

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DOS AQUÍFEROS POTI/PIAUI, LONGÁ E CABEÇAS NO MUNICÍPIO DE JOSÉ DE FREITAS – PI

Simeones Neri Pereira¹ & Antonio Fernandes Duarte dos Santos²

Resumo - A CPRM - Serviço Geológico do Brasil, dando continuidade aos estudos técnico-científicos, objetivando o aprimoramento dos conhecimentos da estratigrafia e dos parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos da Bacia Sedimentar do Parnaíba, realizou este trabalho que mostra dados qualitativos e quantitativos dos aquíferos Poti/Piauí, Longá e Cabeças, usando compressor e bomba submersa na extração d'água. Inicialmente, explorando-se os 3 sistemas aquíferos simultaneamente, posteriormente isolando-se o aquífero Cabeças e testando-o, depois os sistemas Poti/Piauí e Longá e finalmente o Poti/Piauí. Durante os trabalhos foram realizadas coletas de água a profundidades diferentes. Como resultados significantes, o estudo mostra a boa potencialidade do sistema aquífero Poti/Piauí, para sua parte superior, entre 3 e 40 metros, e que o aquífero Cabeças apresenta uma ótima potencialidade na profundidade superior a 700 metros, porém a qualidade da água torna o seu uso não recomendável.

Abstract - CPRM - Geological Survey of Brazil, giving continuity to the scientific studies performed in Northeast Brazil, aiming at the increasing of the knowledge of the stratigraphy and the hydrodynamic parameters of the Parnaiba sedimentary basin aquifers, developed this work that shows qualitative and quantitative data from the Poti/Piauí, Longá and Cabeças aquifers, using air compressor and submersible pump in water extraction. Initially, the 3 aquifer systems have been simultaneously explored. Later, the Cabeças aquifer was isolated and tested, then the Poti/Piauí and Longá systems. Water samples at different depths were collected during the field works. As significant results, the study showed the good potentiality of the Poti/Piauí aquifer system, for the upper part (between 3 meters and 40 meters), and that the Cabeças aquifer presents great potentiality in the depth above 700 meters. However, the water quality is poor, turning it's use non advisable.

Palavras-chave – Completação de poços; desenvolvimento de poços

¹ - Engenheiro de Minas e de Perfuração. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Avenida Sul, 2291, Afogados, Recife-PE. CEP 50.770-011. Fone (81) 3428.0623, e-mail: gehitepe@fisepe.pe.gov.br

² - Engenheiro de Minas e de Perfuração. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Rua Goiás, 312 Sul, Ilhota, Teresina-PI. CEP 64.001-570, Fone (86) 222-6963, e-mail: cprm@reste.gov.br

INTRODUÇÃO

Um dos problemas mais sérios quando se trata da perfuração de poços para extração e uso de água subterrânea na maioria dos aquíferos brasileiros é a falta de informações hidrogeológicas confiáveis. Daí a necessidade de estudo técnico-científico detalhado neste campo.

Objetivando aumentar os conhecimentos hidrogeológicos nesta região, em especial no município de José de Freitas-PI e estabelecendo os primeiros parâmetros hidráulicos e litoestratigráficos confiáveis para os aquíferos Poti/Piauí, Longá e Cabeças, foi programada a perfuração do poço estratigráfico 4JF-08-PI. Os trabalhos até agora desenvolvidos na Bacia Sedimentar do Parnaíba, ao mesmo tempo em que indicavam a favorabilidade de águas subterrâneas também evidenciavam a insuficiência de dados capazes de permitir a caracterização destes aquíferos. Tais características nortearão a programação exploratória do poço e a pesquisa dos demais recursos hídricos subterrâneos destas formações.

Com este trabalho obtiveram-se informações que proporcionarão subsídios para a exploração de água subterrânea, tanto direcionada para a irrigação, como para o consumo humano e dessedentação de animais desta Microrregião.

PERFURAÇÃO

O Poço foi perfurado em duas fases, a primeira até 490 metros e a segunda de 490 a 738 metros, sendo o primeiro intervalo perfurado com broca de 12 ¼” até 480 metros e os 10 metros restantes com broca de 10 5/8”. O segundo trecho foi furado com broca de 8 ½” até a profundidade final, atravessando os três aquíferos distintos: sistema aquífero Poti/Piauí, de 0 a 372 metros; aquífero Longá de 372 a 480 metros e aquífero Cabeças, de 480 até aos 738 metros.

A perfuração ao atingir a profundidade de 738 metros ocorreu a perda total de circulação do fluido. Neste nível a broca desceu livre 0,50 metro, indicando assim, a presença de uma fratura. Não se sabe se a mesma ocorreu entre o plano de descontinuidade do arenito/folhelho ou entre o arenito/anidrita. Entretanto, acha-se que esta não foi induzida, tendo em vista que a perfuração estava sendo realizada com uma coluna de fluido de perfuração que apresentava uma pressão hidrostática consideravelmente baixa, ou seja, fluido com densidade de 9,2 lb/gal (1,1 g/cm³). Admitindo a primeira hipótese (fratura natural), como era de se esperar, a invasão de fluido para a formação tornou-se mais severa e difícil de se debelar.

Com o objetivo de evitar a perda de fluido, para prosseguir a perfuração, foi injetado acima da zona de perda um tampão balanceado de água/cimento, aguardando-se 24 horas de pega. Ao descer a broca não foi encontrado cimento dentro do poço, continuando a perda na mesma intensidade. A falta de indícios do tampão no poço, provavelmente ocorreu em virtude do aquífero (Cabeças) estar acima da zona de perda. Isto faz crer que a pressão do aquífero é superior a pressão da formação em

frente a zona fraturada, proporcionando assim, um fluxo descendente no interior do poço, facilitando com isso, a migração de fluido ou tampão de cimento para a formação.

Com o insucesso do tampão de cimento optou-se pela injeção de tampão de bentonita com serragem e saturado com cloreto de sódio, já que este tipo de saturação proporciona filtrado elevado, possibilitando a migração do tampão para a fratura. Esta operação também não logrou êxito.

Observou-se a existência de um poço a 8 km de distância, perfurado pela PETROBRÁS, que mostrava intrusão de diabásio a poucos metros de profundidade. Como já se havia atravessado 258 metros de perfuração, no arenito Cabeças, optou-se por fazer um desenvolvimento com compressor, para avaliação da qualidade e quantidade da água. Para isto, fez-se a substituição do fluido de perfuração por água. Conseqüentemente a água jorrou imediatamente com vazão de aproximadamente 200 m³/h. Foram realizadas medidas de temperatura e condutividade elétrica na água jorrante, retirada da boca do poço, a qual apresentou temperatura média de 42°C e condutividade elétrica de 12,98 mS/cm, atestando um alto grau de salinização.

Em virtude da elevada concentração de sais da água e também com o intuito de evitar a salinização dos aquíferos superiores (Longá e Poti/Piauí) se fez necessário subjugar a surgência da água. Para amortecer o jorro foi descido na extremidade inferior da coluna das hastes de perfuração uma peça de borracha, em forma de cone com diâmetro de 8 5/8", até a profundidade de 490 metros. Neste ponto estava a redução do diâmetro do poço de 10 5/8" para 8 1/2". Com uma força/peso de 3.000 libras (1.360 kg) o tampão foi assentado. Mesmo assim a água continuou jorrando a 5 m³/h, sendo então injetado continuamente fluido com densidade de 10,2 lb/gal (1,2 g/cm³) a 489,60 com a seguinte composição:

- Água salgada obtida do poço - quantidade suficiente para o preparo (QSP)
- Cloreto de sódio – 39,45 lb/bbl (112,53 kg/m³)
- Bentonita – 34,38 lb/bbl (98,06 kg/m³)

Após o poço ser completado com o fluido supracitado, a água parou de jorrar e o cone de borracha foi retirado normalmente.

Para vedar a fratura e evitar a salinização dos aquíferos superiores (Longá, Poti/Piauí) fez-se um tampão balanceado de cimento no intervalo de 738 a 707 metros.

Feito este procedimento e usando o compressor, o poço foi desenvolvido durante 72 horas, avaliando-se então a quantidade e qualidade da água retirada primeiramente dos três sistemas aquíferos Poti/Piauí, Longá e Cabeças simultaneamente; posteriormente isolando-se o aquífero Cabeças e desenvolvendo-o por 23 horas e, finalmente os dois sistemas aquíferos Poti/Piauí e Longá simultaneamente, por 12 horas. Os dados obtidos encontram-se na tabela 1.

Tabela 1 – Dados obtidos durante o desenvolvimento

Intervalo (m)	Desenvolvimento (h)	Aqüíferos	C.E (mS/Cm)	STD (g/L)	Vazão (m ³ /h)	Vazão Esp. (m ³ /h/m/)	NE (m)	ND (m)
8-707	48	Poti-Piauí/Longá/Cabeças	4,79	2,4	99	3,41	3,80	32,80
8-707	24+48=72	Poti Piauí/Longá/Cabeças	1,22	0,56	99	3,41	3,80	32,80
490-707	12	Cabeças	5,4	2,72	7,2	0,124	+2	56,00
490-707	11+12=23	Cabeças	5,54	2,77	7,5	0,113	+2	64,00
8-490	12	Poti/Piauí-Longá	1,134	0,566	99	3,28	4,8	34,90

Os dados de condutividade elétrica, conforme tabela acima, para os três aquíferos, desenvolvidos juntos, mostram valores de 4,72 e 1,22 mS/cm. Isto sugere supor que a última água produzida com salinidade menor vem do aquífero Poti/Piauí.

Os valores de condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos obtidos para o aquífero Cabeças, respectivamente de 5,54 mS/cm e 2,77 g/L nos levaram a fazer uma amostragem seletiva de água para as três formações, tentando-se localizar a zona de maior salinização, para o seu isolamento. A coleta foi feita com um equipamento que é descido no poço com o auxílio do cabo de uma unidade de perfilagem. Na profundidade de captação da água o equipamento é aberto com o acionamento de um botão existente no sistema elétrico da unidade de perfilagem e em seguida realiza o seu fechamento com o mesmo procedimento.

Os dados com amostragem seletiva encontram-se na tabela 2

Tabela 2 – Dados de condutividade e STD, por profundidade

Profundidade (m)	Condutividade	STD (g/L)	Aqüíferos
300	3,80	1,90	Poti/Piauí
390	5,06	2,52	Longá
460	5,11	2,53	Longá
480	5,14	2,56	Base Longá/ Topo Cabeças
530	5,42	2,63	Cabeças
580	5,63	2,82	Cabeças
630	5,75	2,85	Cabeças

Os dados obtidos e apresentados na tabela acima evidenciam valores de condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos para os aquíferos Longá e Poti/Piauí que não condiz com os valores historicamente conhecidos. Isto sugere que após o desenvolvimento do poço, por ocasião da recuperação do nível potenciométrico, houve penetração da água salinizada do Cabeças (aquífero com maior pressão) para os aquíferos existentes acima, o que corrobora a necessidade do seu isolamento, no sentido de evitar a contaminação dos aquíferos superiores.

Apesar de se ter baixado sua condutividade de 12,98 para 5,40 mS/cm após o primeiro tampão de cimento, se fez necessário um segundo tampão de cimento no intervalo de 707 a 661 metros. Após desenvolvimento por 24 horas e recuperação, no intervalo de 661 a 490 metros do aquífero Cabeças fez-se nova coleta de água que apresentou condutividade de 5,06 mS/cm e sólidos totais dissolvidos de 2,57 g/L.

Com o objetivo de continuar examinando os horizontes de salinidade do aquífero Cabeças fez-se colocação de pacotes de cascalho. O primeiro tampão de areia selecionada foi feito de 661 m a 594 metros. Após desenvolvimento do poço (aquífero Cabeças isolado) por 3 horas foi coletada amostra de água a qual foi medida condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos com valores de 5,02 mS/cm e 2,47 g/L.

Um segundo tampão de cascalho foi posto no intervalo de 594 m a 534 metros. Os aquíferos Poti/Piauí e Longá foram isolados e o poço foi desenvolvido no aquífero Cabeças por 3 horas. Após coleta de água mediu-se a condutividade elétrica 5,04 mS/cm e para os sólidos totais dissolvidos 2,52 g/L.

Com base nos resultados de qualidade da água obtidos acima, para cada intervalo, conclui-se que o 2º tampão de cimento, o 1º e o 2º tampões de cascalho contribuíram para baixar a condutividade da água existente no aquífero Cabeças de 5,4 mS/cm para 5,04 mS/cm. Esta diferença é pouco significativa para o trecho tamponado de 173 metros. Isto faz crer que a salinidade deste aquífero é praticamente a mesma acima de 707 metros. A existência de uma zona muito salinizada (12,98 mS/cm) sugere alimentação pela fratura aos 738 metros.

COMPLETAÇÃO

Após a conclusão dos testes para verificação da qualidade da água, decidiu-se por revestir o poço de 436,18 m a 0 metro, com tubos de aço biselado, diâmetro 8 5/8" OD e 8" ID, esperando-se que a produção dos arenitos superiores da Formação Cabeças provocasse uma diluição na água produzida, reduzindo os teores de salinidade para número aceitáveis..

O revestimento foi cimentado no intervalo de 436,18 a 372 metros. Com pasta de cimento apresentando densidade de 13 lb/gal (1,56 g/cm³) e volume de 2.453 litros, aguardou-se a pega do cimento por 36 horas.

Após a solidificação do cimento o "plug" foi cortado e efetuado a substituição do fluido de perfuração por água. Nesta ocasião o poço estava com fundo de cascalho a 534 metros, sendo 54 metros no Cabeças e 44 metros no Longá.

Nestas condições, o poço apresentou uma vazão surgente de 1.000 litros/hora

Em seguida, foi realizado o desenvolvimento do poço com compressor pelo método "air-lift", por um período de 17 horas e com injeção de ar a 91 metros.

A vazão obtida foi de 13,2 m³/h, o nível dinâmico de 74,5 metros. Foram realizadas três medidas de condutividade e sólidos totais dissolvidos, conforme dados da tabela abaixo:

Tabela 3 – Medidas de condutividade e STD

Tempo (h)	CE (mS/cm)	STD (g/L)
1	4,71	2,34
3	4,72	2,36
5	4,76	2,39

Com base nos resultados obtidos verifica-se que não houve melhora na quantidade e qualidade da água. Isto mostra que o aquífero Longá (de 436 m a 480 m) e o aquífero Cabeças (de 480 m a 534 m) são de baixas potencialidades com agravante de o aquífero Cabeças apresentar baixa potabilidade.

Mediante a baixa performance desses aquíferos, nestes intervalos, fez-se a retirada de todo cascalho existente no poço de 661 m a 534 m e, tornou-se a desenvolver o poço, com compressor, com injeção de ar a 84 metros, desta vez obtendo-se uma produção de 19,2 m³/h. Foram realizadas novas medidas de condutividade e cálculo de sólidos totais dissolvidos com os resultados de 4,7 mS/cm e 2,35 g/L, respectivamente.

Os resultados obtidos nos diversos testes efetuados em todos os aquíferos, apontaram que no caso do poço estratigráfico, a unidade de maior potencial para exploração é o sistema Poti/Piauí, porém com o aproveitamento da sua parte superior localizada entre 3 e 40 metros de profundidade.

Em vista disto, decidiu-se efetuar o corte e a retirada da coluna de revestimento de 8 5/8” aos 370 metros de profundidade e se efetuar nova completação, desta vez utilizando-se seções de filtros espiralados de aço inoxidável nos intervalos de 10 a 22 metros e de 60 a 72 metros, sendo a coluna complementada com tubos de aço de 8 5/8” até a profundidade de 120 metros, para funcionar como câmara de bombeamento.

Após a descida da nova coluna de revestimento, foi realizada uma cimentação no espaço anular, intervalo de 120 a 90 metros e complementado com pré-filtro selecionado até os 5 metros, sendo finalmente feita uma cimentação até a superfície para proteção sanitária.

Após a pega do cimento, foram iniciadas as operações de desenvolvimento que obedeceram a seguinte seqüência :

- Substituição de toda a lama do poço por água limpa, através de circulação direta, com a ferramenta no fundo do poço e, descartando-se a lama na superfície.
- Jateamento sob pressão de 28,17 kg/cm², através de haste de perfuração, furada especialmente para este fim, no intervalo de 120 a 10 metros.
- Bombeamento por "air-lift", com a utilização de um compressor de ar Ingersol-Rand – 725 L, pressão de 10,56 kg/cm², vazão de ar 20,52 m³/min, sendo a coluna de injeção

constituída de tubos de perfuração de 3 ½", instalada a 90 metros e coluna de descarga, através do revestimento de 8 5/8".

TESTE DE BOMBEAMENTO

Encerrado o desenvolvimento, com a mesma coluna utilizada nesta etapa e com operação do mesmo compressor de ar com pressão de trabalho de 10,56 kg/cm² e vazão de ar de 20,52 m³/min, foi iniciado o teste de vazão, com as colunas tendo o seguinte posicionamento:

- Injetor de ar de 3 ½" instalado a 77 metros
- Tubo de medida de ¾" instalado a 87 metros
- Tubo de descarga constituído da coluna de revestimento de 8 5/8"

Os dados finais obtidos com o teste de bombeamento que teve a duração de 12 horas, com o nível dinâmico estabilizando com 7 horas, foram os seguintes :

- Nível estático = surgente
- Nível dinâmico = 44 metros
- Vazão = 39,60 m³/h.
- Vazão específica = 0,90 m³/h/m.

Finalizados os testes com compressor, foi efetuado o teste final, desta vez utilizando-se uma bomba submersa de 50 HP, posicionada a 100 metros, obtendo-se os seguintes resultados:

- Nível estático = surgente
- Nível dinâmico = 44 metros
- Vazão = 39,60 m³/h.
- Vazão específica = 0,90 m³/h/m.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base na análise dos resultados obtidos do cadastramento dos poços, dos testes realizados na qualidade e quantidade d'água dos 3 sistemas aquíferos, dos parâmetros do poço estratigráfico e dos dados da perfuração, entre outros, expõe-se as seguintes conclusões e recomendações:

Sistema aquífero Poti/Piauí.

O aquífero Poti/Piauí apresenta localmente a espessura de 372 metros. Litologicamente é constituído por uma seqüência superimposta de estratos formados de arenitos finos alternados por níveis de siltitos argilosos e folhelhos. No entanto, por serem de caráter livres encontram-se expostos às variações sazonais. As diferenças topográficas em subsuperfície existentes condicionam a variabilidade dos níveis estáticos dos poços existentes no município de José de Freitas. Foi

constatada que a sua porção superior essencialmente arenosa oferece boa disponibilidade hídrica. Sua captação é feita através de poços tubulares parcialmente revestidos, com profundidade que variam entre 80 m a 200 metros, e por poços manuais tipo cacimbões com até 20 metros de profundidade. Foram cadastrados 751 poços tubulares explotando água subterrânea do aquífero Poti, nos domínios de todo os 1 701 quilômetros quadrados deste município.

Durante esta pesquisa litoestratigráfica, quando o poço atingiu a base dessa unidade hidrogeológica, foi realizado um teste de vazão através de tubo de Pitot, e utilizando-se de software para análise de aquíferos, através do método de Cooper & Jacob, foram determinados os parâmetros hidrodinâmicos dessa unidade hidrogeológica nesta localidade.

- Transmissividade: $5,78 \times 10^{-3}$ m²/s
- Condutividade Hidráulica: $1,51 \times 10^{-5}$ m/s
- Armazenamento: $1,10 \times 10^{-2}$

Um resultado inédito em termos regionais foi o sistema Poti/Piauí, funcionando hidráulicamente como um só sistema aquífero, apresentou alta potencialidade e boa potabilidade como mostrado nos dados do item teste de bombeamento.

O resultado fundamental desta pesquisa é que um grande percentual de contribuição para esta potencialidade se verifica no trecho de 0 m a 18 metros, fato que era inteiramente desconhecido na região. Este intervalo é composto de arenitos brancos de granulação fina e laminas de sílex esfumaçado com níveis de caulim e arenitos claros de granulação muito fina (de 3 m a 9 m).

Com o fim de confirmar os dados obtidos, foi construído um outro poço a 15 metros de distância com 40 metros de profundidade para testes de observação, já que do poço piezométrico localizado a aproximadamente 40 metros conseguiu-se extrair apenas 50 m³/h a um nível dinâmico de 135 metros.

Por fim, face aos resultados obtidos, a recomendação é que a exploração seja feita no sistema Poti/Piauí, de modo ordenado e realizando o aproveitamento da sua parte superior, com permanente monitorização, especialmente por ser definido com aquífero livre.

Aquífero Longá.

Esta unidade hidrogeológica que ocorre no intervalo entre 372 e 480 metros de profundidade, possui natureza pelítica, e nessa localidade, funciona como substrato impermeável da unidade aquífera superior Poti/Piauí e como camada confinante do aquífero Cabeças. É constituída por bancos de folhelhos com intercalações subordinadas de siltitos argilosos, conseqüentemente, a sua capacidade de produção é de baixa potencialidade, pois a produção conjunta de 44 metros desta formação com 54 metros da Formação Cabeças, proporcionou apenas 13,2 m³/h.

Aquífero Cabeças.

O aquífero Cabeças tem o seu topo aos 480 metros de profundidade e foi atravessado até os 738 metros. É um aquífero granular de porosidade e permeabilidade boas. A sua alimentação é realizada através da infiltração direta das precipitações que caem em toda sua faixa aflorante que se estende ao longo de toda borda leste da bacia sedimentar do Parnaíba.

Nessa região as águas armazenadas no aquífero Cabeças apresentam elevados índices de salinização, inviabilizando o seu aproveitamento para consumo humano, e irrigação. Por esta razão, o intervalo de 661 aos 738 metros de profundidade foi totalmente isolado por um tampão de cimento.

O projeto inicial previa uma profundidade para o poço estratigráfico de 1.100 metros, porém a perda total de fluido de perfuração aos 738 metros descrita no item 2 impedindo a continuação da perfuração, aliada à salinização do aquífero detectada na amostra d'água produzida, provavelmente contaminada pela camada de anidrita encontrada neste horizonte, somada ao fato que os perfis realizados no poço da PETROBRÁS indicavam a ocorrência de um pacote espesso de diabásio que alcançava quase todo o restante do estrato atribuído à Formação Cabeças, fizeram com que fosse tomada a decisão de encerrar a perfuração nesta profundidade (738 metros) e, que fossem realizadas as operações de tamponamentos descritas neste relatório, visando preservar a qualidade da água dos aquíferos superiores.

As análises obtidas nos testes realizados no poço 4JF-08-PI revelaram que o aquífero Cabeças possui uma ótima potencialidade nas profundidades superiores a 700 metros, porém a qualidade da água torna seu uso não recomendável localmente.

Finalmente, recomenda-se a continuidade de estudos nesta área direcionados para a detecção da origem de tal salinização, bem como para verificação de sua extensão em subsuperfície.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PETROBRÁS, 1962. Relatório do poço MA-01-PI. Inédito.

PETROBRÁS, 1964. Relatório do poço MA-02-PI. Inédito.