

POÇOS TUBULARES PROFUNDOS PARA AUMENTAR O FORNECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DA COSANPA NO LOTEAMENTO CDP.

¹ Josafá Ribeiro de Oliveira, ² Raimundo Maciel; ³ Felisberto Centeno Junior; ⁴ Alfredo Pontes; ⁵ Jonathas Castanha Bezerra.

RESUMO: O presente relatório descreve de maneira consubstanciada os trabalhos desenvolvidos e resultados alcançados nos testes de produção escalonados dos seis poços tubulares de 270 metros de profundidades para exploração de água subterrânea de interesse da COSANPA, localizado no bairro da Providência em Belém-PA, sendo os Projetos dos Poços Tubulares executados conforme especificações da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Levando ainda em conta as NBR – 12212 e 12244 de Abril de 1992. Os poços foram perfurados na primeira quinzena de Novembro de 1998, contudo, os testes de produção escalonados, só foram realizados em 11 de Novembro de 2013. Após a realização dos testes de bombeamento escalonados, recuperação, desinfecção, dentre outros, confeccionou-se o Relatório Técnico Final. A COSANPA vem desenvolvendo atividade voltada ao desenvolvimento de pesquisa em águas subterrâneas, possibilitando o abastecimento de água da Regiam Metropolitana de Belém – RMB, e em mais de 40 municípios do interior paraense. Além disso, estuda os aquíferos da grande Belém quanto a suas potencialidades e fragilidades frente as atividades antrópicas, gerando conhecimento técnico, aplicado à proposição de medidas de proteção, uso racional e sustentável, e gestão de água subterrânea.

Palavras - chave: Aquífero pirabas, Poço tubular profundo.

ABSTRACT: This report describes so embodied the work done and results achieved in the production testing staggered six wells of 270 meters depth to groundwater exploration COSANPA of interest, located in the Providence neighborhood in Belém, PA , and Projects Tubular Wells' run as specified by ABNT (Brazilian Technical Standards Association) . Even taking into account the NBR -. 12212 and 12244 April 1992. The wells were drilled in the first half of November 1998 ,

¹Geólogo Consultor Independente, Chácara Rosa do Campo – Estrada Vila Nova, 9 – CEP: 67130-600, 91 9166 9563 – josavno@ig.com.br

²Engenheiro Sanitário – Av Magalhães Barata, 1505 – CEP: 66000-000, 91 8732 2115 – raimundomaciel@hotmail.com

³Engenheiro Civil – Marques de Herval, 440 – 66085-310, 91 3226 8858 – centeno.junior@bol.com.br

⁴Técnico de Saneamento - Av Magalhães Barata, 1505 – CEP: 66000-000, 91 8732 2115 – alfredopontes@hotmail.com

⁵Engenheiro Ambiental – Gaspar Viana, 214 – CEP: 66010-060, 91 8274 6904 – jonathascastanha@yahoo.com.br

however, the staggered production test was only performed on November 11, 2013 After testing.scaled pumping , recovery, disinfection , among others , it was made the Final Technical Report . The COSANPA been developing activities aimed at developing research in groundwater, ensuring the supply of water from the Metropolitan ruled in Belém - RMB, and in more than 40 municipalities in Pará interior. Further studies of large aquifers Belém as their strengths and weaknesses across the anthropogenic activities , generating technical knowledge applied to the proposition of protection measures, rational and sustainable use and management of groundwater.

Key words: Pirabas aquifer, Tubular deep well.

1.0 – INTRODUÇÃO

A Companhia de Saneamento do Pará – COSANPA construiu seis poços tubulares profundos cuja finalidade é aumentar o fornecimento de água potável do sistema de abastecimento no loteamento CDP, objetivando atingir os aquíferos existentes a partir da profundidade de 190 metros, dentro do sistema aquífero Pirabas, que segundo Oliveira, J. R. (2002) [1] possuem água potável de boa qualidade físico químico e desprovido de ferro. Como também, atender ao programa de Saneamento para recuperação das baixadas de Belém, Loteamento CDP-COSANPA-FEMAC (1985) [2].

2.0 – OBJETIVO

O objetivo principal consiste em estabelecer um programa que avalie as condições de exploração mediante o conhecimento da vazão ótima explotável, das perdas de carga, da eficiência, das características hidráulicas do aquífero captado e da qualidade da água durante todo o ano, permitindo, assim, controlar o desempenho do sistema aquífero/poço/bomba.

O trabalho tem por objetivo secundário, formulação do teste de produção escalonado para a área de estudo, localizada na região do Setor de abastecimento de Água Subterrânea no Loteamento C.D.P, referente ao Programa de Saneamento para a Recuperação das Baixadas de Belém – Bacia do Uma, Val-de-Cans em Belém, Loteamento CDP-COSANPA-FEMAC (1998) [3].

Descreve-se a metodologia adotada para o estabelecimento do rebaixamento total desses poços, como também, a estimativa das vazões máximas da bateria de poços profundos na área da concessionária.

3.0– LOCALIZAÇÃO E ACESSO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de desenvolvimento do trabalho situa-se na região metropolitana de Belém, Estado do Pará, estando na sua maior parte dentro dos limites do empreendimento, mais precisamente, no Loteamento CDP – Belém, contíguo ao Conjunto Providência, bairro de Val - de - Cães, município de Belém. O contorno da área do estudo perfaz um polígono irregular, com cerca de 2,5 km², inserido num retângulo delimitados pelas coordenadas UTM 780.491 E 780.310 oeste, e 9.844.683 e 9.844.600 sul.

O acesso à área tem como o principal ponto de partida a cidade de Belém, utilizando-se principalmente o transporte rodoviário, realizado através das ruas e avenidas do município.

3.0 – CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO

3.1 - Geologia Regional e Local

Os litótipos que compõem a moldura geológica da área estão dentro dos domínios das coberturas fanerozóicas e acham-se representados por uma seqüência carbonática em subsuperfície, denominada Formação Pirabas, de idade miocênica, e recoberta por sedimentos clásticos do Grupo Barreiras, de idade terciária, Cobertura Detrítico Lateríticas, Cobertura Sub-recente e Cobertura Aluvionar Recente de idade quaternária. As duas últimas Coberturas são constituídas de sedimentos aluvionares inconsolidados que jazem na faixa costeira, leitos das drenagens e manguezais.

A partir da década de 90, vários estudiosos vêm desenvolvendo trabalhos geológicos nesses sedimentos, principalmente na região nordeste do Pará, onde se destacam: Góes et al. (1990) [4], Bezerra, L. E. P. et al. (1993) [5]. Estes autores têm designado os sedimentos subaflorantes e aflorantes na Região Metropolitana de Belém, como no nordeste do Pará, de Formação Pirabas e Grupo Barreiras. E por se julgar de grande valia para o entendimento da estratigrafia do Cenozóico da região, estão transcritos alguns excertos do trabalho de OLIVEIRA. J.R., 2002[1].

3.2 - Formação Pirabas

No Estado do Pará é encontrada em subsuperfície, em toda a Zona Bragantina e em superfície, na faixa litorânea da Zona do Salgado litotipos da Formação Pirabas. Francisco & Ferreira (1988) [6], definiram 3 Fácies:

Fácies Castelo (Inferior) – calcário puro diversificado, coquinas, micritos, biohermitos e dolmicritos. O ambiente é de mar aberto de águas agitadas e quentes, com salinidade normal. Aflora no litoral, em Salinópolis e Fortalezinha.

Fácies Baunilha Grande (Intermediária) – argilas negras com vegetais piritizados e carcinólitos, que sugerem um ambiente de mangue. Observada em furos de sondagem, em Quatipuru e Primavera.

Fácies Capanema (Superior) – margas, micritos, bioclásticos, folhelhos rítmicos e arenitos calcíferos, de ambientes lacunares, de borda de bacia e estuarino. Aflora em Capanema.

Com base na descrição dos poços profundos na Região Nordeste do Pará (OLIVEIRA / 2006) [7], quando do acompanhamento dos poços perfurados pela CONTEP e HIDROENGE /SP, nos bairros de Guanabara, e Benevides, descreve a litologia da Formação Pirabas, como sendo composta por margas e calcários (micritos, bioclásticos, biohémicos e dolmicritos), intercalados com folhelhos de cor cinza – esverdeados e negros, contendo vegetais piritizados. Arenitos calcíferos (beach rocks) e calco arenitos, também encontrados nessa Formação.

Ainda com base na seção dos poços perfurados, destacam-se argila arenosa de coloração variada, micásea, concreções lateríticas intercaladas. Areia fina a muito grossa, com cimento silicoso a calcífero e boa porosidade aparente, variando de boa a regular, quartzosa. Calcarenitoossilífero de cor variando de cinza a esbranquiçada e tons escuros. Conglomerados compostos de clastos de quartzo hialino, esfericidade regular, coloração cinza avermelhado e tons esbranquiçados. Folhelhos também estão presentes na seção, em camadas pouco espessas, cores variando de cinza esverdeada. A formação pirabas não aflora na Região Metropolitana de Belém-RMB e é encontrada a partir de 100 metros com forma (OLIVEIRA 2002) [1] e está sotoposta as camadas do Grupo Barreiras.

3.3 – Grupo Barreiras.

O Grupo Barreiras é constituído litologicamente por uma sequência de sedimentos argilo-arenosos e argilo-argilosos, inconsolidados, de coloração amarelo alaranjada no topo, variando para diversos tons de cinza a variegada na base. Às vezes essas camadas argilosas são compactas e apresentam níveis de lateritas duros e abrasivas. São destacados níveis arenosos com seleção regular no topo e moderada na base, arredondamentos sub-angular a sub-arredondado e esfericidade regular.

3.4 - Hidrogeologia Regional e Local

O pacote que acumula água subterrânea na Região Metropolitana de Belém-RMB e municípios circunvizinhos (Castanhal, Iritúia, Salinópolis, Barcarena, entre outras.), é formado por três Unidades Geológicas, assim sintetizadas: Formação Pirabas, Grupo Barreiras e a Formações Itapecuru. Essas unidades geológicas revestem-se de grande importância do ponto de vista hidrogeológicos, pois guardam vários sistemas aquíferos, separados por níveis argilosos de variáveis espessuras, podendo atingir profundidades de até 370 metros como a dos poços da PETROBRÁS, no Tapanã, e da COSANPA, no bairro Santa Maria, no Coqueiro.

Com base na bateria de poços do Loteamento CDP (seis poços profundos), ressalta-se que somente foram aproveitados os aquíferos de maiores perspectivas de produção de água, localizados entre 190-270 metros de profundidade, intervalo recomendado para os poços a serem projetados na área da grande Belém. Nas áreas circunvizinhas as perfurações destinadas à captação de água para abastecimento público devem alcançar essas profundidades, devido ao mesmo condicionamento hidrogeológicos da RMB (OLIVEIRA, 2002) [1]. Entretanto adverte-se que os aquíferos existentes na seção de 40 - 150 metros de profundidade acusaram, em parte, teores excessivos de ferro, como demonstram as análises das águas coletadas em poços na região amazônica[8].

De posse das informações anotadas anteriormente e de conformidade com o perfil litológico dos poços perfurados na área, identificou-se à ocorrência de três domínios aquíferos.

O primeiro domínio é do tipo poroso, constituído pelos sedimentos da Unidade Pós-Barreira que, por sua vez, está encimada por aluviões e colúvios. Corresponde à unidade aquífera superior formada por níveis argilo-arenosos e inconsolidados, existentes no intervalo de 12–18 metros. O potencial hidrogeológico desse aquífero é fraco, como atestam as vazões. Entretanto, na maioria das vezes, apresentam água de boa qualidade para consumo humano, podendo, em alguns casos, não ser potável devido ao teor excessivo de ferro. São aquíferos livres cuja recarga se dá diretamente através das precipitações pluviométricas enquanto a descarga se efetiva através dos rios, pelas fontes, evapotranspiração e poços.

O segundo domínio aquífero corresponde aos sedimentos do Grupo Barreiras, com litotipos de natureza heterogênea, indo desde argilitos até arenitos grosseiros interaleitados por siltitos, lateritos e níveis argilosos caulinizados, com espessura máxima da ordem de 100 metros. São camadas arenosas de espessuras variáveis intercaladas a camadas mais argilosas.

Conseqüentemente, na maioria das vezes não permitem grandes vazões, e freqüentemente, apresentam-se com teores de ferro fora do padrão recomendado pelo Ministério da Saúde. São

aquíferos de natureza livre e semilivres podendo localmente ser confinados. A recarga se dá por contribuição das camadas sobrepostas ou através da precipitação nas áreas de afloramento.

O terceiro domínio aquífero corresponde aos sedimentos da Formação Pirabas, com litotipos de natureza heterogênea, indo desde margas até calco arenitos interaleitados por calcário fossilíferos, folhelhos e níveis arenitos, com espessura da ordem de 200 metros. Conseqüentemente permitem grandes vazões, e freqüentemente, apresentam-se dureza em torno de 210.

São aquíferos de natureza confinados. A recarga se dá por contribuição das camadas sobrepostas ou através da precipitação nas áreas de afloramento.

A hidrolitologia da área apresenta aquícludes, aquíardos e aquíferos do Grupo Barreiras, e Pirabas que hidrogeologicamente apresentam rochas clásticas arenosas, siltosas, argilosos e calcários, margas e arenitos calcíferos, respectivamente.

3.4.1 - Aquíferos Penetrados

A água subterrânea circula e se acumula nos espaços intersticiais das rochas, constituindo assim nos aquíferos de água subterrânea, passíveis de exploração através de poços.

A circulação, modo de ocorrência e disponibilidade da água subterrânea é condicionada pela geologia, não deixando de levar em consideração os fatores hidroclimáticos.

As Possibilidades de armazenamento e condução de água nesses aquíferos são determinadas por propriedades como a porosidade, permeabilidade, seleção e arranjo dos grãos, cimentação, diagênese e composição mineralógica.

Os furos atravessaram as unidades litológicas denominadas de Formação Pirabas e do Grupo Barreiras, que formam parte do substrato da Região Nordeste do Pará, e é bem caracterizada devida sua hidrogeologia distintas.

Após a conclusão das perfurações um estudo detalhado foi executado, para identificação das camadas hidrogeológicas, com apoio, principalmente, nas amostras de calha, coletadas em todos os metros de avanço na perfuração na zona de interesse.

3.4.2 – Aquíferos Explorados

Todos os aquíferos penetrados (Pirabas) foram explorados através do filtro ou com conexão do pré-filtro. Lembrando que os poços foram completados a uma profundidade aproximada de (250/270) metros.

4.0 – DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS EXECUTADOS

Os trabalhos de perfuração contam de várias etapas distintas, dentre as quais perfurações propriamente ditas, perfilagem geofísica, dimensionamento dos filtros e pré-filtro, descida da coluna de revestimento definitiva, completação, teste de produção escalonado, limpeza e desenvolvimento, desinfecção, dentre outras. Antes da perfuração deve ser solicitado um estudo de viabilidade de captação de Águas Subterrâneas a um profissional competente (geólogo ou engenheiro de minas) para verificar as possibilidades de obtenção de água subterrâneas e fazer um projeto de poço. Em seguida é solicitar uma licença preventiva de perfuração junto ao Órgão Ambiental, que no Pará é a SEMA. E finalmente é contratar uma empresa de perfuração idônea e com registro no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA/PA).

4.1 – Perfuração

É um ato de perfurar um aquífero com máquinas apropriadas (sondas). Inicialmente, perfura-se o subsolo até a rocha compacta (20 a 30 m) e instala-se um tubo de boca de 24 a 26 polegadas de diâmetro, cimentando-se o espaço anelar entre este tubo as paredes da formação aquífera. Havendo necessidade, pode se colocar um segundo tubo de boca de menor diâmetro, por dentro do primeiro tubo de boca.

Todas as perfurações foram executadas pelo processo rotativo com circulação de fluido.

Os 20 metros iniciais foram perfurados, na maioria das vezes, com diâmetro de 30 polegadas para colocação do “Tubo de Boca” de 24 polegadas. Em seguida foram executadas as perfurações dos furos guias até a profundidade de 275 metros aproximadamente, utilizando-se broca tricône de 12. ¼ e fluido de perfuração a base de polímeros como a bentonita e CMC.

Após as análises das amostras dos sedimentos coletados em calhas e dos tempos de penetrações para cada metro perfurado, foram realizadas as descrições litológicas das seções atravessadas pelos poços.

Definida as profundidades finais dos revestimentos e as posições dos filtros, os poços foram alargados para 20 polegadas até o final das perfurações. Ressalta-se, que todos os alargamentos finais foram utilizando fluido de perfuração à base de polysafe CMC 2.000.

Durante todas as perfurações, foram feito o controle do fluido de perfuração, procurando-se manter os mesmos dentro dos seguintes parâmetros: - Peso da Lama entre 8,5 a 9,0 lb/Gal; Viscosidade MARSH DE 35 a 45 segundos e pH entre 7,0 a 9,5.

Concluídas as perfurações das sondagens nos diâmetros de 12. ¼ foram executadas as perfilagens geofísicas pela UFPA, utilizando-se perfilador MOUNTS SOPRIS – MODELO 1.000 C, onde foram traçados os perfis de Raio Gama, Potencial Espontâneo e Resistência Elétrica.

4.3 – Dimensionamentos dos filtros e pré - filtros.

Os aquíferos em que estão posicionados os filtros dos poços são formados por areias com granulometria média a grossa, conforme as análises granulométricas das amostras coletadas, permitindo o dimensionamento dos filtros com ranhuras entre 0,50 a 0,75 mm, considerando-se o critério de envolvimento natural, onde as aberturas devam ser tais que retenham pelos menos 50 % do material da formação durante o processo de desenvolvimento, fazendo uma seleção natural dos grãos maiores, próximos aos filtros.

A colocação do pré-filtro (circulação reversa), constituído de material granular (areia grossa isenta de argila ou areia fina) entre a tubulação interna e as paredes da formação aquífera perfurada. O pré-filtro utilizado, que funciona mais como estabilizador da formação, preenchendo o espaço anular entre o furo e o revestimento definitivo, sendo que sua granulometria variou de 1,5 a 3,5 mm.

4.4 – Revestimentos definitivos

Foram usados tubos de aço carbono Schedule 40 nos diâmetro de 14 polegadas, com espessura de parede de 11,34 mm e de 8 polegadas, com espessura de parede de 8,18 mm, fabricados pela MANNESMANN, e filtros de aço inoxidável SISI 304, espiralados, reforçados, de 8 polegadas de diâmetros, fabricados pela PROMINAS, com aberturas de 0,50 a 0,75 mm, dimensionados de acordo com as análises granulométricas das amostras dos aquíferos penetrados pelas sondagens.

4.5 – Limpeza e Desenvolvimento

Para limpeza e desenvolvimento dos poços tubulares foram empregados processos de bombeamento sucessivos pelo método air lift, injeção de solução de hexametáfosfato de sódio, até que não se verifica mais produção de areia e incrementos consideráveis de vazão específica durante os testes de vazão

preliminares, realizados com compressor de ar. Em síntese, essa operação é provocar uma movimentação da água do poço (vai e vem) para se acomodar o pré-filtro e remover o material mais fino que se desprende da formação aquífera Pirabas. O resultado desta operação foi à produção de água límpida e completamente isenta de sólidos.

4.6– Desinfecção

Para desinfecção dos poços foi injetada uma solução de hipoclorito de cálcio, com uma concentração de cloro livre em torno de 100 mg/l, que permaneceu em repouso por um período de 12 horas, sendo feito posteriormente o bombeamento por mais 24 horas, para eliminação do cloro residual e microorganismos indesejáveis.

5.0 – TESTES PRODUÇÃO ESCALONADOS

Tem a finalidade de determinar os parâmetros hidráulicos dos poços: vazão, nível estático, nível dinâmico, rebaixamento, capacidade específica, rebaixamento, etc.

Os testes de produções Escalonados dos poços consistiram de bombeamentos contínuos de três etapas progressivas de vazões, mantendo as vazões constantes de todas as etapas. As vazões de cada etapa (4,6 e 8 h) foram de 102,86, 168,75e 211,76 m³/h, respectivamente (poço CDP 05). Ver quadro no corpo do relatório.

O tempo total de durações dos testes de produção escalonados foi de 24 horas, executados por uma eletro bomba submersíveis, marca EBARA, modelo BHS 804 – 2, com motor de 40 HP, instalada a uma profundidade de 60 metros.

Os testes de produção permitem estabelecer condições relativamente seguras na exploração de poços. É preciso alertar, todavia, que eles nos dão resultados instantâneos. Como por exemplo, quando se bombeia um determinado poço, a determinação do rebaixamento total e a correspondente vazão ótima de exploração, só poderão ser determinadas com segurança, quando se realiza teste de aquífero.

A principio é muito comum bombear somente um poço, onde existe dois ou mais poços em um empreendimento. Assim sendo, torna-se necessário trabalhar em favor da segurança, prevendo um sobre-rebaixamento de 12 metros ao se instalar o equipamento de bombeamento, principalmente, no sentido de quantificar os rebaixamentos produzidos em cada poço existente na área, em função da interferência mútua entre os mesmos, que são consideráveis devido às proximidades dos poços.

5.1– Interpretação Hidrogeológica.

O teste de produção escalonado permite estabelecer condição relativamente segura na exploração do poço e do aquífero. Ressalta-se que as características hidráulicas dos aquíferos determinam sua capacidade de produção de água.

A determinação do rebaixamento total e a correspondente vazão ótima de exploração poderiam ser determinadas com maior segurança se dispuséssemos de um estudo hidrogeológico específico de toda área, o que foge aos objetivos desse trabalho.

A tabela 01 sintetiza os parâmetros hidráulicos do teste escalonado do poço CDP-COSANPA.

ETAPAS	Q(m ³ /h)	s(m)	s/Q(m/m ³ /h)	Q/s(m ³ /h/m)	TEMPO(h)
1°	102,86	5,27	0,051	1,42	6:00
2°	168,75	8,92	0,053	0,39	6:00
3°	211,76	11,43	0,054	0,38	6:00

Tabela 01 – Teste escalonado do poço CDP

Com base na tabela acima obtido do teste escalonado, onde os valores de s, correspondentes a cada etapa de bombeamento, foram tomados a intervalos de tempos iguais (6 horas), a partir do início de cada etapa, sem a recuperação do nível estático.

Assim, pode se determinar o rebaixamento específico x vazão, possibilitando, equação característica dos mesmos.

5.2 – Equação Características dos Poços

Segundo Jacob, o rebaixamento de um poço bombeado obedece aproximadamente à equação característica abaixo:

$S = BQ + CQ^2$, ou $s/Q = B + CQ$, onde s é o rebaixamento medido no poço em bombeamento, em metros; B é o coeficiente de perda do aquífero; C é o coeficiente de perda do poço e Q é a vazão em m³/h. O termo BQ representa o rebaixamento devido às perdas do aquífero e o termo CQ², o sobre rebaixamento devido às perdas de carga do poço.

A figura 01 exhibe o desenho do rebaixamento específico x Vazão do poço COSANPA: s/Q (m/m³/h)

Do gráfico rebaixamento específico x vazão, obtém-se: $B = 0,048$ e $C = 0,00003$, portanto, a equação característica será: $s = 0,048 \cdot Q + 0,00003 \cdot Q^2$.

5.3 - As Curvas Características dos Poços

A curva característica dos poços com base nos dados dos testes de produção escalonados está na figura 02, que mostra a relação gráfica entre a vazão e o rebaixamento com base da equação característica do poço. Com base nessa curva e admitindo-se um rebaixamento disponível é possível determinar a vazão de exploração para qualquer tempo de bombeamento. Essa curva permite também determinar a vazão máxima dos poços, a fim do mesmo não atinja um regime turbulento, que é danoso para os poços e aquíferos.

Fig. 1 - EQUAÇÃO CARACTERÍSTICA DO POÇO COSANPA

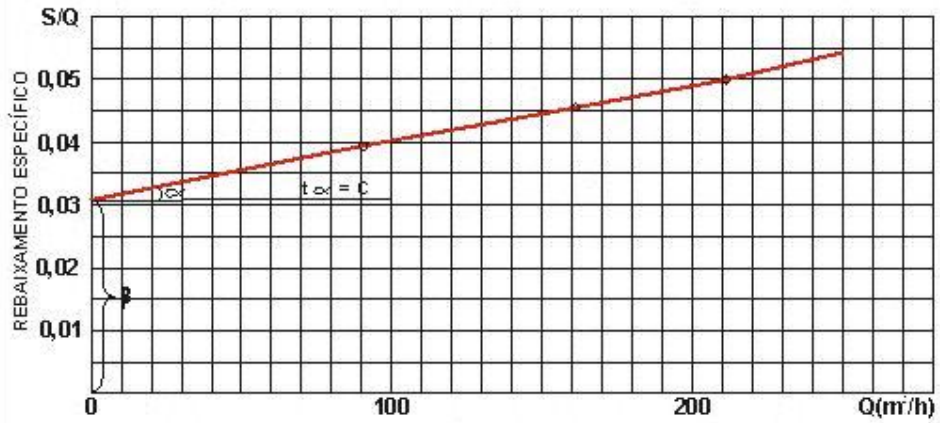
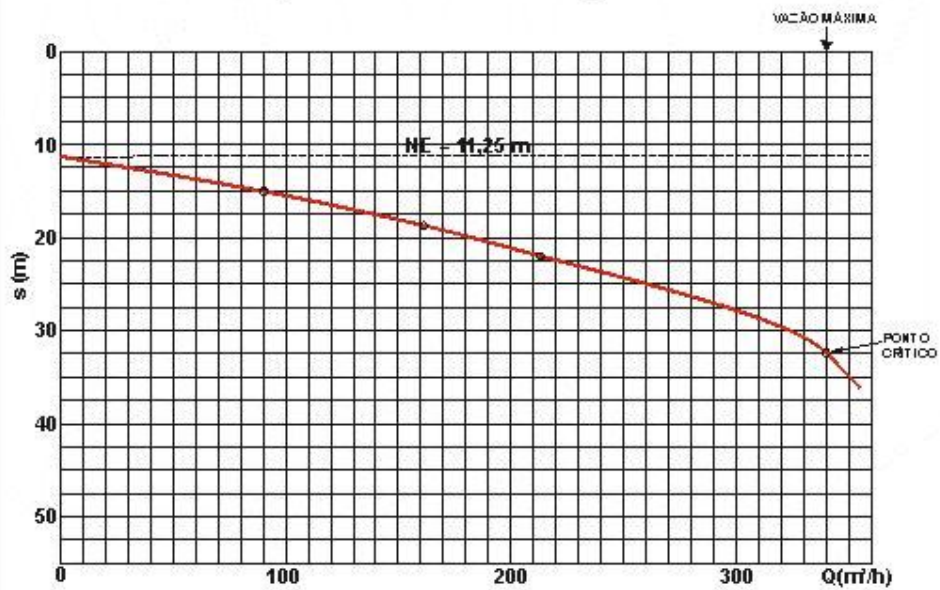


Fig. 2 - CURVA CARACTERÍSTICA DO POÇO COSANPA



A análise conjunta da equação e da curva característica do poço permite concluir:

O coeficiente C é aproximadamente zero, ou seja, as perdas de carga do poço são desprezíveis, indicando regular construção;

Os rebaixamentos no poço são praticamente proporcionais a vazão bombeada, ocasionados pelas perdas de carga no aquífero.

As Curvas Características mostram que os poços não devem ser explorados com vazões superiores a 300 m³/h.

5.4 – Eficiência do Poço

De posse da Equação Característica dos Poços pode se calcular a Eficiência dos poços utilizando a seguinte expressão: $E_f = BQ \times 100 / BQ + CQ^2$, que ficou em aproximadamente 70 %. Lembrando que essa eficiência está relacionada com a construção do poço e pelo próprio aquífero.

5.5 - Vazões Máximas dos Poços

É recomendável que a vazão máxima dos poços não ultrapasse os 300 m³/h, o que corresponde limitar a velocidade do fluxo de água em 3 m/seg., dentro da coluna de 8 polegadas de diâmetro. A limitação da velocidade ascensional se baseia na possibilidade de ocorrência de turbilhonamento na seção do topo da coluna de filtros.

A velocidade excessiva no interior do revestimento de 8 polegadas, além do risco de turbilhonamento provoca também a aceleração do processo de incrustação da tubulação e aumento da pressão diferencial no contato filtro / pré-filtro, que pode revolver os grãos do pré-filtro e das camadas de areia a ele adjacentes, desestabilizando e alterando as condições obtidas no processo de desenvolvimento, podendo ocasionar o carreamento para dentro dos poços dos grãos mais finos de areia dos aquíferos.

Quando do bombeamento do poço CDP 05, observou-se uma oscilação no rebaixamento, devido estarem em operação os poços 01 e 02. Ressalta-se, que a vazão máxima do referido poço não ultrapasse 250 m³/h e para um nível dinâmico posicionado a 60 metros, tendo em vista, quando todos os poços desta bateria estiverem em operação.

É de suma importância que a concessionária monitória estes poços profundo, a fim de conhecermos, com certa segurança, a evolução dos rebaixamentos desses poços e assim possa conhecer a

oscilação sazonal dos níveis de água regional no sistema aquífero Pirabas. Com essa prática ter-se-á a determinação dos rebaixamentos totais desses poços profundos.

Dentro dessa premissa, elaborar mapas piezométricos a partir desses dados cuja finalidade é conhecer a evolução do comportamento hidrodinâmico durante um ano hidrogeológico, e assim, obter as oscilações sazonais do nível regional. Além disso, pode-se quantificar os rebaixamentos produzidos em cada poço existente na bateria em função das interferências mútuas entre os poços profundos.

6.0 – PARAMETROS HIDRODINAMICOS

As características hidrodinâmicas do aquífero Pirabas confinado nos locais das captações foram determinadas através de ensaios de bombeamentos, possibilitando a determinação do coeficiente de armazenamento (S), do coeficiente de transmissividade (T) e da condutividade hidráulica (K).

As características hidráulicas foram calculadas através da interpretação dos ensaios de bombeamento do poço CDP 06 e observando os poços CDP 03 e 04, que estão equidistantes de 500, 296 e 296 metros, respectivamente.

Bombeou-se o poço CDP 06 a uma vazão constante, medidas com escoadouro de orifício circular (pitot), com observação dos potenciais hidráulicos no poço em bombeamento e nos poços de observações (03 e 04). Na interpretação do teste de aquífero utilizou-se o método de Theis modificado, de Jacob e Cooper, obtendo-se para parâmetros hidrodinâmicos: $T = 2,65 \times 10^{-4}$ m²/dia; $S = 1,13 \times 10^{-4}$ e $K = 50,72$, respectivamente.

Com base nos testes de produção escalonados nas baterias (6 poços), obteve-se valores de capacidade específica média de 19,13 m²/h.

Os resultados da análise estatística feita sobre alguns dados referentes aos poços tubulares mostraram que a profundidade média dos poços está em torno dos 260 m, enquanto que as profundidades dos níveis estáticos variam de 12,70 m a 14,85 m, com média de 14,71 m. Estes valores indicam o caráter pouco profundo do nível freático.

Os valores obtidos para o rebaixamento apresentaram uma variação média, da ordem de 13,26 m, com valor máximo de 23,97 m e mínimo de 6,16 m. Do mesmo modo observa-se para a vazão de teste uma variação significativa, com máxima de 216 m³/h, mínima de 120 m³/h e média de 190 m³/h. Estas variações de valores podem estar refletindo tanto a heterogeneidade do meio como as diferenças construtivas dos poços, ou ambas.

POÇO	Etapas	Q (m ³ /h)	S (m)	s/Q m/m ³ /h	N. E. (m)	N. D.(m)	Coefic. Perdas		Horas
							B	C	
CDP 03	1 ^a	162.85	5.27	0.051	12.83	18.10	-		6:00
	2 ^a	168.75	8.92	0.053	-	21.75	-		6:00
	3 ^a	211.76	11.43	0.054	-	23.08	0.048	0.00003	6:00
CDP 04	1 ^a				14,84				6:00
	2 ^a				-				6:00
	3 ^a	183,05	11,54	0,0630	-	26,44	0,04	0,00013	6:00
CDP 05	1 ^a	52.25	6.77	0.129	14.32	21.09	-	-	8:00
	2 ^a	96.92	13.53	0.139	-	27.85	-	-	8:00
	3 ^a	153.24	23.97	0.153	-	38.25	0.115	0.00026	8:00
CDP 06	1 ^a	90.75	2.01	0.022	14.35	16.36	-	-	6:00
	2 ^a	196.36	5.26	0.027	-	19.36	-	-	6:00
	3 ^a	216.00	6.16	0.028	-	20.56	0.018	0.00004	6:00

Tabela 02 - Teste de Vazão Escalonado

7.0 – CIMENTAÇÃO E PROTEÇÃO SANITÁRIA

Consistem no preenchimento dos espaços anelares, entre o furo, o tubo de boca e o revestimento, com cimento ou concreto, cuja finalidade é dar proteção sanitária aos poços. Em todos os poços foi feita a cimentação do espaço anular entre o furo e o revestimento até a profundidade de 180 metros. Na superfície, em volta do tubo de revestimento, foi construída uma plataforma em concreto ciclópico de 4,0 x 4,0 metros, com espessura de 0,30 metros.

7.1– Desinfecção

Para desinfecção do poço foi injetada uma solução de hipoclorito de cálcio, com uma concentração de cloro livre em torno de 100 mg/l, que permaneceu em repouso por um período de 12 horas, sendo feito posteriormente o bombeamento por mais 24 horas, para eliminação do cloro residual e microorganismos indesejáveis.

7.2 – Análise Física Química e Bacteriológica

As análises Físico-químicas da água produzida pelos poços apresentaram teores dos elementos analisados, dentro dos padrões de potabilidade estabelecido pelo Ministério da Saúde.

O pH variando entre 6,0 e 7,4 também tem relação direta com os valores elevados de condutividade elétrica, dureza, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade de bicarbonato e de eletrólitos fortes, como Ca, Mg, Na, K e HCO₃. Com base no Diagrama de Piper, as águas explotadas deste aquífero foram classificadas como bicarbonatada cálcica.

A dureza da água está diretamente relacionada à presença de bicarbonatos nas formações geológicas, permitindo classificar a água segundo o teor em mg/l de CaCO₃. Logan (1965), destaca três tipos: mole (0 a 100 mg/l CaCO₃), intermediária (100 mg/l a 200 mg/l CaCO₃) e dura acima de 200 mg/l CaCO₃. Por essa referência, as águas dos aquíferos da Região Metropolitana Belém são classificadas como mole (Barreiras), enquanto que as dos poços profundos variam de intermediária à dura(Pirabas).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) o valor máximo permitido (VMP) de ferro é de 0,3 ppm, para água potável. Teores acima deste valor trazem problemas, tais como: gosto metálico, manchas em roupas e manchas em instalações hidráulicas, dentre outras.

8.0 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conforme os testes de bombeamento escalonados, os níveis estáticos são relativamente rasos (14,35 m), os aquíferos da área além da profundidade estão protegidos por camadas argilosas que atuam como barreiras de proteção das águas subterrâneas. Além do mais os poços foi cimentados 180 metros e possui uma laje de proteção de 4,0 x 4,0 x 0,3 metros em volta do mesmo.

Recomenda-se que se execute uma primeira manutenção preventiva em um intervalo máximo de 12 meses, visando verificar principalmente as condições do equipamento de bombeamento. Salienta-se que essa manutenção seja finalizada com um novo teste de vazão, visando fornecer dados comparativos sobre a evolução da hidráulica dos poços e dos aquíferos.

Como toda estrutura de engenharia, o poço tubular também requer manutenções periódicas a intervalos médios de um ano, incluindo, escovações da parede, bombeamento com compressor de altas vazões de ar, aplicações de produtos químicos desincrustantes e avaliação de rendimento hidráulico.

O poço é uma obra civil realizada abaixo do nível solo, fora do alcance visual, sujeito a problemas de origem mecânica, química, biológica ou geológica.

A manutenção preventiva é a maneira mais econômica e eficiente de reduzir os efeitos prejudiciais destas ocorrências

A manutenção dos poços deverá ser realizada anualmente por profissionais e / ou empresas habilitadas. Em condições normais recomenda-se reservar 4 horas diárias contínuas para recarga do aquífero, na área de influência do mesmo.

Recomenda-se instalar 54 metros de tubo de observação (1/2) de polegada, para monitorar o nível estático e dinâmico dos poços.

9.0 - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- [5]ACKERMANN, F. L. Esboço para Geologia entre a cidade de Belém – Rio Gurupi e Atlântico – Rio Guamá. – Belém: UFPa, 1969. 90p.
- [4]ARAI, M., UESUGUI, N. ROSETTI, D. F.; GÓES, A. M. Considerações sobre a idade do Grupo Barreiras no Nordeste do Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, Belém, 1988. Anais... Belém: SBG, 1988. P. 738–752.
- [5]BEZERRA, P.E.L.; PEREIRA, E. R. Plano Diretor de Mineração em áreas urbanas. Região Metropolitana de Belém e adjacências; relatório final. - Belém: IBGE/SEICOM, 1993. 141 p. il.
- [2]COSANPA. Relatório de construção de poços tubulares profundos, Bairro Providencia – Belém - Pa: FEMAC, 1995.
- [3]COSANPA. Relatório de construção de poços tubulares profundos, Bairro Providencia. – Belém - Pa: FEMAC, 1998.
- [4]GÓES, A. M. Modelo deposicional preliminar para Formação Pirabas., nordeste do Pará. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Belém, v 2 p 3 - 15, 1990.
- [1]OLIVEIRA, J. R. de. Projeto Estudos Hidrogeológicos da Região Metropolitana de Belém e Adjacências – Pará. Belém: CPRM. PEHRMBA, 2002. Inédito.
- [7]OLIVEIRA, J. R., de experiências da CPRM da gestão dos recursos hídricos subterrâneos no Estado do Pará. Simpósio da Amazônia-SBG (2006).
- [4]ROSSETTI, D. F., TRUCKENBRODT, W.; GÓES, A. M. Estudo Paleoambiental e estratigráfico dos Sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras na Região Bragantina, nordeste do Pará. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, v. 1, n. 1, 1989 74p.