

CONSTRUÇÃO DE POÇOS TUBULARES PROFUNDOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM

**Josafá Ribeiro de Oliveira¹; Felisberto M. Centeno Júnior²; Manfredo Ximenes Pontes³;
Manoel Imbiriba Júnior³ & João Benedito da Silva Botelho³**

¹ CPRM-SUREG Belém, Av. Dr. Freitas, 3645– Marco– CEP:66.095-110– Belém-PA- Brasil Telefone: (91) 276-8577- Fax: (91) 246-4020 – E-mail: pamar@cprm-be.gov.br

² Femac-Geosolo Engenharia Ltda – Av. Marquês de Herval, 440 – Pedreira – CEP.: 66.085-310 Belém-PA- Brasil Telefone: (91) 226-1871 – Fax: (91) 228-2952

³ Serviço Autônomo de Água e Esgoto do Município de Belém – SAAEB – Travessa São Roque, 1015 – Icoaraci – CEP.: 66.810-020 – Belém-PA – Telefone: (91) 227-2215 – Fax: (91) 227-2222 – E-mail: saaeb@suprid.com.br

Abstract - The urban and industrial expansion in the Metropolitan Region of Belém is imposing a large demand of ground-water and, consequently, is increasing the construction of deep wells as shown in the inventory elaborated by Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), within the project Hydrogeological Studies of Metropolitan Region of Belém, in which were listed more than 60 deep tubular wells, from which 45 are still in operation, continuously, twenty four hours a day. The early drills are of the end of decade of 70, being CORNEA and CPRM, followed by FEMAC and HIDROENGE the pioneers. In the 90's it was an increment in the number of drillings, specially in depths larger than 130 meters. In the drilling of these wells, it was utilized rotary drills. The FEMAC GEOSOLO Engenharia Ltda. and HIDROENGE are leading the drillings with 60% and 40%, respectively, in the RMB. COSANPA works with 30 wells, furnishing approximately 9,000 m³/h of ground-water from 15 deep wells. There are 10 industrial deep wells, but, in lieu of lack of information, it was not possible to estimate the total volume exploited. With regard to constructive aspects, the method utilized is the rotary drilling with depths of about 280m and chambers of pumping between 12 and 14 inches. Almost all wells are reveted with schedule 40 tube and with inox screen filters with 8 inches. In relation to pumping equipment, the wells are adapted with submersible pumps Leão and Ebara, with capacity of 150 up to 300m³/h; the total costs of ground-water wells ranging R\$ 150,000 and R\$ 170,000.

Palavras-chave – Projeto de Poço, Formação Pirabas e Perfilagem Geofísica

INTRODUÇÃO

A expansão urbana e industrial na Região Metropolitana de Belém (RMB), vem impondo uma maior demanda de água subterrânea e conseqüentemente um aumento na construção de poços profundo como bem atesta o inventário elaborado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), através do Projeto Estudos Hidrogeológicos da RMB, onde foram catalogados mais de 60 poços tubulares profundo, sendo que 45 destes estão em operação diuturnamente. As primeiras perfurações datam do final da década de 70, sendo a primeira a CORNEA e a CPRM, seguida pela FEMAR, CONTEP, HIDROENGE, dentre outras. Ressalta-se que na década de 90, houve um aumento muito grande de perfurações, principalmente aqueles com profundidades superiores a 130 metros. Na perfuração desses poços, foram utilizadas sondas rotativas hidráulicas de circulação direta. A

FEMAC GEOSOLO Engenharia Ltda e a HIDROENGE, lideram com 60% e 40%, respectivamente as perfurações na área trabalhada.

A COSANPA opera com 30 poços fornecendo aproximadamente 9.000m³/h, enquanto o SAAEB dos 15 poços profundos, extrai 4.500m³/h de água subterrânea. Há mais de 10 poços industriais, capitando aquífero profundo, contudo, devido a falta de informação não foi possível avaliar o volume total explotado.

Quanto os aspectos construtivos, salienta-se que o método utilizado nas perfurações é o rotativo, com profundidades em torno de 280 metros e câmaras de bombeamento entre 12” e 14”. Quase todos os poços são revestidos com tubos chedule e filtros inoxidável, sendo que na área de captação os revestimentos e filtros são de 8”, sendo que às aberturas dos filtros variam entre 0,50mm ou 0,75mm, podendo em alguns casos chegar a 1mm.

Em relação ao equipamento de bombeamento os poços são adaptados com eletrobomba submersível, com capacidade de 150 a 300m³/h, marca Leão e Ebara. O custo de um poço tubular profundo dentro das especificações estabelecidas para a RMB, está entre R\$ 150.000,00 a R\$ 170.000,00.

SÍNTESE GEOLÓGICA

ASPECTOS GEOLÓGICOS REGIONAIS

A seqüência sedimentar ocorrente na região da cidade de Belém e adjacências, está representada por unidades cenozóicas, do Mioceno Inferior ao Quaternário Recente.

O Quaternário Recente ou Holoceno, é representada por areias, siltes, argilas e cascalhos, atuais e sub-atuais, localizado principalmente nos vales dos rios e igarapés que drenam a região (baixadas).

Os sedimentos considerados como miocênico-pleistocênicos, representados pelo Grupo Barreiras, constituem-se dos mais variados tipos de depósitos continentais, com uma litologia extremamente variada. Trata-se de um conjunto estratigráfico dos mais complexos, afossilífero e com suas camadas horizontalizadas, por vezes localmente inclinadas. Apresenta-se litologicamente constituído por uma seqüência sedimentar, variando desde argilas multicoloridas, observadas na sua porção mais inferior, a sedimentos inconsolidados argilo-arenosos e areno-argilosos. Em geral, com cores amareladas, alaranjadas e avermelhadas, níveis e leitos de material grosseiro, com seixos de quartzo de tamanho variados, arredondados a sub-arredondados; observam-se também frequentemente, níveis descontínuos de um arenito ferruginoso (“Grês do Pará”) em blocos soltos, irregulares e de

tamanhos variados, não faltando, por vezes, leitos mais ou menos contínuos. Normalmente, os sedimentos do Grupo Barreiras estão sobrepostos em contato concordante, podendo, na ausência desta, apresentar contato direto com unidades mais antigas.

A Formação Pirabas, posicionada seguramente no Mioceno Inferior, litologicamente é constituída por calcários com níveis fossilíferos, alternados com areias e argila. Apresenta-se geralmente em camadas horizontais, com espessura muito variável, de alguns centímetros a metros e subordinadas às paleodepressões das rochas subjacentes.

GEOLOGIA LOCAL

A reconstituição do empilhamento litológico foi fundamentada em descrições de amostras de calha. Com base nessas informações, verifica-se que o intervalo perfurado consiste de uma sequência sedimentar onde se destacam três principais segmentos, de características geológicas bem distintas em seus aspectos composicionais, ambientais e genéticos.

Um superior, correspondendo ao estágio alítico de intemperismo, estende-se até próximo aos 40m de profundidade e consiste de eluvião laterítico, produto de acumulação de hidróxidos de ferro e alumínio, característicos do clima quente e úmido operante na região. Nas amostras descritas têm-se, em geral, uma fase concrecionária marrom-avermelhada granular, embebida em massa argilosa mosqueada de tons rosa avermelhado a esbranquiçado, típica de pacotes lateríticos, ocorrendo ainda subordinados grãos quartzosos de tamanhos areia.

O segundo segmento representado pelo Grupo Barreiras (Mioceno-Pleistoceno). A fase argilosa predomina na porção superior da unidade e as amostras de calha mostram argilas de coloração vermelha amarelada variando de cinza clara a escura localmente esverdeada, sendo freqüente o registro de fragmentos de lamitos e folhelhos. Esse material ocorre com maior frequência no intervalo dos 40 aos 130m de profundidade, sendo comum a presença de bancos de arenito intercalados.

Recoberto pelo segmento do Grupo Barreiras, tem-se uma seção preponderantemente detrital, argilo-arenosa com intercalação de um fácies carbonático, aparentemente pouco expressivo. Esta sequência corresponde à Formação Pirabas (Mioceno Inferior).

Em determinados níveis esses lamitos e folhelhos apresentam-se carbonatados, refletindo uma evolução ambiental que permitiu, inclusive, a formação de leitos, ao que tudo indica, pouco expressivos, de calcário, identificados em diminutos, e de uma carta forma

pouco abundantes, fragmentos, bem como através do caráter efervescente ao HCl da lama de certas amostras. Entre os fragmentos, identifica-se resíduos de conchas fósseis.

Outra peculiaridade da seção argilosa é a existência de níveis de folhelho carbonoso, onde são encontrados abundantes vestígios, sob a forma de milimétricas fibras, que caracterizam o condicionamento geológico do ambiente de sedimentação como favorável à acumulação e preservação ao longo da coluna litológica orgânica. Isso é corroborado pela frequente identificação de fragmentos carbonizados, às vezes piritizados ao longo da coluna litológica.

A associação de folhelhos carbonáticos com folhelhos carbonosos e algumas vezes também com fácies de oxidados, sugere um paleoambiente de bacia restrita, provavelmente lacustre, em zona transicional, onde se tem refletido influências marinha e continental.

A porção basal da coluna sedimentar perfurada adquire caráter mais arenoso, com leitos pelíticos apresentando constantes variações no arranjo textural com granulometria dos componentes variando de areia muito fina a muito grossa, em geral mal selecionadas, localmente contendo alguma argila matricial.

Esses arenitos parecem ser pouco consistentes, constituídas principalmente por grãos de quartzo, em geral subangulares e subarredondados, identificando-se ainda fragmentos de chert e, em menor proporção, um mineral esverdeado que pode se tratar de glauconita. Amostras de calha do intervalo de domínio da seção arenosa revelaram pequenos e raros grãos de material carbonático e/ou carbonoso que pode representar intercalações de leitos pouco espessos de calcário e/ou folhelho, ou ser apenas produto de contaminação das camadas superiores, possíveis de ocorrer com o tipo de material analisado (amostra de calha).

PROJETO PARA POÇOS TUBULARES EM SEDIMENTOS INCONSOLIDADOS

As variáveis envolvidas na construção de poços tubulares são múltiplas, indo desde os tipos de rochas a serem perfurados (arenitos, argilitos, folhelhos, calcários, areias e siltitos), complexidade estrutural, materiais utilizados na coluna de revestimento definitivo, disponibilidade financeira e outros parâmetros, não sendo possível um projeto padrão para a área em foco.

Os diâmetros de perfuração de um poço dependem exclusivamente da capacidade de produção e do rebaixamento. De posse desses elementos e do conhecimento dos parâmetros hidrodinâmicos do aquífero, define-se com segurança o diâmetro da câmara de

bombeamento (seção do revestimento que se destina ao abrigo da bomba), que para o nosso caso são de 12 a 14 polegadas, postada entre 70 a 100 metros do solo. Levando-se em conta essa situação e o conhecimento hidrogeológico adquirido, é proposto um modelo esquemático de projeto de poços para a área (Figura 01), visando o aquífero PIRABAS, principalmente a unidade inferior detentora de maior potencialidade (180/280 metros), com vazões acima de 200 m³/h.

Como salientamos anteriormente, em formação desmoronante, há necessidade de prover os furos com diâmetros e revestimento mistos. Inicia-se com perfuração de 26" ou 24" atingindo 20 a 30 metros, onde é fixado o tubo de boca para proteção sanitária (ϕ de 22"). Em seguida, é executado a perfuração em 12^{1/4}" até a profundidade final (270 metros). Após chegar a profundidade de projeto é realizado a perfilagem geofísica, juntamente com a descrição litológica, tempo de penetração e a determinação dos melhores posicionamentos da coluna filtrante. Em seguida, realiza-se o alargamento do furo para 20" até a profundidade de mais ou menos 100 metros e a partir daí, para 17^{1/2}" até o final da perfuração.

O fluído de perfuração utilizado antes do alargamento foi a bentonita, enquanto que na reabertura final, utilizou-se fluído a base de polysofe CMC 2000. Vale ressaltar que o controle das propriedades físicos do fluído de perfuração (viscosidade, densidade e pH), variam de 35 a 48 seg; 8,5 a 9,0 lb/gol e 8,6 a 9,5, respectivamente.

PROJETO DE POÇO (PERFIL CONSTRUTIVO)

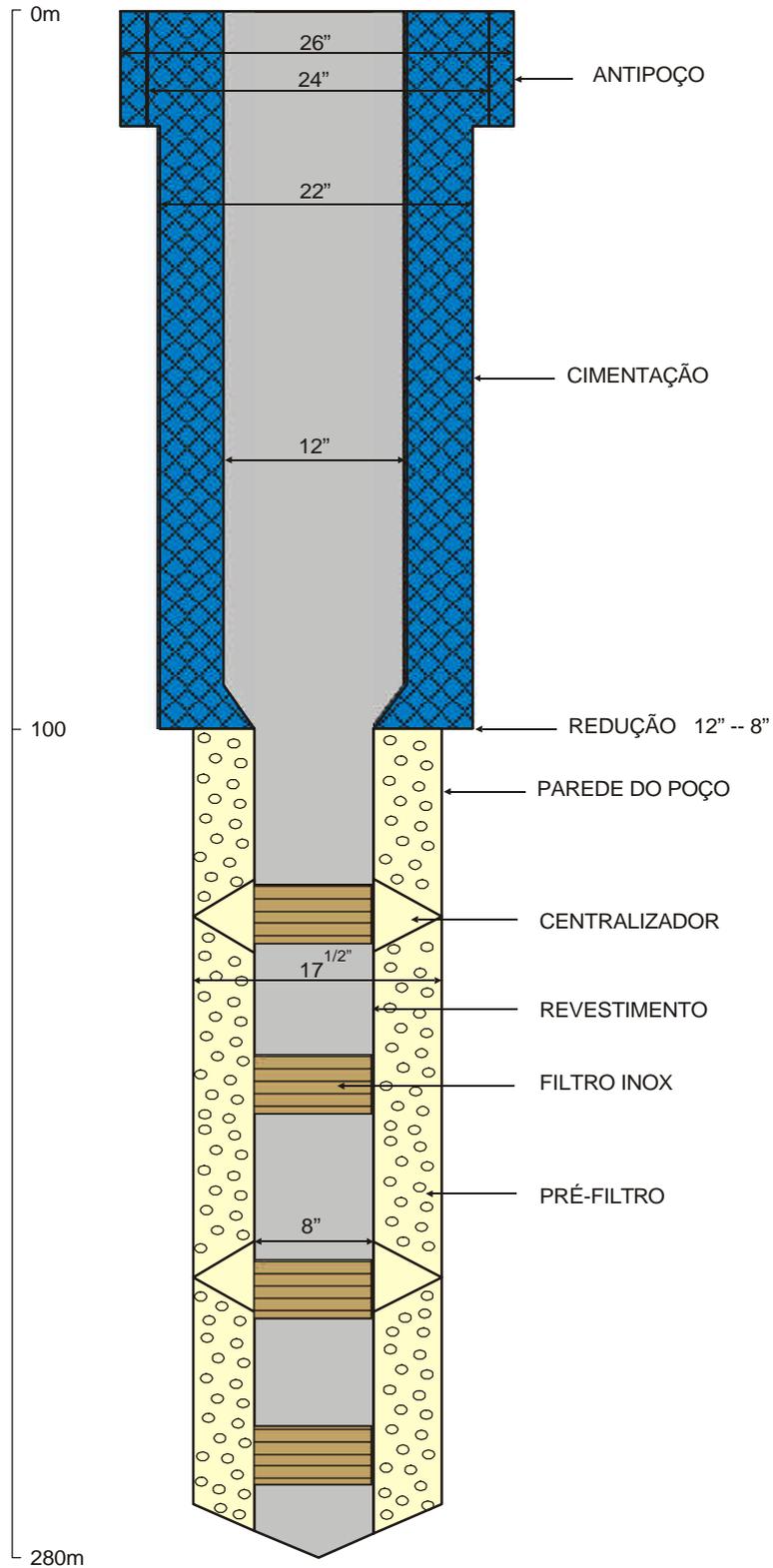


Fig. 01

PERFILAGEM GEOFÍSICA

Assim que se conclui a perfuração (ϕ 12^{1/4}") é executada a perfilagem potencial espontâneo, resistência elétrica e raios gama, pela Universidade Federal do Pará-UFPa, utilizando-se o perfilador MOUNT SOPRIS – MODELO 1000 I. Para ressaltar a importância da perfilagem na construção de poços tubulares profundo, transcrevemos uma síntese dos perfis mais utilizados na RMB, realizado pelo geofísico José Gouvêia Luiz da UFPa.

- **Perfil de Potencial Espontâneo (SP)**

O potencial espontâneo (SP) observado em perfilagem de poços é um potencial eletroquímico que se desenvolve quando uma camada permeável (areia ou arenito) está em contato com camadas impermeáveis do tipo das argilas. Esse potencial é gerado pela passagem dos íons positivos das soluções eletrolíticas (água com sais dissolvidos) existente nos arenitos ou areias para as argilas confinantes. Diferenças na concentração de soluções eletrolíticas existentes no ambiente do poço (relacionadas aos íons da lama de perfuração e da água subterrânea) também contribuem para o SP.

O perfil de SP é o registro contínuo de medidas de potencial elétrico contra profundidade. O procedimento para a tomada das medidas consiste em descer um eletrodo no poço e registrar as variações de potencial relativas a um segundo eletrodo deixado na superfície do terreno. As medidas são realizadas simultaneamente as de resistência elétrica, usando-se os mesmos eletrodos.

As argilas produzem valores de SP bastante uniformes que tendem a surgir uma linha reta, comumente denominada de "linha de folhelho". As rochas permeáveis (arenitos ou areias) produzem deflexões em relação a linha do folhelho, que podem ser tanto a esquerda (deflexão negativa), como a direita (deflexão positiva), dependendo da salinidade relativa do filtrado da lama de perfuração para a salinidade da água subterrânea. Aquíferos com água mais salgada (contendo maior quantidade de íons) do que o filtrado da lama produzem deflexões negativas; enquanto deflexões positivas são observadas quando a água do aquífero é mais doce (contêm menos íons) do que o filtrado da lama. O perfil SP permite, portanto, além delimitação das zonas permeáveis (aquíferos), que se estabeleçam uma estimativa relativa da salinidade das águas dos aquíferos atravessados por um poço.

- **Perfil de Resistência Elétrica (RE)**

O perfil de resistência elétrica (RE) é o registro contínuo de valores de resistência elétrica contra a profundidade. O procedimento para as medidas consistem em injetar corrente elétrica no poço e medir o potencial resultante. A corrente é injetada através de um único eletrodo que desce no poço em uma sonda. O circuito elétrico é fechado com o aterramento de um segundo eletrodo e fica na superfície do terreno. As variações na resistência de contato do eletrodo que desce no poço são registradas como perfil de resistência elétrica.

A condução da eletricidade nas camadas geológicas é principalmente controlada pela natureza, quantidade e distribuição da água subterrânea e pelo conteúdo de argila existentes nas camadas. Desse modo, conhecendo-se a distribuição da resistência elétrica nas formações geológicas em superfície, pode-se determinar quais as camadas que tem chances de ser um aquífero. As medidas de resistência elétrica podem fornecer as seguintes informações sobre os aquíferos: limites (topo e base), espessura e presença de argilas.

A interpretação das medidas obtidas com o equipamento usado neste trabalho é basicamente qualitativa, com respeito aos valores de resistência elétrica. Os valores medidos permitem que apenas se reconheça se uma camada é mais resistiva ou menos resistiva que outra camada. Em termos relativos, as argilas produzem valores mais baixos de resistência elétrica do que os arenitos e areias (aquíferos). Os valores mais baixos de resistência elétrica observados nos perfis são então associados, em geral, as argilas e os mais elevados podem representar a presença de aquíferos. Oscilações dentro dos valores característicos dos aquíferos podem significar a presença de zonas argilosas dentre desses aquíferos.

- **Perfil Raios Gama (RG)**

O perfil raios gama (RG) registra continuamente a radiação gama natural contra profundidade. A radiação natural provém da desintegração espontânea de isótopos radioativos presentes nas camadas geológicas.

No ambiente geológico de um poço para água subterrânea, a radiação gama provém basicamente do isótopo radioativo de potássio (K-40), com algumas contribuições de isótopos da família do urânio (U-238) e tório (Th-232). Esses isótopos existem geralmente em maior quantidade nas argilas do que nas areias do que nos arenitos. Desse modo, a presença de argilas produzirá os valores mais elevados no perfil raios gama. Os aquíferos, por outro lado, apresentam normalmente os mais baixos valores no perfil. Obviamente, outros tipos de rochas também produzem valores similares aos produzidos por um aquífero

ou por uma argila. Por esse motivo, é necessário o conhecimento das litologias atravessadas pelo poço.

DIMENSIONAMENTO DOS FILTROS E PRÉ-FILTRO, COM BASE DAS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

De posse dos dados do poço tubular profundo, Conjunto Eduardo Angelim executado pela FEMAC, em Icoaraci, com profundidade de 266m, foram selecionados com base em amostras de calha a partir de 190 metros, quatro intervalos significativos como produtores de água. São intervalos com geometrias heterogêneas e apresentando interaleitamentos centimétricos a métricos de calcário e argila, o que confere um caracter de confinamento para os aquíferos abaixo de 100m.

Foram analisados os intervalos que apresentaram maior domínio de areia fina (190m–200m), areia média (204m-212m) a grossa (222m-228m), como também um intervalo de conglomerados e arenitos argilosos na profundidade de (240m-252m). Nesses domínios separou-se uma quantidade apropriada de cada intervalo julgada como amostras representativas dos sistemas aquíferos do poço. A granulometria das frações arenosas foi determinada por peneiramento mecânico das amostras de calha. Essas análises mostram areia fina a conglomerática, de bem a mal selecionada, e seixos ou cascalhos com diâmetro de até 4mm ou maiores.

De acordo com a escala proposta pela ABNT, as areias e pedregulhos (seixos ou cascalhos) são caracterizados pelos seguintes tamanhos:

- Areias:

Areia fina: diâmetro entre 0,05 e 0,42mm;

Areia média: diâmetro entre 0,42 e 2,00mm;

Areia grossa: diâmetro entre 2,00 e 4,80mm.

- Seixos ou Cascalhos: diâmetro > 4,8mm

Em uma formação aquífera não consolidada, como é o caso das formações Barreira (80/110m), Pirabas (>110m), o filtro tem função de suportar a pressão exercida pelas camadas circundantes e impedir a passagem de areia para o interior do poço. Entretanto, para determinar a dimensão certa da abertura é necessário conhecer a granulometria do material de que é constituído os aquíferos a serem explorados.

De posse das amostras de calha dos intervalos selecionados, efetuou-se um estudo das análises granulométricas dos sistemas aquíferos atravessados pela perfuração, conforme mostra a tab.01, cujas amostras foram identificadas como 01,02,03 e 04, respectivamente:

Amostras Nº Peneira (mm)	01 % Retido Acumulado	02 % Retido Acumulado	03 % Retido Acumulado	04 % Retido Acumulado
4,00	6,63	9,73	20,52	33,50
3,36	9,26	12,38	25,26	38,83
2,83	11,91	15,40	29,56	44,73
2,38	16,27	19,56	36,08	54,21
1,98	20,37	23,44	42,19	62,72
1,68	24,43	26,94	46,56	70,22
1,00	34,49	34,22	55,16	82,61
0,71	41,16	39,71	59,61	85,55
0,42	54,39	53,69	66,98	88,59
0,25	71,22	72,16	75,09	91,18
0,17	81,07	83,51	81,52	93,27
Fundo	100,00	100,00	100,00	100,00
Peso (g)	225,00	305,00	315,00	420,00

TABELA-01 – Poço Conjunto Eduardo Angelim – Análises Granulométricas dos sistemas aquíferos mais inferior

Os dados da tabela permitiram elaborar as curvas de distribuição granulométrica, que indicam a quantidade de material retido em uma determinada peneira. Assim os grãos foram classificados entre areia fina (0,05mm – 0,42mm) e areia muito grossa (2,0mm – 4,8mm). Dentro do conjunto analisado, os intervalos de 190m – 200m, correspondente a amostra nº 1, mostrou uma granulometria fina a média, enquanto a amostra nº 4, do intervalo 240m - 252m, varia de areia grossa à conglomerática (Fig. 02 e Tab. 01 e 02).

Verifica-se pela análise da Fig.02, que as curvas de distribuição granulométrica têm declividades e formatos variados. Estão próximas ou afastadas do eixo das ordenadas (origem das aberturas), revelando areia fina ou grossa. Essas características (finura, declividade e formato da curva), podem variar independentemente uma da outra e o estudo detalhado de cada uma delas é indispensável para o conhecimento completo da granulometria do material.

Com base nas curvas de distribuição granulométrica (diâmetro do grão e a declividade da curva), estabeleceu-se os diâmetros efetivos (**Def**) e os coeficientes de uniformidades (**U**). De posse desses parâmetros, determinou-se a abertura do filtro, que

deverá ser colocado diretamente na formação, correspondente aos intervalos de maior ou menor retenção (d40% ou d50%).

ANÁLISE GRANULOMÉTRIA
POÇO FEMAC - CONJ. EDUARDO ANGELIM
SESAN / SAAEB

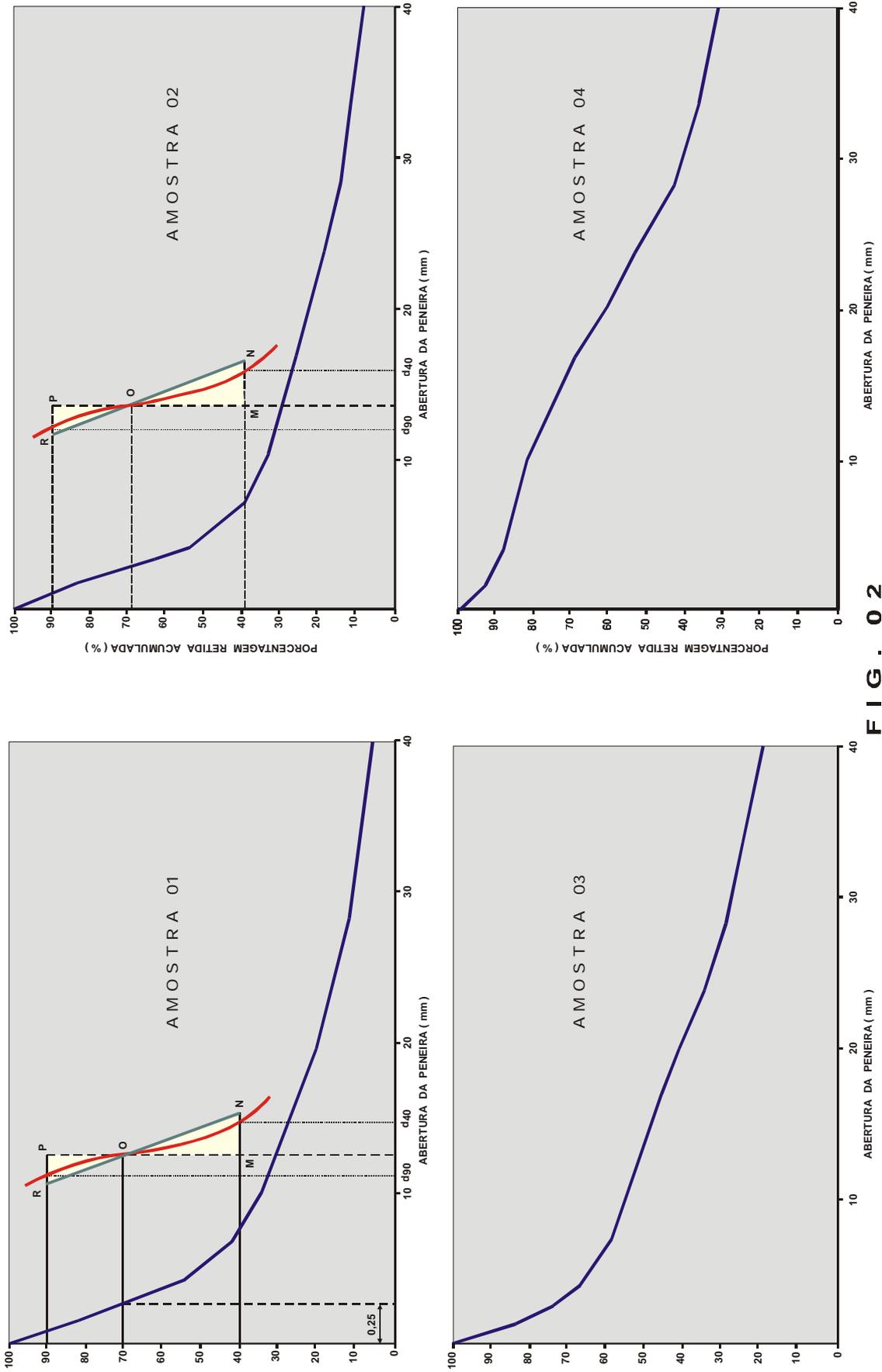


FIG. 02

Amostra	Diâmetro Efetivo de Formação (Def) mm			Coeficiente de Uniformidade (U)		Diâmetro Efetivo do Pré-filtro (mm)		
	D90	D70	D40	Formação	Pré-filtro	D90	D70	D40
01 ⁽¹⁾	0,08	0,25	0,75	9,4	1,32	1,11	1,25	1,46
02 ⁽²⁾	0,10	0,27	0,70	7,0	1,31	1,20	1,35	1,57
03 ⁽³⁾	0,08	0,35	2,10	26,25	-	-	-	-
04 ⁽³⁾	0,30	1,67	3,20	10,67	-	-	-	-

(1) A espessura de 190/200m é a porção fina da camada aquífera.

(2) A espessura de 204/212m é a faixa média da camada aquífera

(3) A espessura de 222/228 é a faixa grossa da camada aquífera

(4) A espessura de 240/252 é a faixa grossa a conglomerática

TABELA Nº 02- Coeficiente de Uniformidade e Diâmetro Efetivo da Formação e do Pré-Filtro.

Da simples visualização das porcentagens retidas acumuladas X abertura das peneiras em mm, constata-se que o mais baixo **d40** é o de 0,70mm e o mais alto é o de 3,20mm; de onde se conclui que, para essas espessuras aquíferas, o filtro de abertura 0,70mm é o mais compatível com a granulometria mais fina.

Nesse caso, onde há um envolvimento do filtro com uma camada de material mais grosso que o da formação, é necessário fixar as características desse pré-filtro, embora conhecido por “envoltório de pedregulho”, deverá ser muitas vezes constituído simplesmente de areia grossa ou média (Critério da E. E. Johnson). Assim, a abertura do filtro será correspondente ao diâmetro efetivo do material de envolvimento, equivalente a abertura que retém 90% do material preparado, isto é, 1,11mm para esse caso.

Em um sistema aquífero multi camada, como aqui se apresenta, deve-se tomar como base o nível de granulometria mais fina. Caso haja disponibilidade de filtros com aberturas compatíveis com o das formações, é aconselhável o uso do sistema de filtro pré-estabelecido pela Johnson.

Além disso, foi determinada a granulometria do pré-filtro, cujo material está compreendido entre os diâmetros 1,11mm e 1,57mm, necessário para reter adequadamente a formação circundante, enquanto que para as outras amostras os diâmetros estão indicados na Tab. 02.

Como se trata de um aquífero estratificado, com alternâncias de areias, argilas e calcário, e que caracteriza o aquífero como confinado, pode ser aproveitada toda a espessura, caso haja disponibilidade de filtros; caso contrário, utilizar 2/3 da camada aquífera

ou selecionar os níveis aquíferos por intermédio da perfilagem gama, e aplicar a metodologia do Johnson, para aquífero confinado.

REVESTIMENTO DEFINITIVO

Na grande maioria dos poços foram utilizados tubos de aço carbono nos diâmetros (12", 14" e 8"), fabricados pela MANNESMANN e filtros de aço inoxidável AISI 304, espiralados, de ϕ 8", fabricado pela PROMINAS ou JOHNSON, com aberturas de 0,50mm e 0,75mm, dimensionadas de acordo com as análises granulométricas dos aquíferos.

Dentro da câmara de bombeamento, entre a profundidade de 74 a 100 metros é soldado um anel de ferro biselado com espessura de 4,5cm e abertura interna de 27cm para servir de apoio para eletrobomba, dentro da sistemática desenvolvida pela SABESP, que facilita a colocação e retirada de bombas submersas em poços profundos, conforme figura 03. Toda a conexão dos tubos e filtros, foram soldadas.

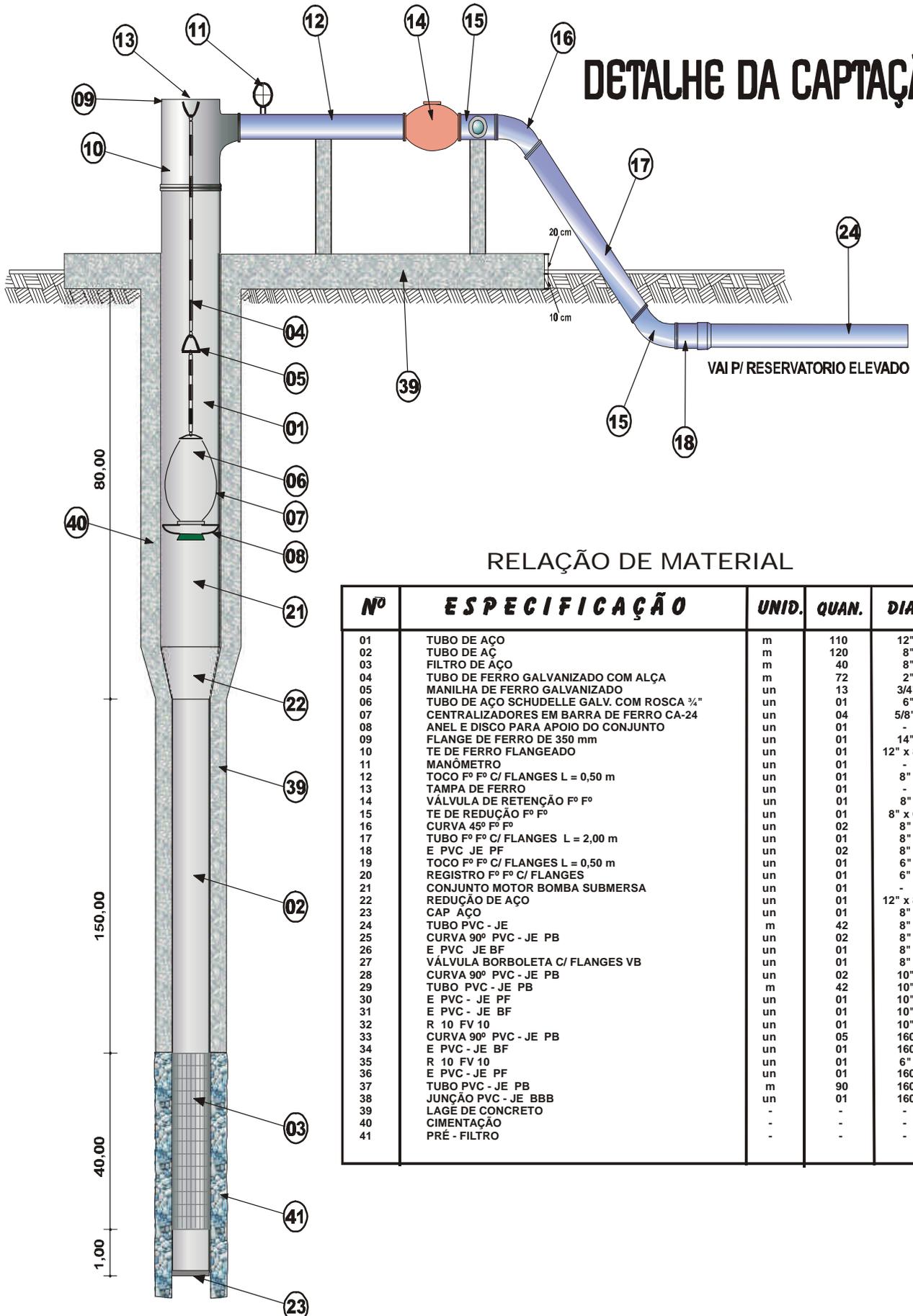
COMPLETAÇÃO DOS POÇOS TUBULARES

Logo, após a descida do revestimento e conseqüentemente a do pré-filtro, inicia o processo de limpeza e desenvolvimento do poço, empregando processos sucessivos de bombeamento pelo método AIR-LIFT, injeção de solução de hexametáfosfato de sódio e às vezes pistoneamento com embolo, até que não haja mais a produção de areia, ou mesmo jateamento de cada seção filtrante com uma solução dispersante.

TESTE DE VAZÃO (Rebaixamento e Recuperação)

O teste de vazão na maioria das vezes constitui de um bombeamento contínuo em três etapas progressivas de vazão, mantendo-se a mesma constante em cada etapa. O tempo total do teste é de 24 horas, executado com uma eletrobomba submersível, marca EBARA, modelo BHS804-2, com motor de 40 HP, instalado a uma profundidade de 60 metros. Com a interrupção do bombeamento dar-se-á a recuperação do nível d'água.

DETALHE DA CAPTAÇÃO



RELAÇÃO DE MATERIAL

Nº	ESPECIFICAÇÃO	UNID.	QUAN.	DIAM.
01	TUBO DE AÇO	m	110	12"
02	TUBO DE AÇO	m	120	8"
03	FILTRO DE AÇO	m	40	8"
04	TUBO DE FERRO GALVANIZADO COM ALÇA	m	72	2"
05	MANILHA DE FERRO GALVANIZADO	un	13	3/4"
06	TUBO DE AÇO SCHUELLE GALV. COM ROSCA 3/4"	un	01	6"
07	CENTRALIZADORES EM BARRA DE FERRO CA-24	un	04	5/8"
08	ANEL E DISCO PARA APOIO DO CONJUNTO	un	01	-
09	FLANGE DE FERRO DE 350 mm	un	01	14"
10	TE DE FERRO FLANGEADO	un	01	12" x 8"
11	MANÔMETRO	un	01	-
12	TOCO Fº Fº C/ FLANGES L = 0,50 m	un	01	8"
13	TAMPA DE FERRO	un	01	-
14	VÁLVULA DE RETENÇÃO Fº Fº	un	01	8"
15	TE DE REDUÇÃO Fº Fº	un	01	8" x 6"
16	CURVA 45º Fº Fº	un	02	8"
17	TUBO Fº Fº C/ FLANGES L = 2,00 m	un	01	8"
18	E PVC JE PF	un	02	8"
19	TOCO Fº Fº C/ FLANGES L = 0,50 m	un	01	6"
20	REGISTRO Fº Fº C/ FLANGES	un	01	6"
21	CONJUNTO MOTOR BOMBA SUBMERSA	un	01	-
22	REDUÇÃO DE AÇO	un	01	12" x 8"
23	CAP AÇO	un	01	8"
24	TUBO PVC - JE	m	42	8"
25	CURVA 90º PVC - JE PB	un	02	8"
26	E PVC - JE BF	un	01	8"
27	VÁLVULA BORBOLETA C/ FLANGES VB	un	01	8"
28	CURVA 90º PVC - JE PB	un	02	10"
29	TUBO PVC - JE PB	m	42	10"
30	E PVC - JE PF	un	01	10"
31	E PVC - JE BF	un	01	10"
32	R 10 FV 10	un	01	10"
33	CURVA 90º PVC - JE PB	un	05	160
34	E PVC - JE BF	un	01	160
35	R 10 FV 10	un	01	6"
36	E PVC - JE PF	un	01	160
37	TUBO PVC - JE PB	m	90	160
38	JUNÇÃO PVC - JE BBB	un	01	160
39	LAGÊ DE CONCRETO	-	-	-
40	CIMENTAÇÃO	-	-	-
41	PRÉ - FILTRO	-	-	-

DESINFECÇÃO, CIMENTAÇÃO E LAJE DE PROTEÇÃO SUPERFICIAL

Para desinfecção é injetada uma solução de hipoclorito de cálcio, com uma concentração de cloro livre em torno de 100 mg/l, que permanece em repouso por um período de 8 horas, sendo feito posteriormente o bombeamento para eliminação do cloro residual.

Com finalidade de dar proteção sanitária ao poço, foi realizada a cimentação do espaço anelar entre o revestimento e a parede do furo, até a profundidade de trinta metros.

Na superfície do terreno em volta do tubo de revestimento, foi construída uma laje em concreto ciclópico de $4,0 \times 4,0$ m, com espessura de 0,30 m (Fig. 04).

AVALIAÇÃO ECONÔMICA

Para a determinação da avaliação econômica de uma alternativa, tornou-se necessário considerar alguns conceitos de matemática financeira, que têm aplicabilidade em grandes e pequenos projetos, a exemplo da construção de um poço.

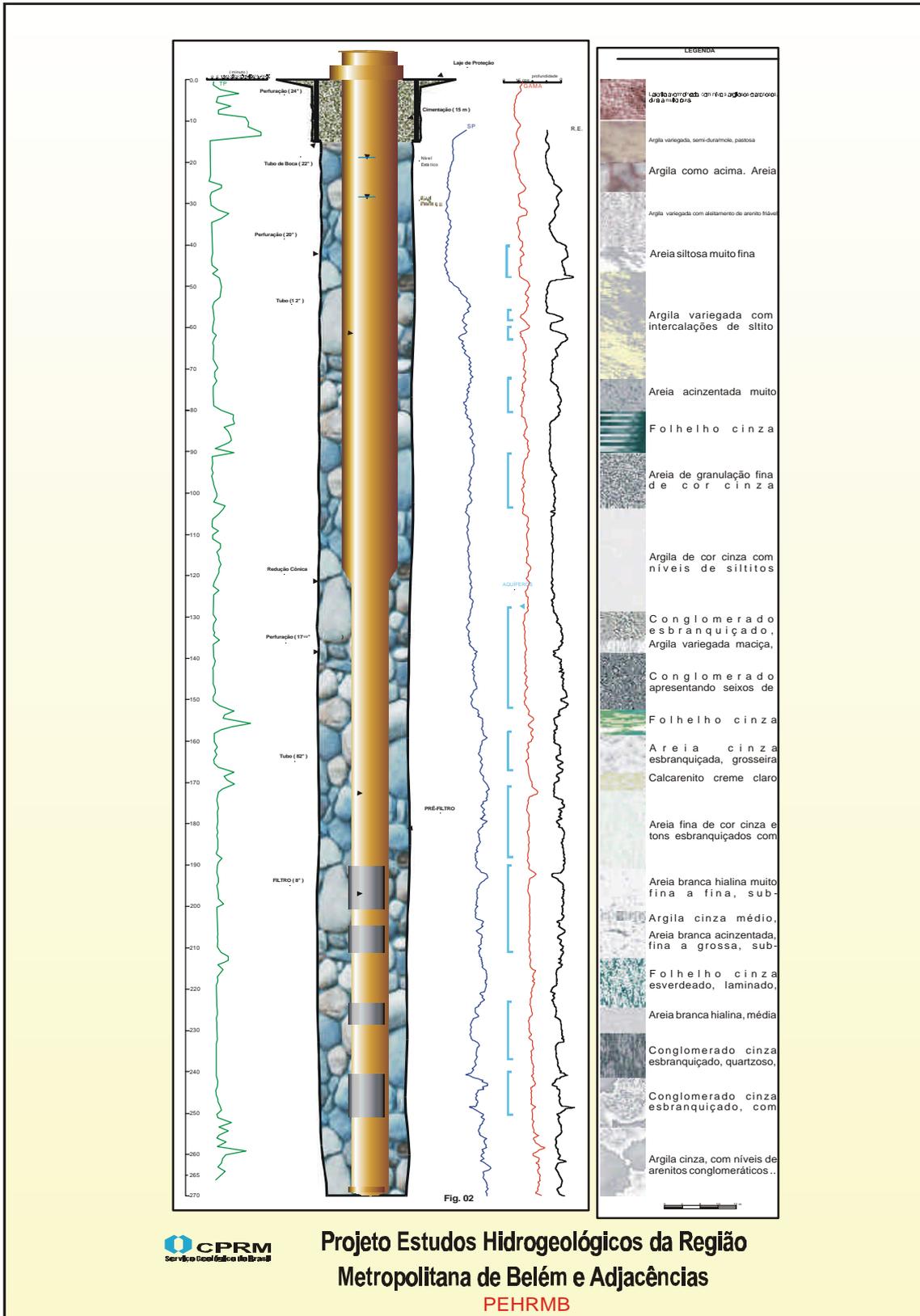
A fim de possibilitar a obtenção dos dados para o projeto, procedeu-se a um levantamento dos principais fatores que interferem no custo da captação subterrânea (custo do poço, equipamentos, consumo de energia, etc.).

De posse do custo do poço, estimado em R\$ 200.000,00 em rochas sedimentares, do preço da bomba submersa (R\$ 3.000,00), da vida útil da bomba (10 anos) e regime de bombeamento (20 h/dia) e considerando, ainda, a taxa de manutenção (5%) do valor do poço e o custo de energia P (KW) = 15 Q.H. (para bomba submersa), pode-se calcular o fator de recuperação do capital investido.

Para projeção de um poço de 300 metros, elegeu-se uma câmara de bombeamento de 14", com uma altura manométrica de 100 m, de onde será extraída uma vazão de $250\text{m}^3/\text{h}$. Com base nesses parâmetros pode ser calculado o custo de produção do m^3 de água, o qual ficou em R\$ $0,0735/\text{m}^3$.

CONJUNTO EDUARDO ANGELIM

PERFIL COMPOSTO DO POÇO DE ICOARACI



Nessas circunstâncias, podem ser determinados os custos relativos aos consumos mensal ou anual (demanda X custos) e, assim, calcular em quanto tempo será repostado todo o capital investido.

Cálculo do Fator de Recuperação de Capital do Poço Tubular

$P_p = \text{R\$ } 200.000$ $n = 30$ anos $i = 12\%$

$$A_p = \frac{P \cdot i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

$A_p = \text{R\$ } 24.828,73$

Cálculo do Fator de Recuperação das Gerações de Bombas

$$A_b = \frac{F}{(1+i)^n}$$

$A_{b1} = \text{R\$ } 3.000,00$

$A_{b2} = \text{R\$ } 311,00$

$A_{b3} = \text{R\$ } 100,13$

$S_b = A_{b1} + A_{b2} + A_{b3}$

$S_b = \text{R\$ } 3.411,13$

Cálculo do Fator de Recuperação do Custo de Energia ($P = 15 \times Q \cdot H$)

$Q = 250 \text{ m}^3/\text{h} = 6,94 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$

$H = 100\text{m}$ (Altura manométrica)

$P = 15 \times Q \times H$ (KW)

$P_{1h} = 15 \times 6,94 \times 10^{-2} \times 100 = 104,17$ (Potência de energia consumida em uma hora de bombeamento).

$P_{20h} = 104,17 \times 20 = 2083,40$ KW (Potência de Energia consumida em 20 horas de bombeamento)

$A_e = 2083,40 \times 0,1169$ (Tarifa de energia) $\times 365$ dias = $\text{R\$ } 88.895,55$

Cálculo do Fator de Recuperação do Custo de Manutenção

$A_m = 5\% P_p = 0,05 \times 200.000,00$

$$Am = R\$ 10.000,00$$

Cálculo do Custo de Produção por m³ de Água : CP

$$\text{Produção Prevista (anual)} = Q \times h = 250\text{m}^3/\text{h} \times 7.200\text{h}$$

$$\text{Produção Prevista (anual)} = 1.825.000 \text{ m}^3$$

$$CP = \frac{Ap + Ab + Ae + Am}{\text{Volume Anual}}$$

$$CP = \frac{24.828,73 + 411,13 + 88.895,55 + 20.000,00}{1.825.000}$$

$$CP = R\$ 0,0735/\text{m}^3$$

Um poço conforme especificações acima, revestido com tubos de aço carbono e filtros inox, custos na praça de Belém, em torno de R\$ 700,00 o metro linear (ver fig. 01 e 04).

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As informações aqui transmitidas, dão idéias sobre o estado de exploração dos recursos hídricos subterrâneos, servindo, portanto, como ponto de partida para trabalhos futuros.

O abastecimento de água é um dos mais cruciantes e graves problemas do RMB, sendo necessário medidas mitigadoras, por parte dos gestores municipal, estadual e a fim de minimizar este lastimável quadro. Nestas circunstâncias, uma alternativa para a situação é a utilização de água subterrânea armazenada nos sistemas aquíferos mais profundos, com profundidades de algumas centenas de metros, conforme atestam os poços perfurados na área trabalhada.

É aconselhável que os Poderes Público Municipal, Estadual e Federal responsáveis pelo gerenciamento dos recursos hídricos, além da SECTAM, juntamente com o CREA, possam exercer um controle na construção de poços tubulares, especialmente aqueles com profundidades >100m, para que sejam cumpridas as normas da ABNT, exigindo o relatório de construção e a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART).

Pretendeu-se neste tema, dar subsídio ao usuário de perfuração de poços profundos, principalmente no que tange o projeto de poço e completação dos mesmos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FSESP– Relatório de Construção de poços tubulares profundos, Distrito de Icoaraci – Belém-PA : CPRM; 1980, 16 p. il.

SAAEB – Relatório de Construção de Poços Tubulares Profundos, Belém-PA. Icoaraci, HIDROENSE, Araraquara S.P.,1997. [S.P.] il.

SAAEB – Relatório de Construção de Poços Tubulares Profundos, Conjunto-Eduardo Angelim, FEMAC, Belém, 1997 il.

SAAEB – Relatório de Construção de Poços Tubulares Profundos, Belém-PA. Icoaraci. FEMAC, Belém-PA,1998.