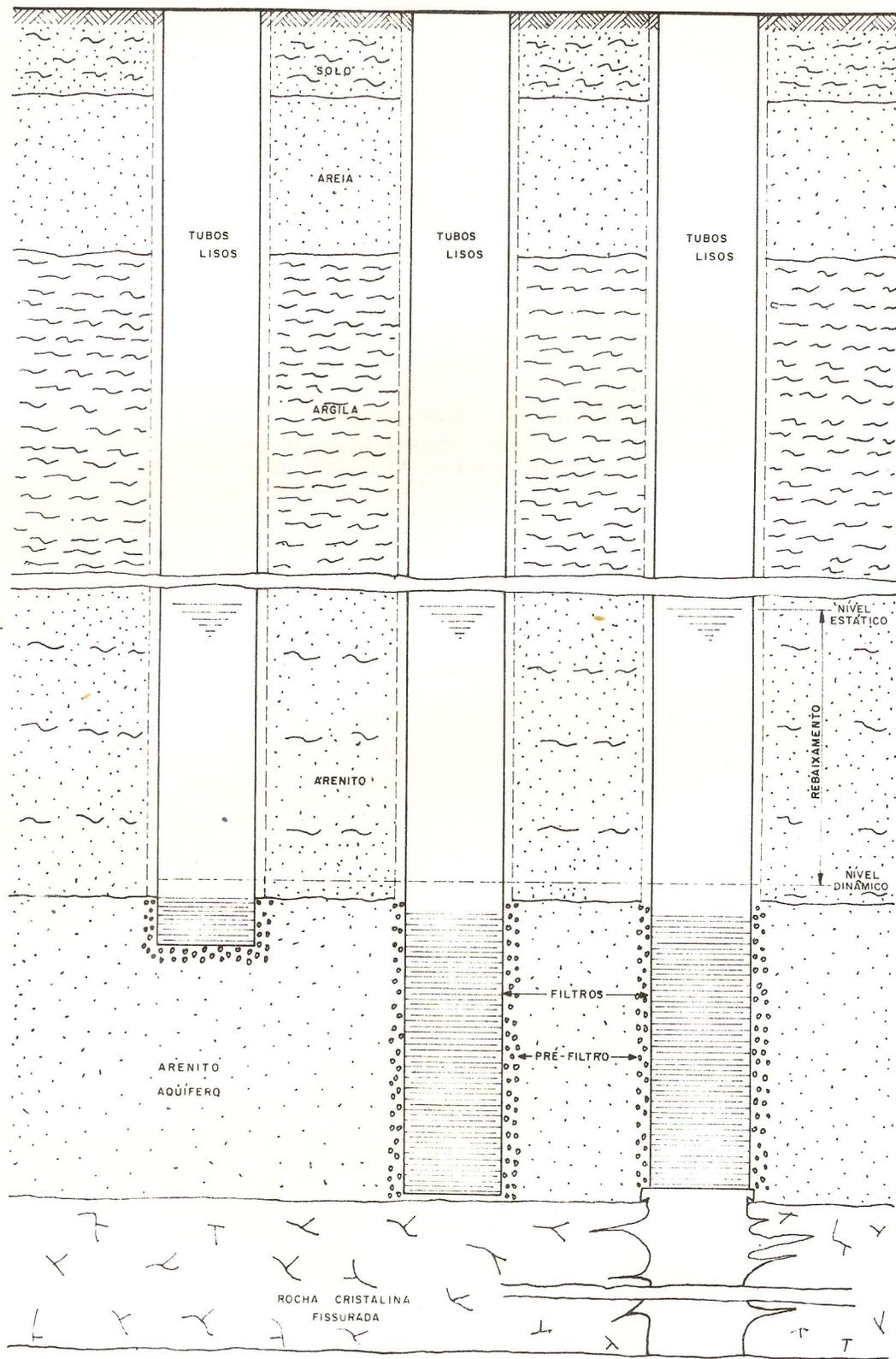


FIGURA-1

FIGURA-2

FIGURA-3

* TRÊS TIPOS DE POÇOS TUBULARES
NUM MESMO LOCAL.

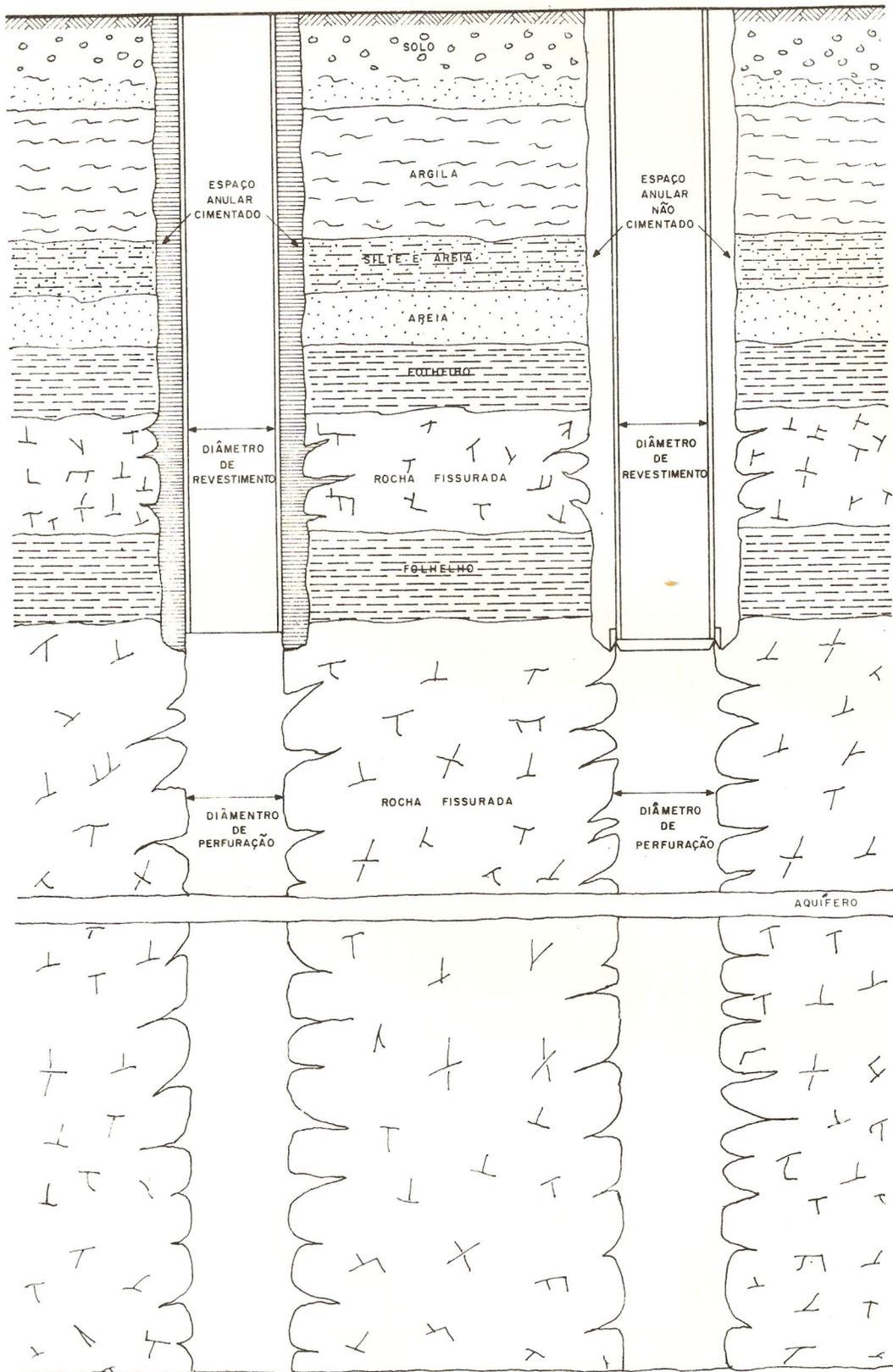


FIGURA 4 - POÇO COM CIMENTAÇÃO DO AQUIFERO INDESEJÁVEL

FIGURA 5 - POÇO SEM CIMENTAÇÃO DO AQUIFERO INDESEJÁVEL

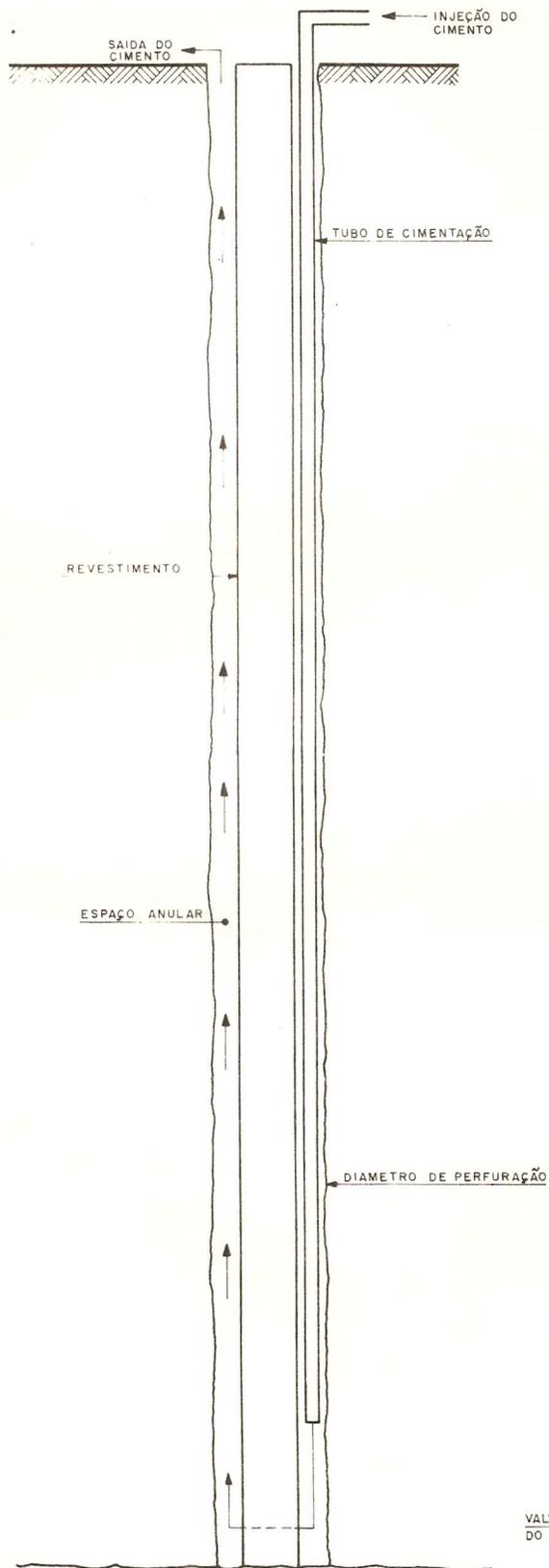


FIGURA 6 - 1º METODO DE CIMENTAÇÃO

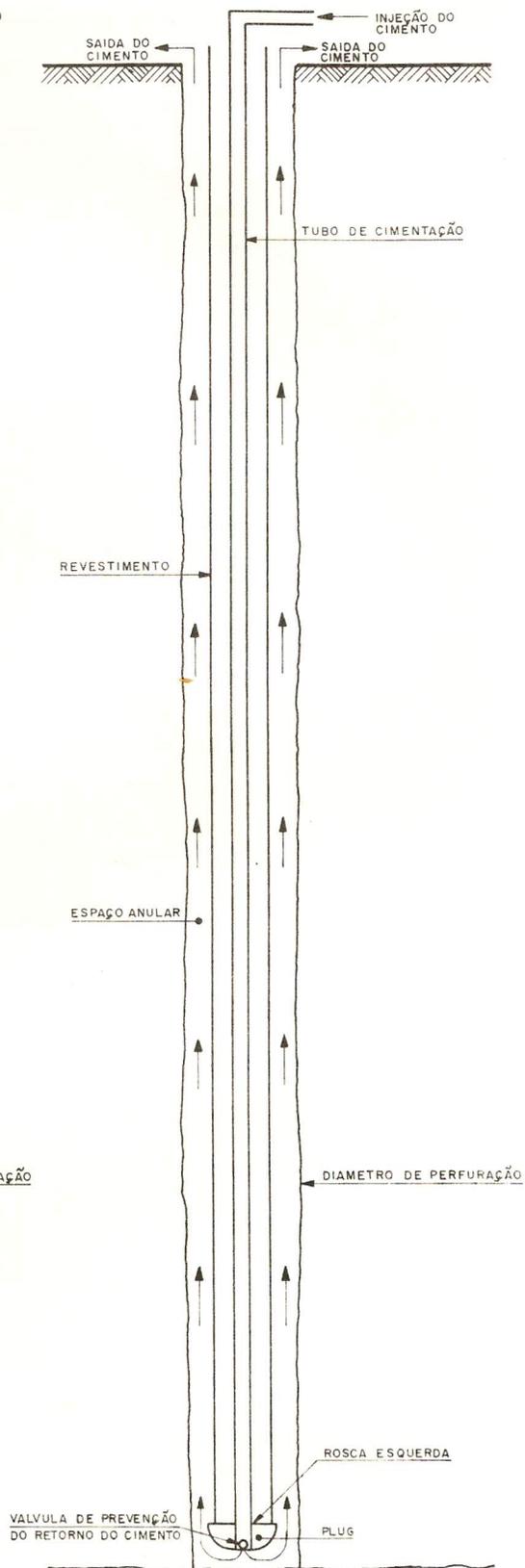


FIGURA 7 - 2º METODO DE CIMENTAÇÃO

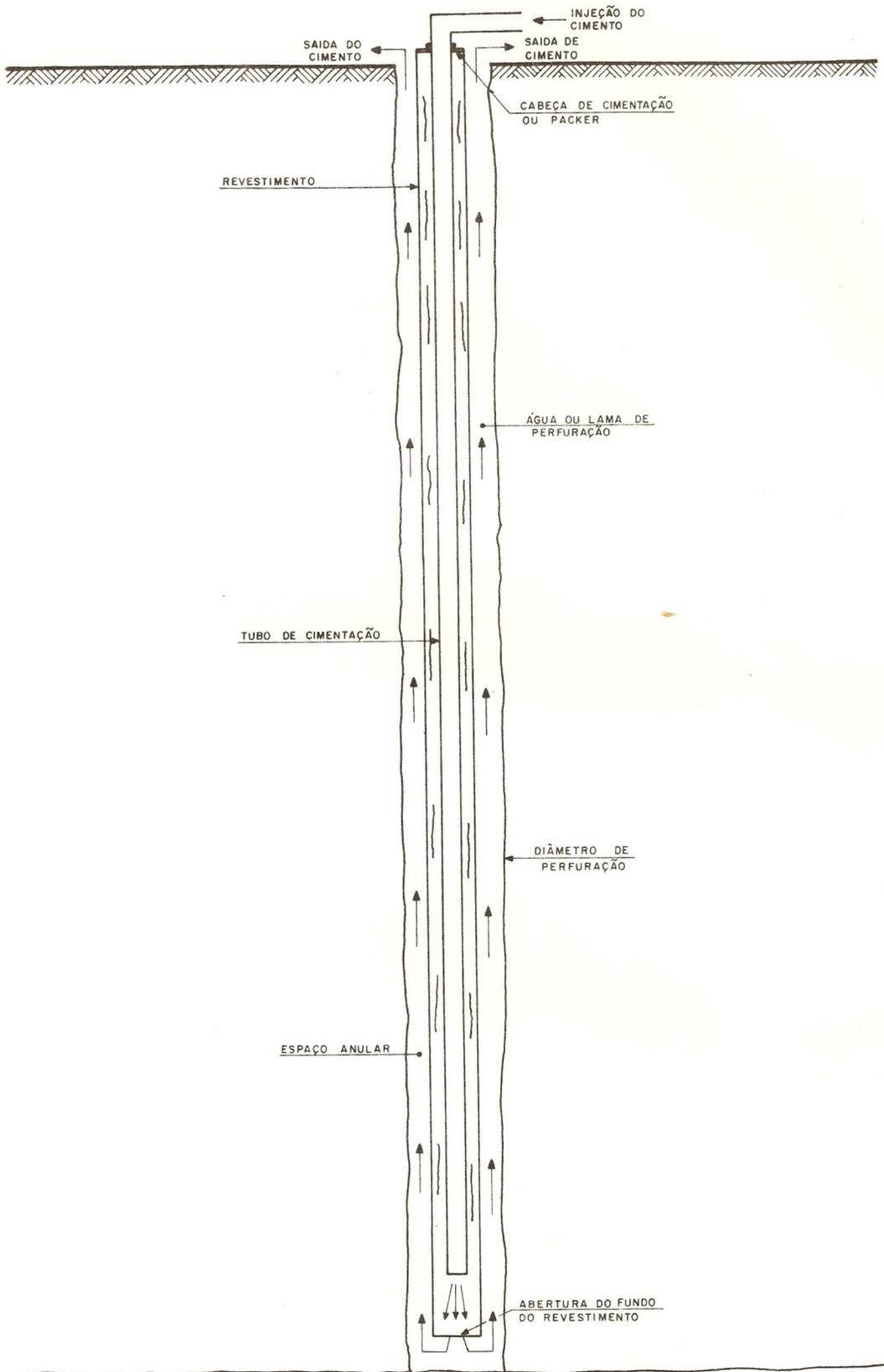


FIGURA-8 - 3º METODO DE CIMENTAÇÃO

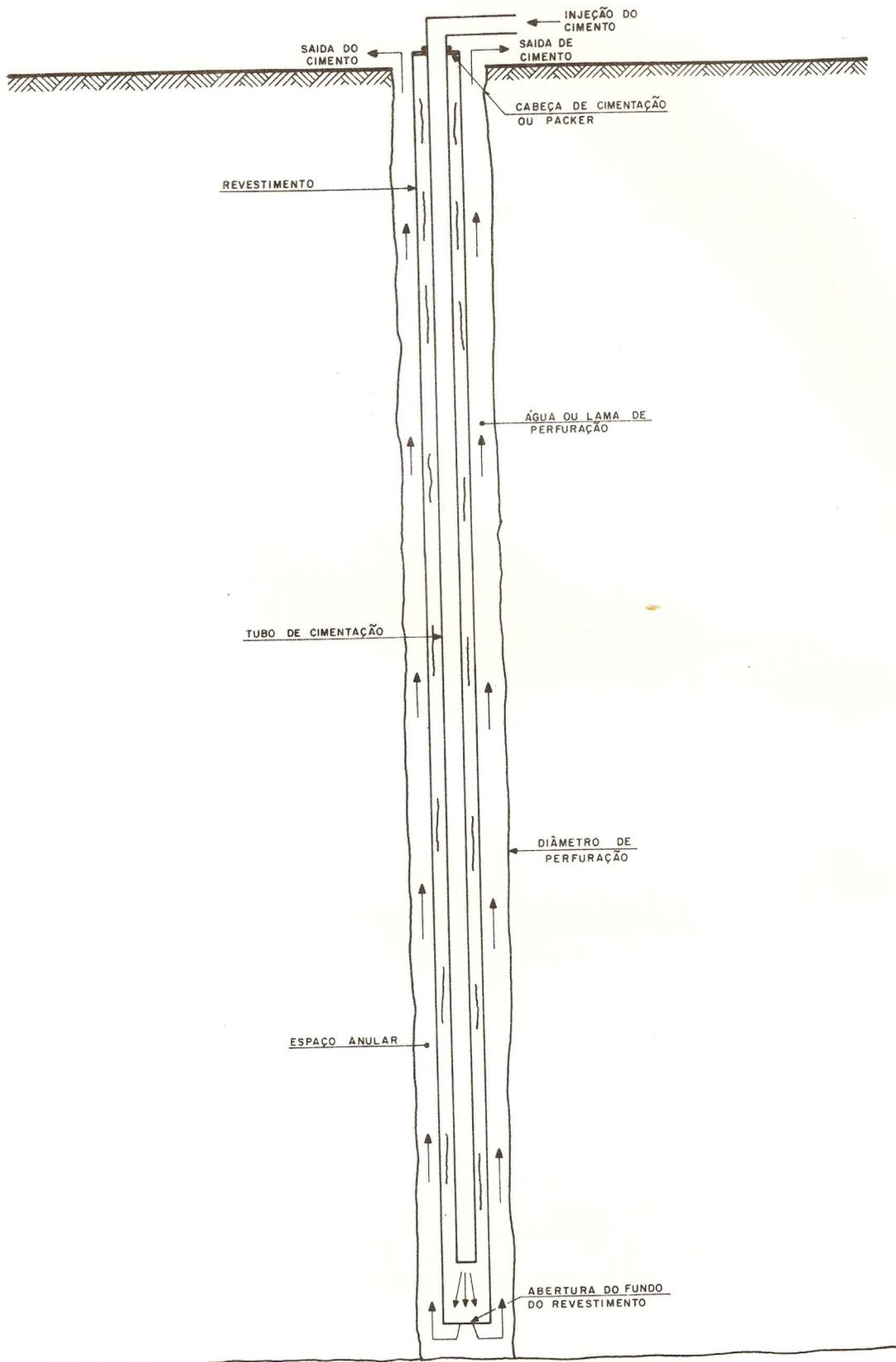


FIGURA-8 - 2º METODO DE CIMENTAÇÃO