

PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS DO SISTEMA AQUÍFERO TACARATU/INAJÁ NA LOCALIDADE DE PASSAGEM DE PEDRAS

Felipe Oliveira Tenório da Silva¹
José Geilson Alves Demetrio²

10.51359/1980-8208/estudosgeologicos.v29n1p151-179

1 Programa de Pós Graduação em Geociências- UFPE, felipetenorio2001@gmail.com

2 Departamento de Geologia- UFPE, geilsonad@yahoo.com.br

RESUMO

Em 1998 foi firmado um convênio entre a CPRM e a FNS que objetivava a construção de dois poços, na localidade de Passagem de Pedras, para o abastecimento de água da cidade de Manari e Itaíba. O resultado do trabalho revelou uma baixa vazão para ambos os poços. As baixas vazões desses dois poços despertaram interesse para a realização de uma análise mais detalhada, afinal tratam-se de poços de grandes profundidades (408 e 534 metros), com quantidades inexpressivas de sedimentos finos, ao longo da sequência atravessada, ou seja, uma predominância da fração arenosa, além de espessuras saturadas acima de 400,0 m. O esperado para tais condições seriam poços de alta vazão e aquífero com elevada transmissividade, como já observadas no sistema aquífero Tacaratu/Inajá em outras localidades. O objetivo principal deste trabalho é a investigação dos motivos que levaram os referidos poços terem baixa produtividade. O desenvolvimento do trabalho contou com uma revisão bibliográfica e posterior etapa de campo, na qual foi verificada a geologia de superfície e foi atualizado do inventário da CPRM, através do cadastro de poços novos. Os resultados das análises apontam para problemas construtivos dos poços, como provável causa das baixas eficiências dos mesmos. Tais problemas influenciaram os rebaixamentos medidos e mascararam os parâmetros hidrodinâmicos reais do aquífero.

Palavras chave: Caracterização Hidrogeológica, Eficiência de Poços Tubulares, Sistema aquífero Tacaratu /Inajá, Teste de Produção

ABSTRACT

In 1998 an agreement was signed between CPRM and FNS, which aimed to build two wells in the city of Passagem de Pedras for the water supply of Manari and Itaíba. The result of the work revealed a low flow rate for both wells. The low flows of these two wells have aroused interest in conducting a more detailed analyze, since they are wells of great depths (408 and 534 meters), with inexpressive amounts of fine sediments, along the crossed sequence, that is, a predominance of the sandy fraction, in addition to saturated thicknesses above 400.0 m. The expected for such conditions would be high flow wells and aquifer with high transmissivity, as already observed in the Tacaratu / Inajá aquifer system in other localities. The main objective of this work is to investigate the motives that led the wells to have low productivity. The development of the activities counted on a bibliographical revision and later field activity. In the field activity the geology was verified and it was updated the inventory of the CPRM, through the register of new wells. The results of the analyzes point to constructive problems of the wells, as probable cause of the low efficiency of the wells. These problems influenced the drawdowns and masked the actual hydrodynamic parameters of the aquifer.

Keywords: Hydrogeological Characterization, Efficiency of Tubular Wells, Tacaratu /Inajá aquifer System, Production Test

INTRODUÇÃO

A exploração de águas subterrâneas assume grande importância para a região nordeste pois representa a obtenção de recursos hídricos necessários não só para as atividades econômicas, mas também para o abastecimento humano. Dentro desse contexto o nordeste brasileiro apresenta bacias sedimentares de grandes dimensões e de grande importância hidrogeológica devido à existência de bons sistemas aquíferos, dentro desta perspectiva se pode destacar a Bacia Sedimentar do Jatobá. Melo (1980) ressaltou a potencialidade para o aproveitamento de águas subterrâneas dessa bacia sedimentar e trabalhos mais recentes como Leite *et al.*, (2001), Costa Filho *et al.*, (2008) vem lançando mais luz sobre essa questão.

O convênio firmado em 1998 entre a CPRM e a FNS (Fundação Nacional de Saúde) (002/CPRM/98) possibilitou o levantamento de várias informações relevantes sobre o sistema aquífero Tacaratu /Inajá e apontaram para as baixas vazões dos poços em Passagem de Pedras, mesmo em detrimento da

grande quantidade de sedimentos arenosos. Deve-se acrescentar também as altas vazões já observadas no sistema aquífero Tacaratu/ Inajá em outras localidades, chegando a ordem de 250 m³/h (Diniz *et al.*, 2012). Conforme o exposto, existem várias questões que podem ser esclarecidas através de uma análise hidrogeológica mais robusta.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área objeto de estudo do presente trabalho situa-se no entorno da localidade de Passagem de Pedras, predominantemente entre os municípios de Ibimirim e Inajá, se estendendo em uma pequena porção do noroeste do Município de Manari, Estado de Pernambuco. Em termos geológicos está inserida na porção sudoeste da Bacia Sedimentar do Jatobá.

A área de trabalho se estende por 150 km² correspondendo a uma forma retangular de 15 km por 10 km, limitada pelas coordenadas 8°46'30'' ; 8°51'11,7'' S e 37°34'42,5''; 37°43'20'' W (DATUM SIRGAS 2000), conforme é ilustrada na figura 1.

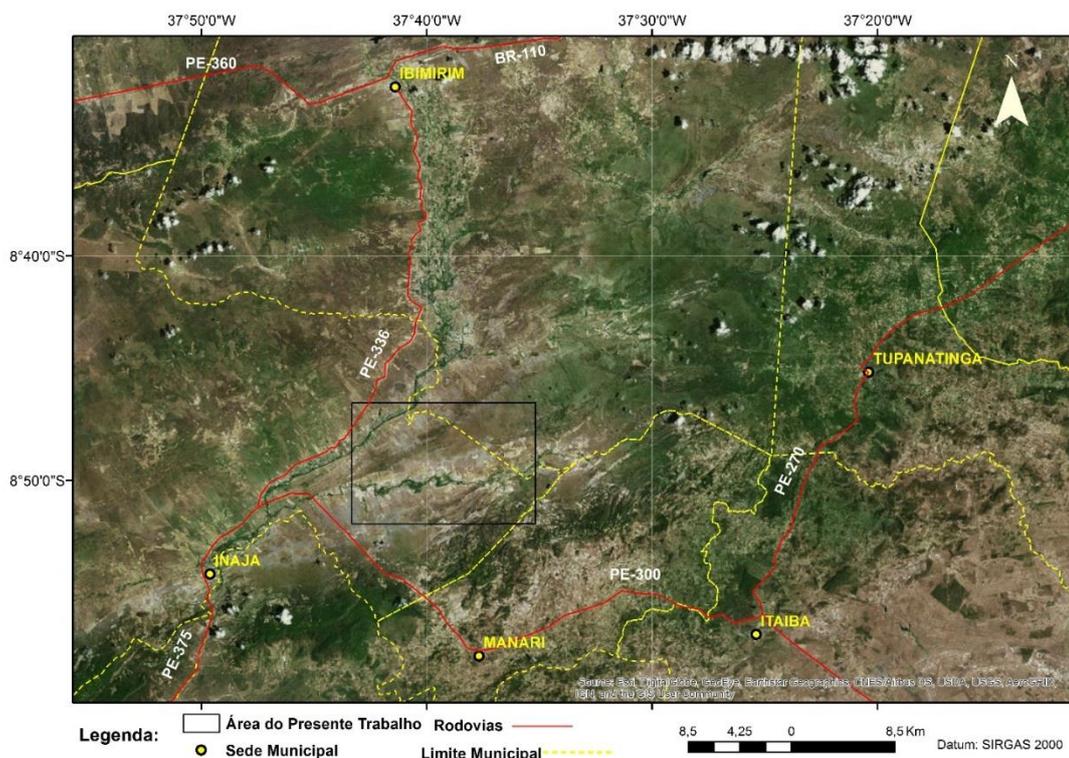


Figura 2 - Mapa de localização da área de estudo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para que houvesse êxito nas análises aqui propostas foi necessário o cumprimento de atividades previamente estabelecidas, sendo elas: (1) Levantamento bibliográfico: essa etapa inicial se constituiu da reunião de relatórios, estudos, projetos e pesquisas realizadas na área de estudo. Tais publicações abordaram a hidrogeologia da Bacia Sedimentar do Jatobá como também apenas seus aspectos sedimentológicos e estratigráficos. (2) Análise de fotografias aéreas e imagens de satélites: foram analisadas fotografias áreas da CPRM e imagens de satélites da EMBRAPA (SRTM) com o principal intuito de encontrar estruturas geológicas. (3) Levantamento de banco de dados: foram levantadas informações através de cadastros de poços do SIAGAS (CPRM), em agosto de 2016, relatórios e publicações disponíveis. (4) Atividades de campo: reconhecimento geológico da área e, também, a coleta de dados para

caracterização hidrogeológica. Foram cadastrados os poços encontrados que não constavam dos cadastrados pesquisados bem como fontes de água naturais. (5) Análise e interpretação dos dados de campo: foi analisada a consistência dos dados levantados em campo e partir dos mesmos foram confeccionados uma série mapas temáticos.

CONTEXTO GEOLÓGICO

A Bacia Sedimentar do Jatobá se estende por uma área de 5.941,00 km² possuindo um formato retangular orientado segundo ENE-WSW, tendo um comprimento aproximado de 155 km e 55 km de largura (Costa Filho *et al.*, 2008). O panorama geológico da Bacia do Jatobá não pode ser dissociado da evolução geológica do nordeste brasileiro. Tal região corresponde à Província Borborema que em suas rochas registra a articulação do Gondwana e posteriormente a formação do oceano Atlântico através da ruptura do continente sul americano com o africano, evidenciada

pela formação das bacias sedimentares (Brito Neves *et al.* 1995).

Litoestratigrafia da Bacia Sedimentar do Jatobá

A nomenclatura estratigráfica usada aqui converge com a proposta e revisada pelos seguintes autores: Braun (1966), Viana *et al.* (1971), Costa *et al.* (2007), Neumann e Rocha (2014) e

Fambrini *et al.* (2010, 2011). O modelo litoestratigráfico da Bacia do Jatobá é dividido em: Sequência Sinéclise (Grupo Jatobá), Sequência de Início de Rifte (Grupo Brotas), Sequência de Climax de Rifte (Formação Candeias, Grupo Ilhas e Formação São Sebastião) e Sequência Pós-Rifte (Formação Marizal, Grupo Santana e Formação Exu) (Fig. 2).

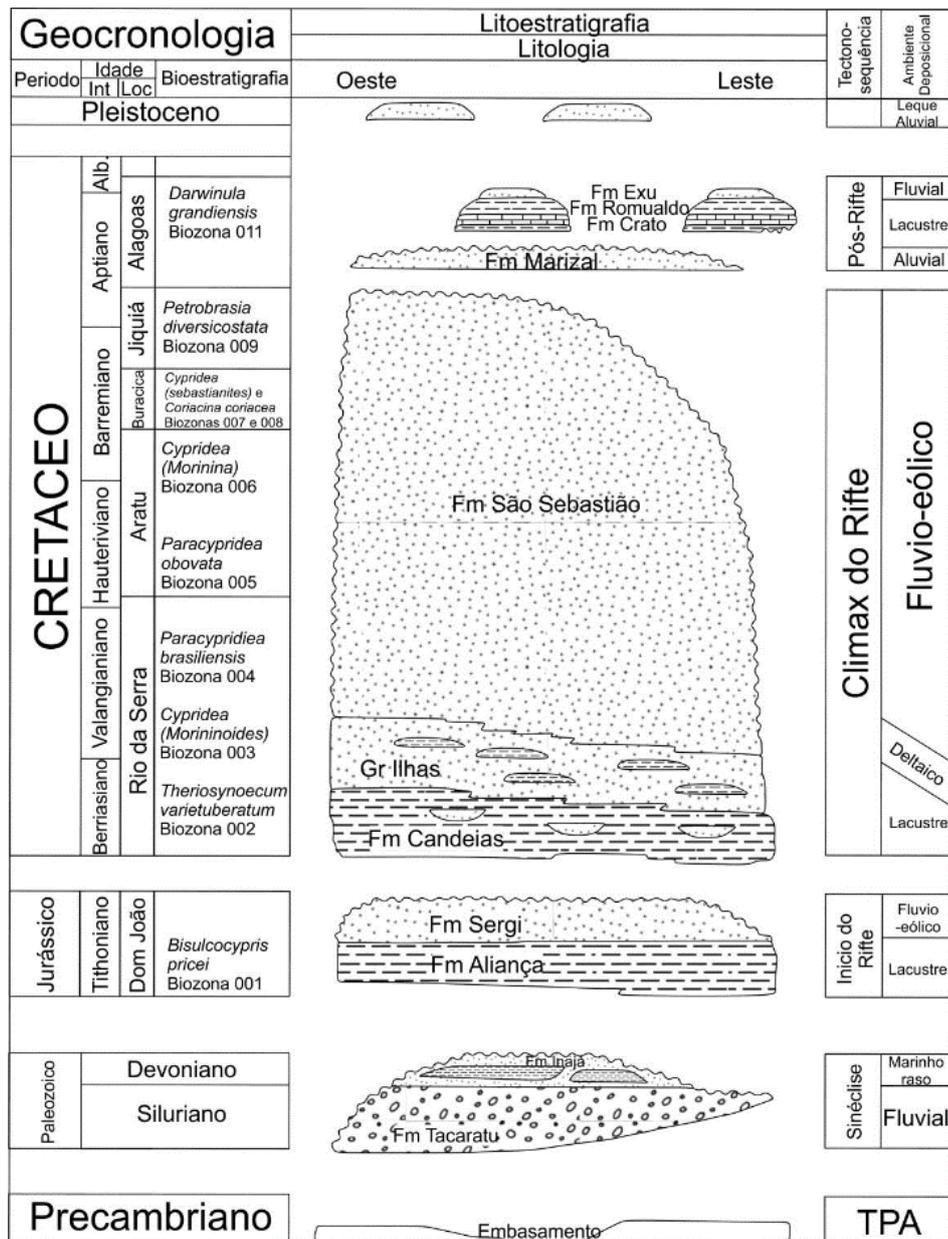


Figura 2 - Coluna estratigráfica da Bacia de Jatobá (Adaptada de Costa *et al.* (2007), Rocha (2011) e Guzmán *et al.* (2015)).

GEOLOGIA LOCAL

A atividade de campo proveu um reconhecimento da geologia da área pesquisada com o fim de verificar e atualizar o mapeamento geológico realizado por Rocha e Leite (1999) no âmbito do projeto “Avaliação Hidrogeológica das Bacias Interiores – Estudo Hi-

drogeológico da Bacia do Jatobá – Mapa Geológico da Bacia do Jatobá (1999). As unidades representadas na área estudada foram: Formação Tacaratu, Formação Inajá, Formação Aliança e depósitos Colúvio-eluviais. Também foi possível constatar a existência de uma pequena área onde aflorava o embasamento cristalino (Fig. 3).

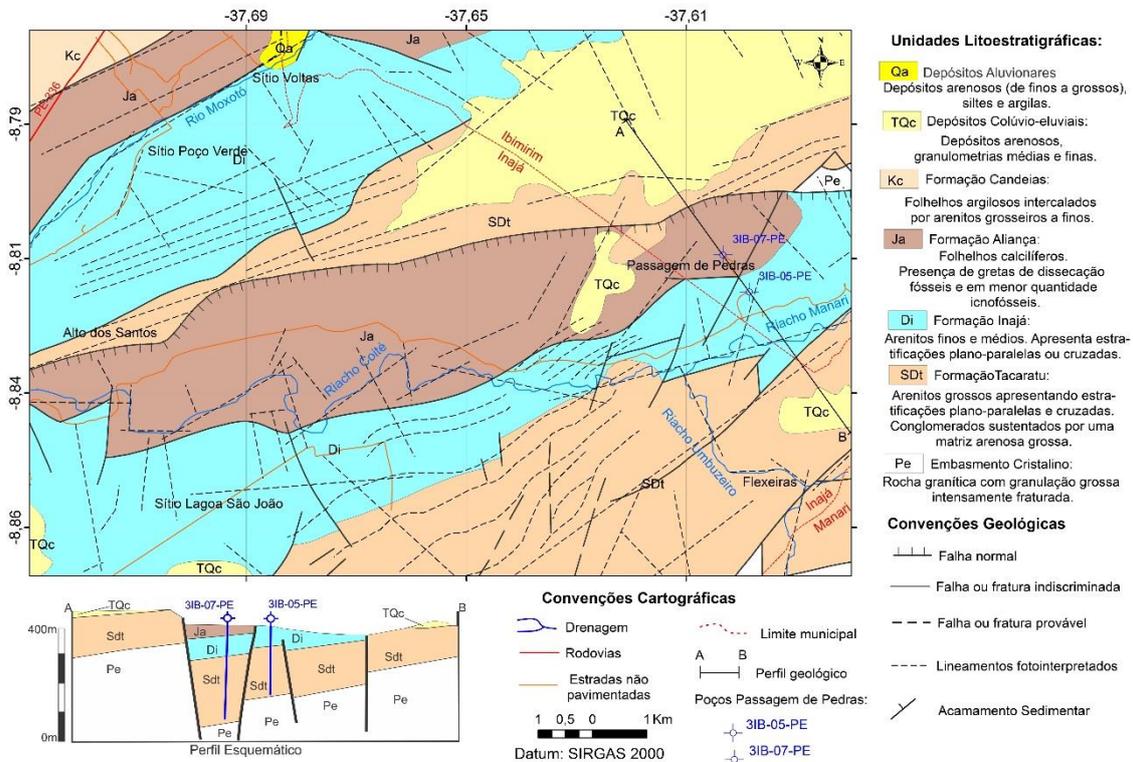


Figura 3 - Mapa geológico da área trabalhada.: (Modificado de Rocha e Leite (1999)).

Embasamento Cristalino

No extremo leste da região trabalhada ocorre o afloramento do embasamento cristalino. A rocha do cristalino começa a ser percebida nas partes baixas de uma serra através de fragmentos de cristais de quartzo, feldspato e minerais máficos. Subindo a serra pode-se confirmar a existência de matações intemperizadas sofrendo esfoliação esférica, que afloram em maior quantidade no topo da serra. A litologia trata-se possivelmente de uma rocha granítica

com granulação grossa. Tais rochas se correlacionam com o Terreno Pernambuco-Alagoas (TPA) da Província Borborema. As duas unidades de maior representatividade do TPA são os dos complexos Cabrobó e Belém do São Francisco, além das intrusões ígneas neoproterozoicas (Costa *et al.*, 2007).

Formação Tacaratu

Os melhores afloramentos da Formação Tacaratu situam-se na localidade de Lagoa do Meio ao longo da escarpa do Serrote São João, soerguidos

devido à ação de uma falha normal regional de orientação NE-SW. Neste ponto as rochas se apresentam extremamente afetadas pela tectônica rúptil

exibindo planos de fraturas horizontais, verticais e inclinados tendo orientação preferencial de mergulho para NE e SE (Fig. 4).



Figura 4 - Rochas da Formação Tacaratu afetadas pela tectônica rúptil. Sentido da foto: NW

As litologias predominantes são arenitos de granulação grossa, com cor esbranquiçada a avermelhada, compostas por grãos de quartzo subangulosos e subarredondados. Rochas conglomeráticas também são comuns exibindo seixos

subarredondados de até 3 centímetros sustentados por uma matriz arenosa grossa. As estruturas sedimentares mais frequentes são as estratificações plano-paralelas e cruzadas com sentido de paleocorrente para NW (Fig. 5).



Figura 5 - Estratificações plano-paralelas e cruzadas nos arenitos que exibem níveis conglomeráticos da Formação Tacaratu. Sentido da foto: NW B. Detalhe para estratificação cruzada e para a textura conglomerática do pacote sedimentar. Sentido da foto: NW

PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS DO SISTEMA AQUÍFERO ...

A leste da região estudada, na localidade do Sítio Toro, há um afloramento representativo da Formação Tacaratu (Fig. 6). Neste, é observado na base uma camada de um arenito de granulometria granulação média a fina, coloração esbranquiçada, exibindo estratificações plano-paralelas. Acima do mesmo há uma camada argilosa de co-

loração esbranquiçada, apresentando localmente uma textura mosqueada (Fig. 7). No topo é constatada a presença um arenito de granulação média e coloração mais amarronzada a avermelhada. Os pacotes sedimentares convergem para SW com um mergulho médio de 30°.



Figura 6 - Afloramento de camadas de arenito intercaladas com argilitos.



Figura 7 - Camada argilosa de coloração esbranquiçada

Formação Inajá

A Formação Inajá assim como a Formação Tacaratu ocorre orientada na direção NE-SW graças as grandes estruturas existentes na região estudada. A principal feição observada nas rochas dessa unidade é a intensa influência sofrida pela tectônica rúptil. Em grande parte dos afloramentos da Formação Inajá foram observadas famílias de fraturas (Fig. 8) e espelhos de falhas; essas feições representaram um reflexo de estruturas observadas em imagens de satélites e fotografias aéreas. Grande parte das fraturas observadas são de alto ângulo e possuem uma orientação NE-SW; com uma menor expressividade ocorrem fraturas horizontalizadas. Devido ao intenso fraturamento e, também, ao intemperismo é comum encontrar blocos rolados de até um metro de diâmetro e também fragmentos menores compondo os afloramentos estudados dessa unidade.

Litologicamente é constituída por arenitos finos e médio exibindo uma cor cinza a rósea e, também, avermelhada devido à oxidação. Não foram observadas estruturas sedimentares tais como estratificações plano-paralelas ou cruzadas.

Formação Aliança

Durante as etapas de campo não foram encontrados muitos afloramentos

expressivos da Formação Aliança. O que norteou o mapeamento dessa unidade foram as associações com o solo originado pelo intemperismo de suas rochas. O solo característico da Formação Aliança possui frações argilosas e tons mais escuros passando de uma cor marrom até avermelhada.

Depósitos Colúvio-eluviais

Esses depósitos ocorrem em maior abundância à SW. São originados do intemperismo das unidades sedimentares e do embasamento cristalino. Os depósitos são essencialmente arenosos e quartzosos podendo ocorrer granulações médias e finas. Suas colorações são avermelhadas e esbranquiçadas associados ao intemperismo das Formações Tacaratu e Inajá, respectivamente

CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO

A bacia sedimentar do jatobá se destaca na região nordeste devido ao seu grande potencial hídrico continua sendo alvo de pesquisas que visam entender o comportamento de suas sequências sedimentares com relação a sua capacidade de fornecer água para diversos fins. Em um contexto mais amplo a bacia aqui referida se insere na Província Hidrogeológica Costeira, assim como as bacias Alagoas/Sergipe, Araripe dentre outras.



Figura 8 - Intenso faturamento observados na Formação Inajá.

O pacote sedimentar da Bacia de Jatobá foi agrupado em sistemas que apresentavam características hidrogeológicas semelhantes por diversos autores, aqui consideraremos a proposta mais recente da Costa Filho *et al.*, (2008). Tal classificação subdivide a Bacia do Jatobá nos seguintes grupos: Aquífero aluvial, Aquífero coberturas recentes, Sistema Aquífero Santana/Exu, Sistema Aquífero Marizal/São Sebastião/Ilhas, Sistema Aquífero Candeias/Sergi/Aliança, Sistema Aquífero Tacaratú/Inajá. A área do presente estudo está inserida hidrogeologicamente no sistema aquífero Tacaratu/Inajá, inclusive nas áreas que afloram a Formação Aliança e os depósitos colúvio-eluviais. Estes últimos recobrem grande extensão da região, mas não tem importância no armazenamento e possível aproveitamento de água.

Na busca pelas características hidrogeológicas foi realizado o cadastra-

mento de pontos de água, que consistiram em poços tubulares e cacimbas. O ponto de partida do inventário de pontos de água foi o levantamento dos poços do projeto Costa Filho *et al.* (2008), no Sistema de Informação de Águas Subterrâneas – SIAGAS e na Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas – RIMAS, ambos da CPRM. Foram levantados 73 poços tubulares do SIAGAS, 40 poços tubulares no projeto da Costa Filho *et al.* (2008).

No decorrer das atividades de campo foram localizados 39 dos poços cadastrados no SIAGAS e 23 dos poços cadastrados no projeto Costa Filho *et al.* (2008). Foram cadastrados 60 novos poços, que até então não constavam em nenhum inventário. A totalidade dos poços tubulares encontrados e registrados dentro da área delimitada neste trabalho é de 122 e 1 poço amazonas, conforme pode ser ilustrada pela figura 9.

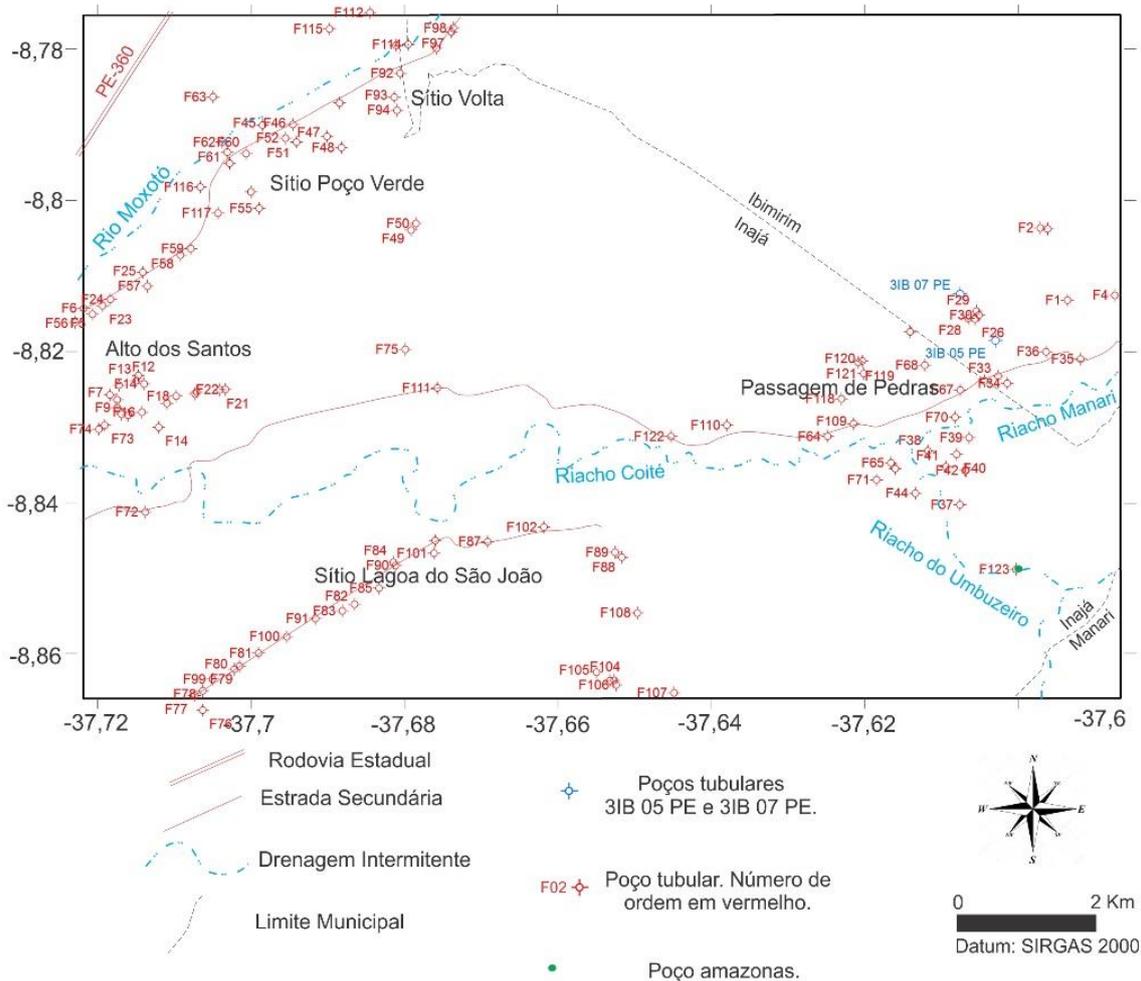


Figura 9 - Distribuição dos pontos de água cadastrados dentro da área delimitada.

Parâmetros Hidrodinâmicos

Para a obtenção de parâmetros hidrodinâmicos foram pesquisados trabalhos que trouxessem ensaios de bombeamentos para que esses parâmetros pudessem ser calculados, haja vista a não realização destes ensaios durante as atividades que se desenvolveram em campo. Aqui foi feita uma análise mais ampla, considerando poços espalhados por toda a Bacia Sedimentar do Jatobá.

Os trabalhos de Melo (1980), Leite *et al.*, (1999), Leite *et al.*, (2001), Costa Filho *et al.*, (2008) e o Estudo hidrogeológico da bacia sedimentar do Jatobá: relatório final: texto / Secretaria de Recursos Hídricos. - Recife: SRHE, 2010 trazem parâmetros de transmissividades calculadas em poços ao longo da Bacia do Jatobá. Alguns poços apre-

sentavam dados de rebaixamento *versus* tempo não interpretadas. De posse destes dados foi realizada uma análise e o cálculo da transmissividade. Totalizaram-se 57 informações de transmissividade utilizadas, conforme a tabela 1. A partir destas foi elaborado um mapa de transmissividade, conforme é mostrado na figura 10. A área da bacia não se encontra toda representada devido a não existência de poços com essas informações em toda sua extensão. Foi tomado o cuidado de traçar os limites da bacia, explicitando assim as áreas pertencentes ao embasamento cristalino.

Na figura 10 observam-se três localidades, à nordeste do mapa, onde as transmissividades são mais altas, sendo elas as localidades de Brejo São José, Frutuoso e Baixa Funda; nessas regiões há também uma maior densidade de

PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS DO SISTEMA AQUÍFERO ...

informações que forma algo semelhante a cones com linhas de maiores valores de transmissividades. Essas boas transmissividades se devem às grandes espessuras saturadas atravessadas pelos poços e pela predominância de sedimentos arenosos.

A porção sudoeste do mapa possui menores transmissividades. Essa observação encontra apoio em um perfil litológico que apresenta uma grande quantidade de sedimentos argilosos em

sua extensão. A não existência de outros poços com perfil litológico dificulta a análise.

Deve-se acrescentar que o mapa de transmissividade é um reflexo da distribuição de poços onde foi possibilitado o cálculo desse parâmetro, caso houvesse uma distribuição mais uniforme de dados as inferências seriam bem mais precisas. Desta maneira as hipóteses aqui colocadas carecem de mais elementos para sua confirmação.

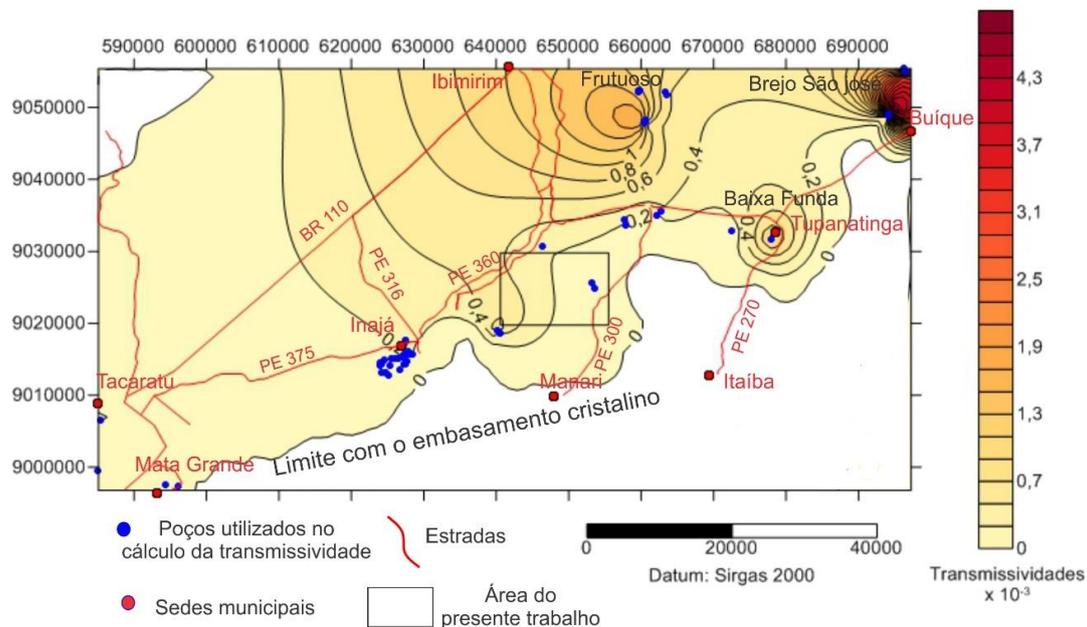


Figura 10 - Mapa de transmissividades da Bacia Sedimentar do Jatobá.

Tabela 1. Informações de transmissividade utilizadas na elaboração do mapa da figura 9. Todas as coordenadas foram compatibilizadas para Sirgas 2000.

Poço	UTME	UTM N	T x 10 ⁻³ (m ² /s)	Publicação de origem
HS795	624619	9014859	0,06000	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)
HS800	625506	9015172	0,04700	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)
HS803	626178	9015075	0,09100	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)
HS804	626508	9015123	0,12600	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)
HS816	628486	9015658	0,04300	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)
HS817	628067	9015594	0,29600	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)
HS832	627309	9015271	0,01500	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)
HS833	627231	9015600	0,04900	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)
HS844	623918	9014185	0,16300	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)
HS845	623949	9014525	0,01300	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)
HS845B	624123	9014255	0,17700	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)
HS848	627463	9015593	0,01100	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)
HS863	625319	9014098	0,02300	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)

HS865	625052	9012796	0,07600	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)
HS866	624822	9013206	0,08800	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)
HS869	624137	9013122	0,04600	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)
HS870	627397	9014411	0,18100	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)
HS871	627253	9014264	0,15800	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)
HS872	626794	9013604	0,02900	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)
HS875	627553	9014385	0,05500	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)
PN001	627719	9014656	0,08100	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)
Pz Manari 1	640570	9018582	0,30400	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)
Manari 2	640162	9018935	0,77361	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)
Manari 1	640594	9018609	0,43000	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)
HH-866	694087	9048906	0,50418	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)
PZ HH-866	694121	9048934	5,01515	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)
Brejo São José	696386	9054974	3,04913	Leite <i>et al.</i> , (2001)
PZ Brejo São José	696339	9055365	0,85000	Leite <i>et al.</i> , (2001)
3 TAC-02+J30:N45-PE	596078	8997306	0,01690	Leite <i>et al.</i> , (2001)
BAIXA FUNDA	677947	9031650	1,07000	Leite <i>et al.</i> , (2001)
3TAC-01-PE	594265	8997582	0,16000	Leite <i>et al.</i> , (2001)
Laguna Agropecuária	663311	9052189	0,65900	Leite <i>et al.</i> , (2001)
3IB-01-PE	659665	9052250	1,08133	Leite <i>et al.</i> , (2001)
PZ do 3IB-01-PE	659804	9052394	1,26000	Leite <i>et al.</i> , (2001)
F Barreiras II	657604	9034379	0,29100	Leite <i>et al.</i> , (2001)
3IB-06-PE	660690	9048220	1,23000	Leite <i>et al.</i> , (2001)
3IB-08-PE	646432	9030623	0,22500	Leite <i>et al.</i> , (2001)
3IB-03-PE	659593	9052108	1,34000	Leite <i>et al.</i> , (2001)
3IB-07-PE	653143	9025560	0,02380	Leite <i>et al.</i> , (1999)
3IB-05-PE	653653	9024880	0,05270	Leite <i>et al.</i> , (1999)
PZ IN-I	627528	9017520	0,70000	Melo (1980)
IN-I	627464	9017526	0,35000	Melo (1980)
Pz IN-II	627528	9017520	0,58800	Melo (1980)
IN-II	627570	9017516	0,28500	Melo (1980)
MX-I	657922,3	9033575	0,12300	Melo (1980)
MX-II	662145,5	9034941	0,13000	Melo (1980)
MX-III	662728,5	9035523	0,38900	Melo (1980)
Pz MX III	662789,7	9035554	0,38900	Melo (1980)
MX-II Pz	662145,5	9034941	0,37100	Melo (1980)
Pt-I	585346,1	9006422	0,21000	Melo (1980)
PZ Tr	663494,8	9051740	0,63000	Melo (1980)
487	627835	9016052	0,31700	SRHE (2010)
111	660605	9047966	0,49500	SRHE (2010)
112	660358	9047943	1,78000	SRHE (2010)
144	585081	8999448	0,02060	SRHE (2010)
228	672521	9032782	0,02610	SRHE (2010)

Considerando o mapa de transmissividade e a localização da área trabalhada plotada no mesmo foi elegido o valor de $2 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ como da transmissividade média para a região estudada na presente pesquisa.

Para a obtenção de um valor de condutividade hidráulica para a área trabalhada foi considerada uma espessura saturada do poço 3IB-05-PE, que se situa dentro desse limite e atravessa toda sequência sedimentar até o embasamento cristalino, sendo essa espessura de 374 metros. A transmissividade $2 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ foi dividida por 374 metros resultando em uma condutividade hidráulica de $5,35 \times 10^{-7} \text{ m/s}$. O valor da condutividade hidráulica chama atenção por ser muito baixo, semelhantes a de sedimentos argilosos, por isso, será tratada mais adiante.

Para uma análise do parâmetro do coeficiente de armazenamento do sistema aquífero Tacaratu-Inajá serão considerados valores publicados nos trabalhos de Melo (1980), Leite *et al.*, (2001), Costa Filho *et al.*, (2008) e o

Estudo hidrogeológico da bacia sedimentar do Jatobá: relatório final: texto / Secretaria de Recursos Hídricos. - Recife: SRHE, 2010, totalizando dez informações, conforme a tabela 2. Na maioria desses trabalhos é relatada a dificuldade para obtenção de poços próximos ao que seria bombeado e que atuassem como poço de observação durante o ensaio para que fosse avaliado o coeficiente de armazenamento do aquífero. Foi feita uma análise estatística do conjunto de dados e observaram-se baixas medidas de dispersão indicando um conjunto de dados razoavelmente homogêneo, ou seja, a variância está mais próxima dos valores da média (Tabela 3). Dessa forma, optou-se por utilizar o valor médio $1,63 \times 10^{-4}$ como representante do coeficiente de armazenamento da área delimitada no presente trabalho. Deve-se acrescentar que adiante serão feitos comentários acerca desse parâmetro de modo a estabelecer melhor sua representatividade para a área estudada na presente pesquisa.

Tabela 2. Informações de coeficientes de armazenamento levantadas de trabalhos já publicados. Coordenadas compatibilizadas para SIRGAS 2000

Poço	Coordenadas		Coeficiente de Armazenamento	Trabalho de origem
	UTM E	UTM N		
IN-I	647224	9016105	$3,40 \times 10^{-5}$	Melo (1980)
IN-II	628021	9059849	$7,42 \times 10^{-5}$	Melo (1980)
MX-III	662729	9035523	$3,00 \times 10^{-4}$	Melo (1980)
MX-III	662729	9035523	$1,32 \times 10^{-4}$	Melo (1980)
TR-01	644612	9055710	$1,31 \times 10^{-4}$	Melo (1980)
PZ Manari 1	640570	9018582	$1,19 \times 10^{-4}$	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)
Pz HH-866	694121	9048934	$1,93 \times 10^{-4}$	Costa Filho <i>et al.</i> , (2008)
Pz Brejo São José	696339	9055365	$1,69 \times 10^{-4}$	Leite <i>et al.</i> , (2001)
Pz 3IB-01-PE	659665	9052250	$4,42 \times 10^{-4}$	Leite <i>et al.</i> , (2001)
Pz 112	660358	9047943	$3,30 \times 10^{-5}$	SRHE (2010)

Tabela 3. Análise estatística do conjunto de dados dos coeficientes de armazenamento.

Nº de dados	Média	Mediana	Moda	Máximo	Mínimo	Desvio padrão	Variância	Varição
10	$1,63 \times 10^{-4}$	$1,32 \times 10^{-4}$	-	$4,42 \times 10^{-4}$	$3,30 \times 10^{-5}$	$1,26 \times 10^{-4}$	$1,59 \times 10^{-8}$	$4,09 \times 10^{-4}$

TESTES DE PRODUÇÃO DOS POÇOS 3IB-05-PE E 3IB-07-PE

Os poços 3IB-05-PE e 3IB-07-PE localizados na região de Passagem de Pedras, município de Ibimirim, foram os principais motivadores para o presente trabalho por apresentarem baixas transmissividades calculadas para o aquífero e vazões pouco expressivas, apesar de possuírem mais que 400

metros de espessuras saturadas e predomínio da fração arenosa, conforme pode ser observado nos perfis litológicos/construtivos na figura 11. Neste tópicos tais poços serão analisados detalhadamente buscando o esclarecimento de algumas questões.

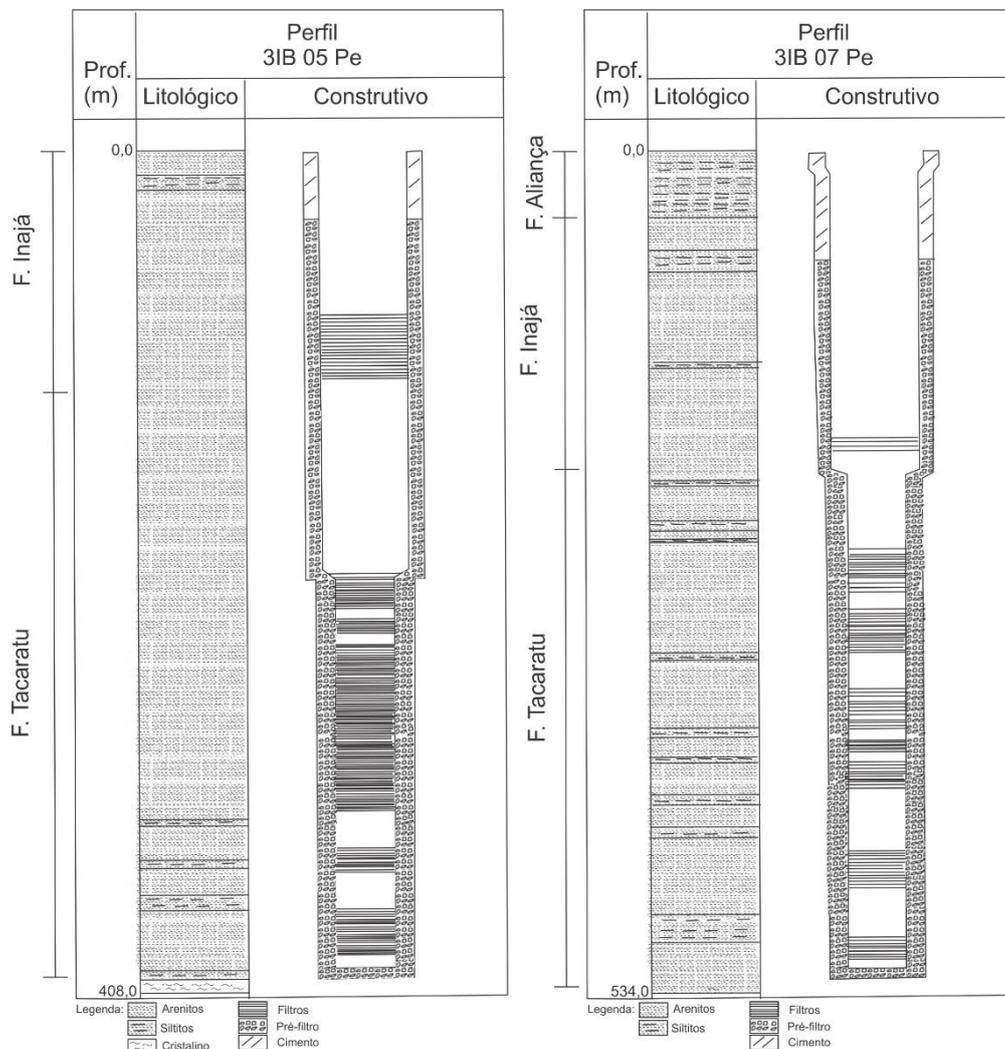


Figura 11 - Perfis litológicos/construtivos dos poços de Passagem de Pedras.
Fonte: Leite *et al.* (1999)

PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS DO SISTEMA AQUÍFERO ...

Os ensaios de bombeamentos são os métodos mais tradicionais e com a maior garantia de bons resultados na determinação de parâmetros hidrodinâmicos do aquífero e na avaliação da construção de poços para captação de água. O teste de aquífero tem por principal finalidade a determinação dos parâmetros hidrodinâmicos: transmissividade (T), condutividade hidráulica (K) e coeficiente de armazenamento (S), além disso podem denunciar heterogeneidades no meio poroso como a existência de fronteiras hidráulicas. Deve-se pontuar que devido a não existência de poços que servissem como de observação para os poços bombeados 3IB-05-PE e 3IB-07-PE não foi possível a determinação do coeficiente de armazenamento.

O teste de produção tem o objetivo de determinar a vazão de exploração do poço e suas perdas de carga totais (BQ + CQⁿ). O coeficiente B representa as perdas lineares e ocorrem no aquífero, em função do fluxo laminar de água para o poço. Os efeitos de penetração parcial, fronteiras hidráulicas, interferências de outros poços se incluem nessas perdas. As perdas lineares dependem do tempo. O coeficiente C correspondem às perdas não lineares, que não depende do tempo e ocorrem no próprio poço bombeado e nas suas vizinhanças. Em geral depende de: tipo de filtro, % da área aberta dos filtros e sua disposição, grau de desenvolvimento do aquí-

fero, obstruída pelo pré-filtro, incrustação da zona filtrante. Os testes de produção podem ser feitos de forma escalonada ou sucessiva, sendo mais comum o primeiro devido à menor duração de tempo. Os testes de produção realizados nos poços 3IB-05-PE e 3IB-07-PE foram do tipo escalonado.

Aqui serão analisados os testes de bombeamentos realizados nos poços 3IB-05-PE e 3IB-07-PE confrontando resultados e expondo gráficos e informações não tão bem exploradas até então.

Analisando o perfil litológico do poço 3IB-07-PE constata-se que os primeiros 42 metros são compostos por rochas de granulação fina da Formação Aliança e observando o perfil do poço 3IB-05-PE há também a ocorrência de sedimentos finos nos primeiros metros do perfil que em ambos os casos conferem um caráter de confinamento ao sistema aquífero. A observação das curvas rebaixamento *versus* tempo deixam claro que o bombeamento foi em regime transitório. Devido às evidências apresentadas os testes foram interpretados pelos métodos de Theis e Cooper/Jacob (quando $u < 0,01$) e não pelo método de Walton-Hantush como feito no Leite *et al.*, 1999, haja vista que não foi constatada nenhuma feição de recarga nas curvas rebaixamento *versus* tempo. As interpretações são realizadas através das seguintes expressões:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} W(u) \quad ($$

Método de Theis:

$$K = \frac{T}{b}$$

Onde:

s (L) = rebaixamento do poço de observação a uma distância r do poço bombeado.

Q (L³/T) = vazão de bombeamento

T (L²/T) = transmissividade do aquífero

K (L/T) = condutividade hidráulica do aquífero

b (L) = espessura do aquífero

t (T) = tempo de bombeamento

$$T = \frac{0,183Q}{\Delta s} \quad ($$

Método de Cooper/Jacob

$$K = \frac{T}{b}$$

Onde:

t_1 e t_2 (T) = tempos escolhidos no gráfico para um ciclo logarítmico

Δs (L) = $s_2 - s_1$

s_1 e s_2 (L) = respectivos rebaixamentos observados no gráfico para t_1 e t_2

Q (L³/T) = vazão de bombeamento

T (L²/T) = transmissividade do aquífero

S = coeficiente de armazenamento

K (L/T) = condutividade hidráulica do aquífero

b (L) = espessura do aquífero

Os gráficos abaixo expõem as interpretações dos testes de aquífero dos poços em questão.

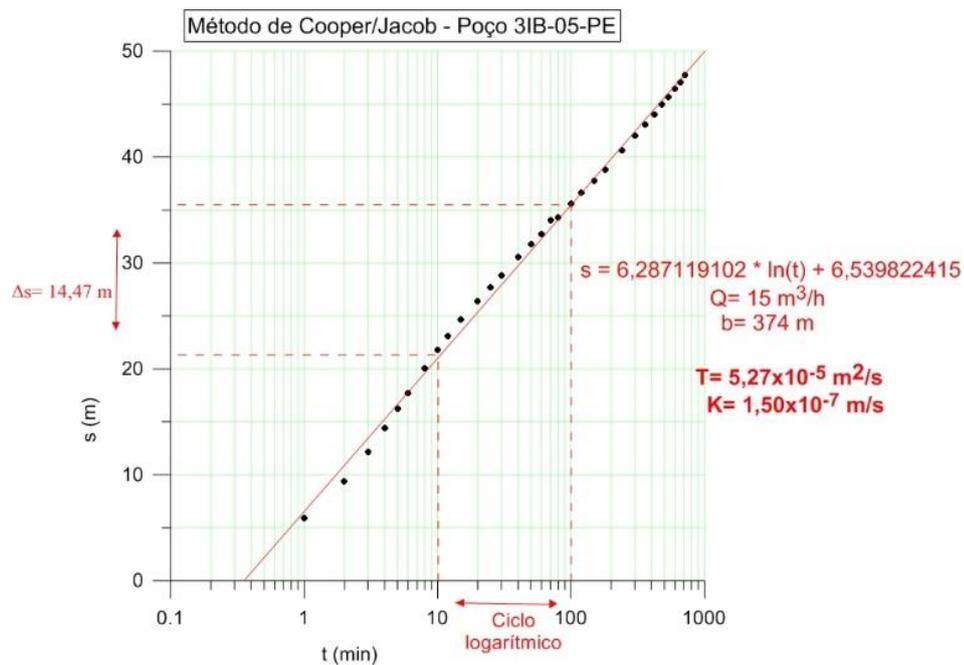


Figura 12 - Interpretação do teste de aquífero do poço 3IB-05-PE. Método de Cooper/Jacob.

PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS DO SISTEMA AQUÍFERO ...

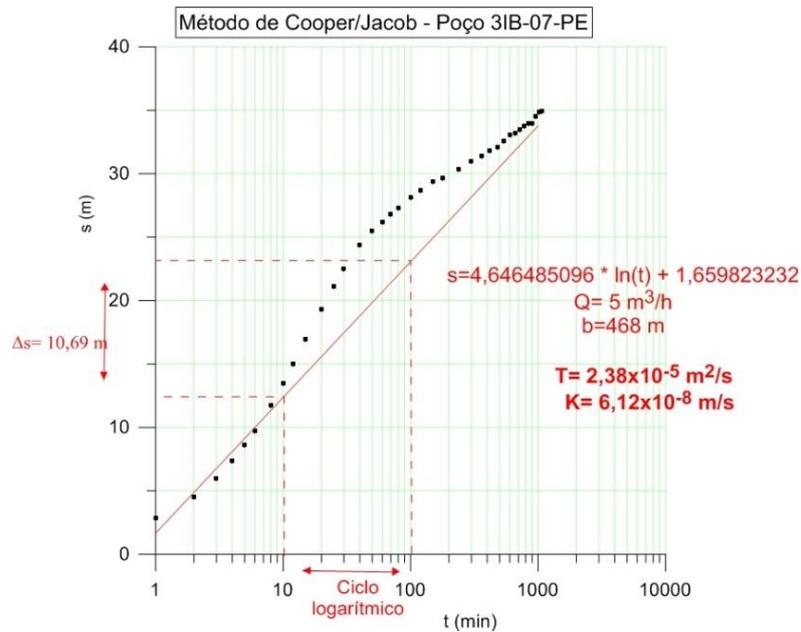


Figura 13 - Interpretação do teste de aquífero do poço 3IB-07-PE. Método de Cooper/Jacob.

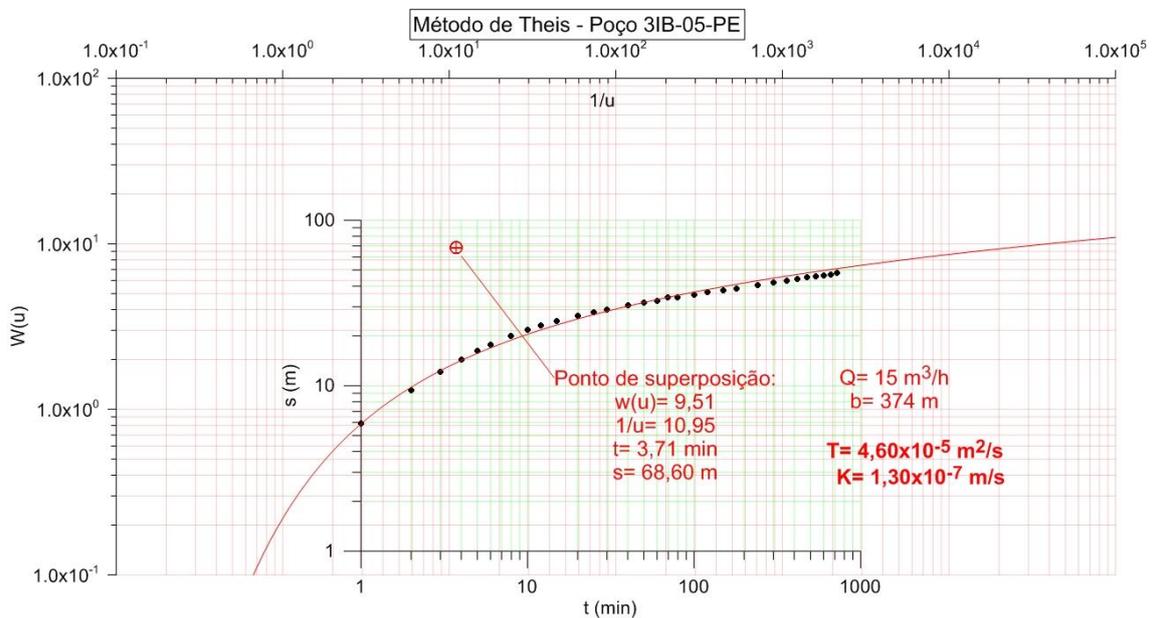


Figura 14 - Interpretação do teste de aquífero do poço 3IB-05-PE. Método de Theis.

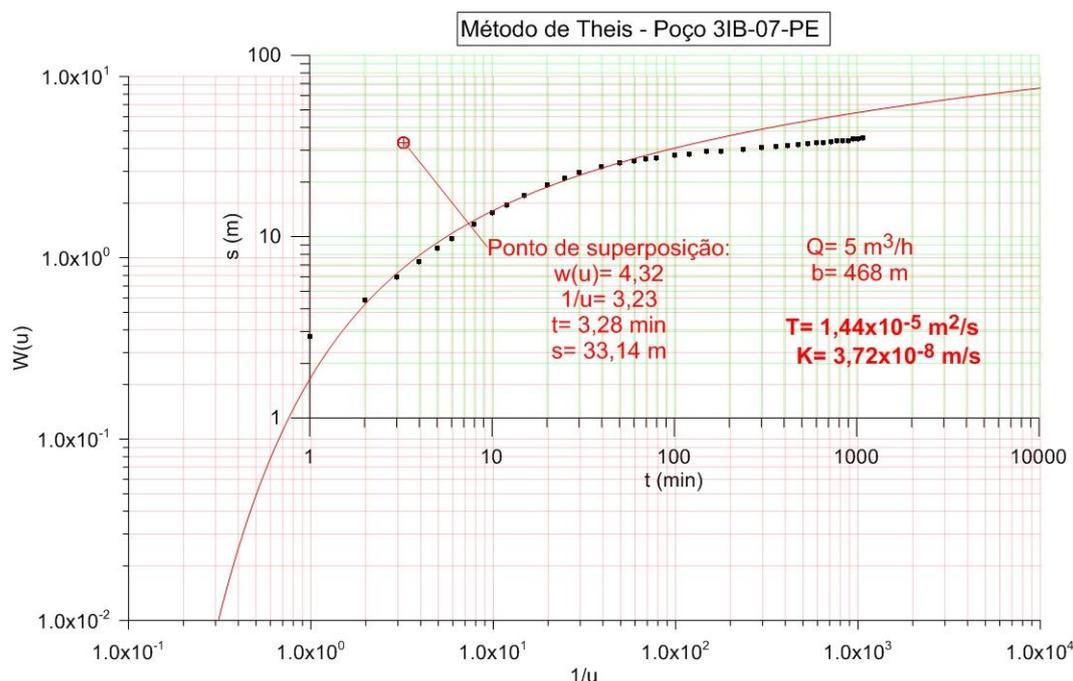


Figura 15 - Interpretação do teste de aquífero do poço 3IB-05-PE. Método de Theis.

A tabela 4 apresenta a comparação entre os valores calculados de transmissividade e condutividade hi-

dráulica no presente trabalho e os de Leite *et al.*, (1999):

Tabela 4. Tabela expositiva dos valores de transmissividade e condutividade hidráulica calculados por Leite *et al.*, (1999) e pelo autor do presente trabalho.

Poço	Leite <i>et al.</i> , 1999			O autor		
	Método utilizado	T (m ² /s)	K (m/s)	Método utilizado	T (m ² /s)	K (m/s)
3IB-05-PE	Cooper/Jacob	5,44 x 10 ⁻⁵	1,16 x 10 ⁻⁷	Cooper/Jacob	5,27 x 10 ⁻⁵	1,50 x 10 ⁻⁷
	Walton/Hantush	5,02 x 10 ⁻⁵	1,07 x 10 ⁻⁷	Theis	4,60 x 10 ⁻⁵	1,30 x 10 ⁻⁷
3IB-07-PE	Cooper/Jacob	3,95 x 10 ⁻⁵	8,44 x 10 ⁻⁸	Cooper/Jacob	2,38 x 10 ⁻⁵	6,12 x 10 ⁻⁸
	Walton/Hantush	1,48 x 10 ⁻⁵	3,16 x 10 ⁻⁸	Theis	1,44 x 10 ⁻⁵	3,72 x 10 ⁻⁸

Embora Leite *et al.*, (1999) não tenha utilizado o método de Theis é possível notar que os valores de transmissividade calculados são semelhantes aos calculados nesse trabalho. O valor que mais difere é a transmissividade do poço 3IB-07-PE utilizando o método de Cooper/Jacob que chega a ser 39,45% menor do que o calculado por Leite *et al.*, (1999). Essa diferença possivelmente se deve ao ajuste feito na curva rebaixamento *versus* tempo que neste traba-

lho considerou apenas o primeiro trecho, por refletir melhor as características do aquífero do que os outros trechos, que evidenciam interferências.

É notória a diferença de comportamento entre as curvas rebaixamento *versus* tempo para o teste de vazão contínua dos poços 3IB-05-PE e 3IB-07-PE. Para uma análise dessas distinções foi superposta a curva rebaixamento *versus* tempo do teste de vazão contínua com a da primeira etapa do teste de pro-

dução para observar se as curvas possuíam o mesmo comportamento. De fato foi percebida a mesma forma das curvas evidenciando uma reflexão de características do poço e do aquífero não tendo ocorrido nenhum tipo de interferência extra aquífero em algum dia do bombeamento desses dois poços.

Na curva do poço 3IB-07-PE (Figura 16) percebem-se nitidamente três trechos: um do início do teste até os 8 minutos de bombeamento, o segundo dos 8 minutos até os 50 minutos e o último trecho dos 50 minutos até os 1080 minutos finais de bombeamento. Na curva do poço 3IB-05-PE (Fig. 12) é possível ajustar os pontos a uma reta, apenas dos 8 aos 80 minutos há um discreto aumento nos rebaixamentos. A diferença no comportamento das curvas dos poços aqui em questão pode ser entendida à luz dos perfis construtivos dos mesmos. No poço 3IB-05-PE os

filtros se estendem nas seguintes profundidades: 81,56 - 110,54; 207-225; 231-237; 243-323; 342-354; 373-397 metros, totalizando 197 metros de filtros. No poço 3IB-07-PE os filtros se estendem nas seguintes profundidades: 178-187; 249-276; 289-314; 338-363; 369-377; 384-400; 437-462; 496-528 metros, totalizando 166 metros de filtros. A distribuição diferente dos filtros faz com que estes poços captem horizontes de água distintos, com características geológicas próprias, características essas que são percebidas observando o perfil litológico desses poços. No perfil litológico do poço 3IB-07-PE é mais comum a intercalação de arenitos com camadas de siltitos, o que já não é tão comum no poço 3IB-05-PE. As diferentes camadas captadas podem refletir em suas curvas rebaixamento *versus* tempo feições distintas e é essa hipótese defendida aqui.

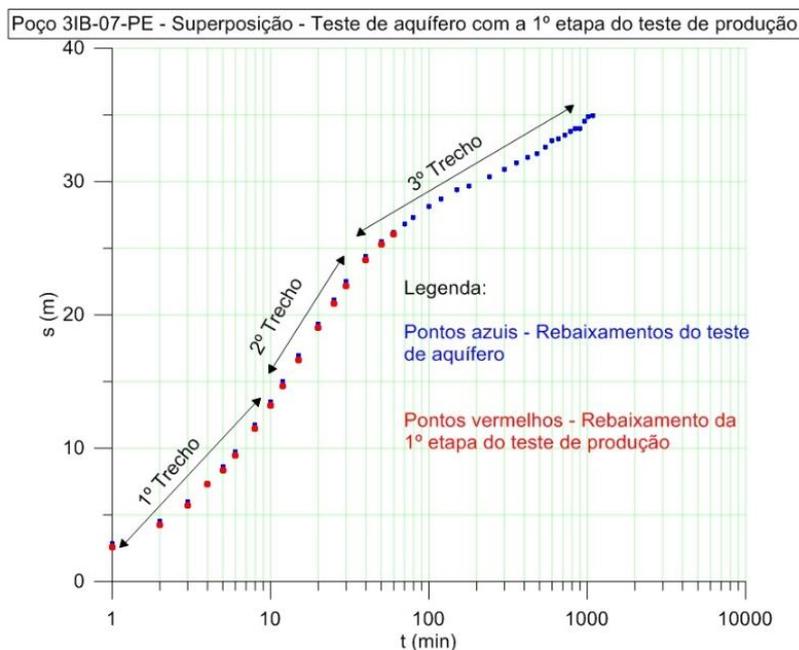


Figura 16 - Poço 3IB-07-PE - Superposição do teste de aquífero com a 1ª etapa do teste de produção. Destaque para os três trechos detectados.

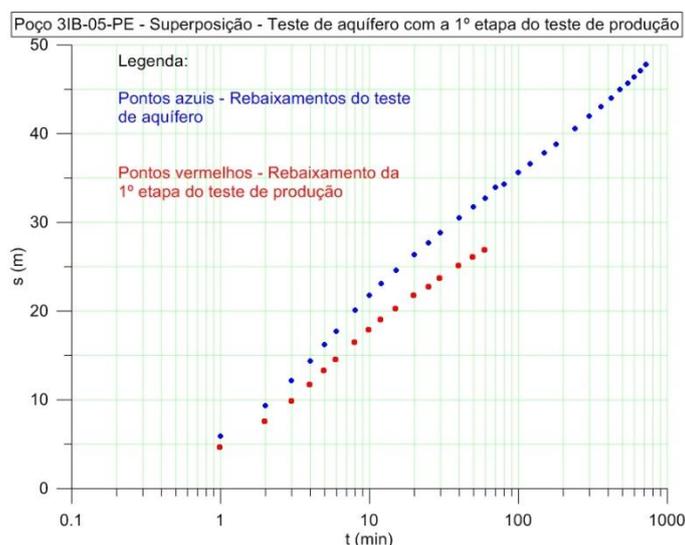


Figura 17 - Poço 3IB-05-PE - Superposição do teste de aquífero com a 1ª etapa do teste de produção.

Tendo interpretado os dados obtidos a partir dos testes de bombeamento nos poços 3IB-05-PE e 3IB-07-PE e a partir da observação do perfil esquemático apresentado no mapa da figura 3 se faz necessária uma discussão acerca do bombeamento de poços próximos a limites impermeáveis. O efeito de um limite impermeável, que pode ser representado por uma rocha do embasamento cristalino, é evidenciado no comportamento da curva s versus $\log t$ ou $\log s$ versus $\log t$ através de fronteiras negativas ocasionadas pelo acréscimo no rebaixamento. Diante deste tipo de situação o limite hidráulico pode ser substituído nos cálculos do rebaixamento por um poço fictício (poço imagem) que

$$R = 1,5 \sqrt{\frac{Tt}{S}}$$

Isolando o t , temos:

$$t = \frac{R^2 S}{2,25T}$$

A transmissividade utilizada foi a calculada no próprio poço, sendo $5,27 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ e $2,38 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, respectivamente para o 3IB-05-PE e 3IB-07-PE (vide figs. 12,13). O coeficiente de ar-

simula a descontinuidade, desta forma, é aplicada a metodologia da Teoria das Imagens (Feitosa *et al.*, 2008). A partir da observação das curvas s versus $\log t$ e $\log s$ versus $\log t$ das figuras 12,13,14,15 não é constatada a existência de feições de fronteiras hidráulicas negativas evidenciando a influência nula de um possível limite impermeável representado pelo embasamento cristalino.

Ainda com referência a influência de um limite impermeável nos testes de bombeamento realizados nos poços aqui referidos serão analisados os raios de influência. A equação do raio de influência é:

Onde,

R é o raio de influência

T é a transmissividade

S é o coeficiente de armazenamento

t é o instante de bombeamento

mazenamento foi $1,63 \times 10^{-4}$, definido na tabela 3. Os raios de influência eram as distâncias entre os poços e as estruturas traçadas no perfil esquemático, estas foram obtidas a partir de dados gerre-

PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS DO SISTEMA AQUÍFERO ...

ferenciados. No tocante a tais distâncias foram consideradas as medidas entre os poços e a o embasamento cristalino representado no perfil esquemático (fig. 3), sendo de 1.896,00 metros e de 1.087,00 metros, respectivamente para os poços 3IB-07-PE e 3IB-05-PE. No caso do poço 3IB-05-PE o tempo de bombeamento necessário para que o cone de rebaixamento alcance limite impermeável do embasamento cristalino seria de 82.279 minutos e o ensaio de bombeamento realizado teve uma duração de 720 minutos. Já no caso do poço 3IB-07-PE o ensaio de bombeamento realizado teve uma duração de 1.080 minutos e o tempo necessário para que o cone de rebaixamento se propague até o limite do embasamento cristalino seria de 56.961 minutos. O perfil esquemático também exibe descontinuidades que deslocam as camadas sedimentares que segundo Medeiros *et al.*, (2010) poderiam se comportar como fronteiras hidráulicas, porém tais descontinuidades também foram analisadas a partir do

raio de influência e sua existência não se faz percebido durante o tempo de bombeamento de ambos os poços.

A partir da não observação de nenhuma feição de fronteira hidráulica nas curvas dos testes de bombeamentos somando-se a isso o fato dos cálculos dos raios de influência também não apontarem para a expansão do cone de rebaixamento até as possíveis fronteiras hidráulicas, pode-se dizer que não há influência de limites impermeáveis nos testes de bombeamentos e nem nos cálculos de parâmetros do poço e do aquífero.

Nas análises os testes de produção escalonados também foram interpretados e seus resultados comparados aos obtidos por Leite *et al.*, (1999). Foram encontradas as equações características dos poços para o momento dos referidos ensaios de bombeamento e para 5, 10 e 15 anos, os resultados e sua comparação podem ser observados abaixo. O B será apresentado em m^3/dia e o C em dia^2/m^5 .

Tabela 1. Comparação das equações dos poços para o momento dos referidos ensaios de bombeamento e para 5, 10 e 15 anos.

Poço		Leite <i>et al.</i> , 1999		O autor
3IB-05-PE	Sw(teste produção)	$0,05234 * Q + 0,0001587 * Q^2$	Sw(teste produção)	$0,03768 * Q + 0,0001800 * Q^2$
	Sw(5anos)	$0,21090 * Q + 0,0001587 * Q^2$	Sw(5anos)	$0,21150 * Q + 0,0001800 * Q^2$
	Sw(10anos)	$0,22200 * Q + 0,0001587 * Q^2$	Sw(10anos)	$0,22361 * Q + 0,0001800 * Q^2$
	Sw(15anos)	$0,22900 * Q + 0,0001587 * Q^2$	Sw(15anos)	$0,23069 * Q + 0,0001800 * Q^2$
3IB-07-PE	Sw(teste produção)	$0,1581 * Q + 0,0001266 * Q^2$	Sw(teste produção)	$0,20219 * Q + 0,0001317 * Q^2$
	Sw(5anos)	$0,4548 * Q + 0,0001266 * Q^2$	Sw(5anos)	$0,57038 * Q + 0,0001317 * Q^2$
	Sw(10anos)	$0,4715 * Q + 0,0001266 * Q^2$	Sw(10anos)	$0,59722 * Q + 0,0001317 * Q^2$
	Sw(15anos)	$0,4815 * Q + 0,0001266 * Q^2$	Sw(15anos)	$0,61292 * Q + 0,0001317 * Q^2$

Nota-se que no poço 3IB-05-PE o coeficiente C foi 88% maior, o coeficiente B para o momento do teste foi menor 71% enquanto o B para 5, 10 e 15 anos situou-se muito próximo dos encontrados por Leite *et al.*, (1999). No poço 3IB-07-PE o coeficiente C foi 96% maior, o coeficiente B para o momento do teste foi maior 78% enquanto o B para 5, 10 e 15 anos foi em média 79% maior do que os encontrados na publicação anterior.

Após a definição dos coeficientes B e C procedeu-se o cálculo das eficiências dos poços. Antes da apresentação dos resultados cabem alguns comentários sobre as formas de realização dos

Cálculo da eficiência utilizando a equação característica do poço:

$$E_f = \frac{BQ}{BQ + CQ^n} \times 100$$

Sendo,

B o coeficiente de perdas lineares

C o coeficiente de perdas não lineares

Q é a vazão de bombeamento

A outra possibilidade é o cálculo da eficiência utilizando a razão entre o rebaixamento teórico e o medido:

$$E_f = \frac{s_t}{s_r} 100$$

Sendo,

s_r o rebaixamento medido

s_t o rebaixamento teórico, que é dado pela equação de Jacob, abaixo:

$$s_t = \frac{0,183Q}{T} \log \frac{2,25Tt}{r^2 S}$$

Sendo,

s_t é o rebaixamento teórico

Q é a vazão

r é o raio do poço

T é a transmissividade

S é o coeficiente de armazenamento

t é tempo de bombeamento

As eficiências calculadas usando a equação característica do poço tendem a supervalorizar as mesmas. Uma vez que, no coeficiente B também contem-

cálculos das eficiências de poços. Um poço pode ser considerado eficiente quando se consegue obter uma capacidade produtiva que correspondente ao planejamento e dimensionamento do mesmo. A eficiência de um poço está diretamente ligada ao seu desenho construtivo, onde fatores como diâmetros das tubulações, espessura penetrada também são relevantes. Outro fator relevante na eficiência de um poço está ligado aos procedimentos utilizados na perfuração, quando muitas vezes fluidos de perfuração criam resistência para a passagem de água. O cálculo da eficiência pode ser realizado de duas formas, que abaixo serão apresentadas:

pla as perdas por penetração parcial e na passagem da água do aquífero pelo pré-filtro. As eficiências calculadas utilizando a razão entre o rebaixamento teó-

PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS DO SISTEMA AQUÍFERO ...

rico e medido tendem a refletir mais fielmente as condições reais de operação do poço.

As eficiências para os poços 3IB-05-PE e 3IB-07-PE utilizando as características do poço resultaram em 36,77% e 92,75%, respectivamente. Porém, ao calcular a eficiência através do rebaixamento teórico e o medido

notou-se uma grande incoerência, os rebaixamentos teóricos encontrados eram muito maiores do que os rebaixamentos medidos. Para tentar entender essa questão foi usada a equação de Jacob e da eficiência para que se pudesse chegar aos rebaixamentos medidos nos ensaios de bombeamento

. Observemos primeiro a organização das equações utilizadas:

$$s_t = \frac{0,183Q}{T} \log \frac{2,25Tt}{r^2 S} \quad \text{Equação de Jacob}$$

$$Ef = \frac{s_t}{s_r}$$

(Equação da Eficiência3)

$$s_r = \left(\frac{\frac{0,183Q}{T} \log \frac{2,25Tt}{r^2 S}}{Ef} \right)$$

Os termos dessas equações podem ser encontrados nos comentários das equações das eficiências.

Primeiramente será apresentada a tabela 6 que exhibe os rebaixamentos medidos e os rebaixamentos teóricos. No cálculo desses últimos, para o poço 3IB-05-PE, foi considerada a vazão de 15 m³/h, a transmissividade de 5,27x10⁻⁵, o raio do poço de 0,155575 metros,

coeficiente de armazenamento médio para a bacia de 1,63x10⁻⁴ e eficiência de 36,77%. Para o cálculo dos rebaixamentos teóricos do poço 3IB-07-PE foi utilizada a vazão de 5 m³/h, a transmissividade de 2,37x10⁻⁵ e o raio do poço de 0,155575 metros. Foi considerado um coeficiente de armazenamento médio para a bacia de 1,63x10⁻⁴ e eficiência de 92,75%.

Tabela 2. Rebaixamentos medidos e os rebaixamentos teóricos.

3IB-05-PE			3IB-07-PE		
t (min)	S _{medidos}	S _{calculados}	t (min)	S _{medidos}	S _{calculados}
1	5,94	128,18	1	2,82	33,57
2	9,35	140,04	2	4,50	37,04
3	12,13	146,97	3	5,98	39,07
4	14,37	151,89	4	7,33	40,51
5	16,21	155,70	5	8,60	41,63
6	17,71	158,82	6	9,73	42,54
8	20,06	163,74	8	11,75	43,99
10	21,79	167,56	10	13,50	45,10
12	23,13	170,67	12	15,03	46,02
15	24,63	174,49	15	16,92	47,13
20	26,36	179,41	20	19,30	48,58
25	27,73	183,22	25	21,10	49,69
30	28,83	186,34	30	22,49	50,61
40	30,52	191,26	40	24,35	52,05
50	31,74	195,07	50	25,46	53,17
70	33,99	200,83	70	26,83	54,85
80	34,26	203,11	80	27,29	55,52

100	35,62	206,93	100	28,15	56,64
120	36,62	210,04	120	28,68	57,55
150	37,80	213,86	150	29,40	58,67
180	38,81	216,98	180	29,65	59,58
240	40,59	221,90	240	30,35	61,02
300	42,00	225,71	300	30,94	62,14
360	43,05	228,83	360	31,40	63,06
420	44,01	231,46	420	31,78	63,83
480	44,94	233,75	480	32,08	64,50
540	45,66	235,76	540	32,58	65,09
600	46,43	237,56	600	33,07	65,61
660	47,06	239,19	660	33,19	66,09
720	47,78	240,68	720	33,46	66,53
			780	33,72	66,93
			840	33,97	67,30
			900	33,94	67,65
			960	34,50	67,97
			1020	34,86	68,27
			1080	34,91	68,56

Com base nos dados da tabela 6 fica evidente a incoerência que consiste no fato de que os rebaixamentos teóricos não poderiam exceder os rebaixamentos medidos. Depois de várias tentativas utilizando as equações de Jacob e da eficiência para chegar aos rebaixamentos medidos foram encontrados os seguintes valores:

Para o poço 3IB-05-PE foram considerados os mesmos valores de transmissividade, vazão de bombeamento e raio do poço. Para o coeficiente de armazenamento foi utilizado o valor de 14% e eficiência de 90%. Apenas com esses valores foi possível construir o gráfico da figura 16, que exhibe os rebaixamentos medidos no teste de vazão contínua e os rebaixamentos calculados aqui. É preciso considerar que coeficientes de armazenamento altos como da ordem de 14% são muito elevados e não se adequam à realidade do sistema aquífero Tacaratu-Inajá. Além desse fato, a eficiência de 90% utilizada é extrema-

mente alta, também incompatível com os casos reais conhecidos.

Para o poço 3IB-07-PE foram considerados os mesmos valores de transmissividade, vazão de bombeamento e raio do poço. Foi utilizado um coeficiente de armazenamento de 10% e eficiência de 95%. Admitindo tais valores foi construído o gráfico da figura 17. Um coeficiente de armazenamento da ordem de 10% ainda é muito elevada. Soma-se a isso o uso de uma eficiência de 95%, que assim como no caso anterior, é incompatível com os casos reais conhecidos.

Os dados que permitem reproduzir as curvas rebaixamento *versus* tempo, dos ensaios de bombeamentos realizados nos poços de Passagem de Pedras, foram transmissividade calculada no poço de produção, o seu raio e a vazão de bombeamento. Por outro lado, a necessidade de utilizar coeficientes de armazenamento e eficiências incompatíveis indicam problemas construtivos dos poços.

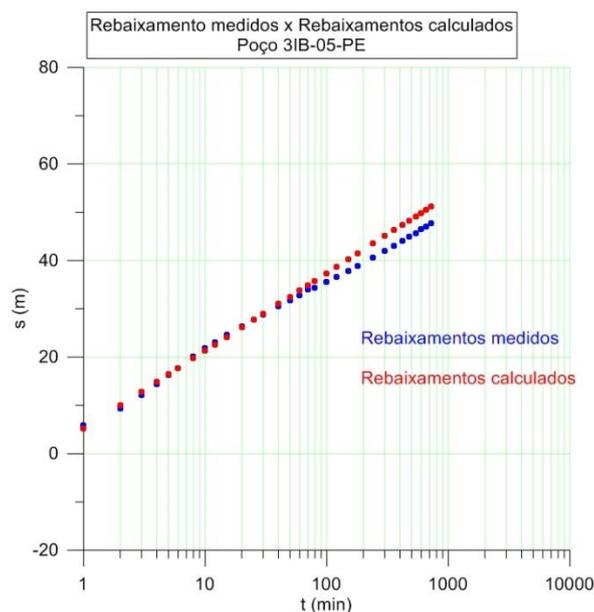


Figura 18 - Gráfico exibindo os rebaixamentos medidos no teste de aquífero e os rebaixamentos calculados. Poço 3IB-05-PE.

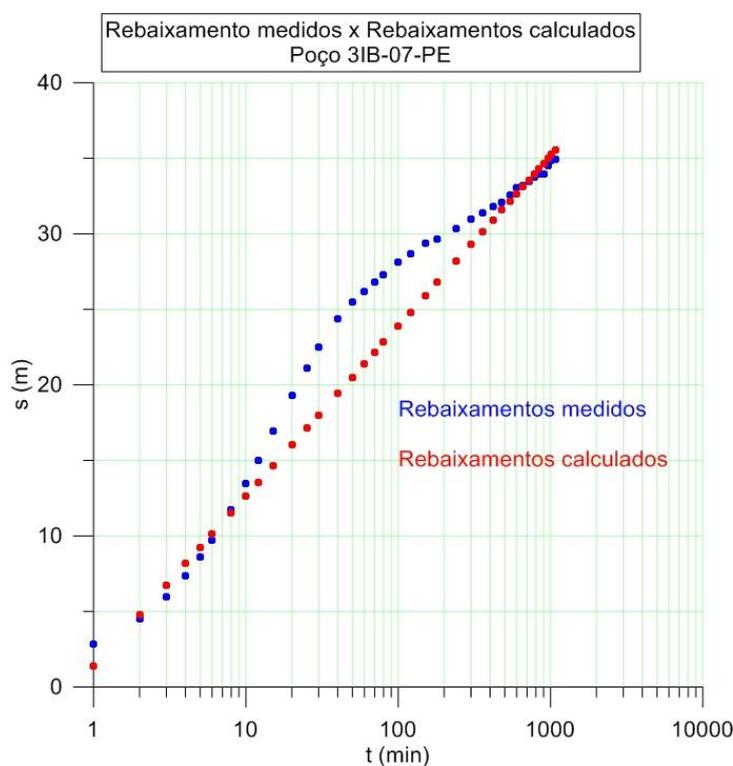


Figura 19 - Gráfico exibindo os rebaixamentos medidos no teste de aquífero e os rebaixamentos calculados. Poço 3IB-07-PE.

Diante do exposto até aqui e tendo em vista a importância do conceito da eficiência para o entendimento do comportamento dos poços de Passagem de Pedras, foram construídos gráficos para elucidar mais essa questão. O gráfico da

figura 20 exibe a influência da eficiência de um poço na forma da curva rebaixamento *versus* tempo de um ensaio de bombeamento de vazão contínua. Pode-se observar que quanto menores as eficiências maiores são as inclinações

das retas de ajuste e quanto maiores as inclinações menores serão transmissividades calculadas. Diante do exposto, considerando a baixa eficiência do poço 05 e o problema, como demonstrado, no cálculo dos rebaixamentos teóricos em ambos os poços, fica evidente que as

transmissividades calculadas certamente foram influenciadas pelos problemas construtivos nos poços.

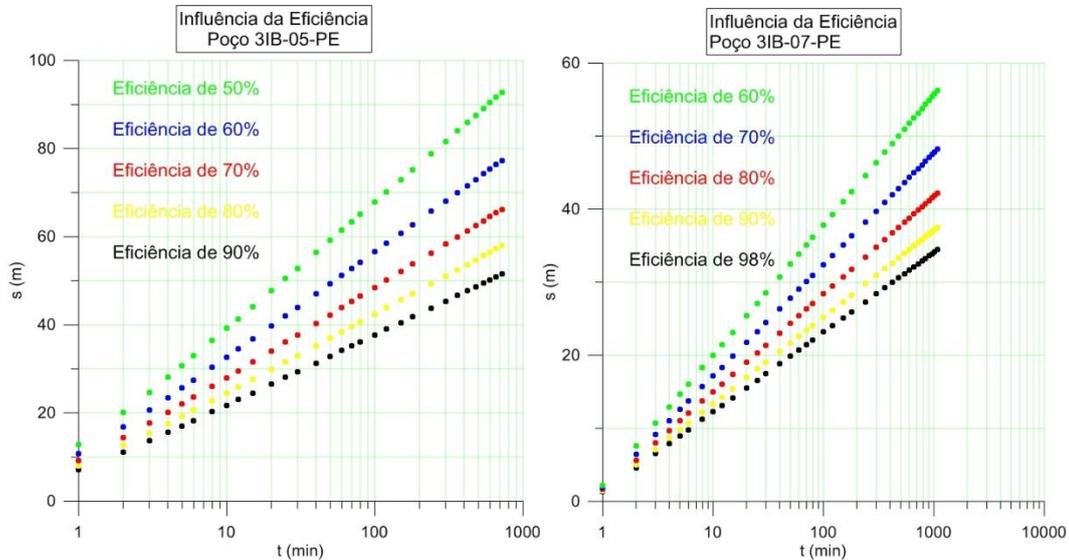


Figura 20 - Influência da eficiência de um poço na forma da curva rebaixamento versus tempo de um teste de vazão contínua. Poço 31B-05-PE e Poço 31B-07-PE.

Ainda acerca dos parâmetros hidrodinâmicos calculados nos poços de Passagem de Pedras, a condutividade hidráulica média é da ordem de 1×10^{-8} m/s. Este valor é considerado extremamente baixo, equivalente a condutividade hidráulica de sedimentos argilosos e não representa a realidade do sistema aquífero estudado aqui, que é essencialmente arenoso. Tal constatação é mais um elemento para corroborar que os cálculos dos parâmetros do aquífero a partir dos rebaixamentos medidos nos poços em questão não representam bem a realidade.

O hidrogeólogo João Manoel, em informação oral, relata uma situação ocorrida no município de Juazeiro do Norte-CE, no qual foi feita uma bateria de poços no contexto geológico da Bacia Sedimentar do Araripe. Cada poço de tal bateria possuía uma capacidade de produção da ordem de $80 \text{ m}^3/\text{h}$ e

apenas um desses poços apresentou uma vazão de produção de $5 \text{ m}^3/\text{h}$. Depois de uma extensa análise optou-se por um novo desenvolvimento do poço utilizando o método de jateamento. Depois desse procedimento este poço passou a produzir $75,0 \text{ m}^3/\text{h}$, semelhante aos demais. Este relato endossa a hipótese aqui levantada de que problemas construtivos podem acarretar na baixa eficiência do poço, reduzindo sua capacidade de produção.

A despeito de todas as evidências aqui apresentadas apenas a construção de poços de observação, para cada um dos poços de bombeamento, distando em média 20 metros, poderá esclarecer categoricamente a que se devem as baixas vazões e transmissividades calculadas.

CONCLUSÕES

No que tange especificamente aos poços de 3IB-05-PE e 3IB-07-PE, de Passagem de Pedras, foi constatado que, depois de diversas tentativas, apenas admitindo eficiências extremamente elevadas e coeficiente de armazenamento não condizentes com a realidade do sistema aquífero Tacaratu-Inajá é possível chegar aos rebaixamentos medidos nos ensaios de bombeamento. Evidências como essas apontam para problemas na construção desses poços que, como demonstrado, diminuem sensivelmente as eficiências dos poços, mascarando os parâmetros hidrodinâmicos reais do aquífero.

As diferentes formas das curvas rebaixamento *versus* tempo dos testes de vazão contínua podem também estar relacionadas com os distintos horizontes captados, haja vista a diferente localização dos filtros ao longo dos poços 3IB-05-PE e 3IB-07-PE.

As baixas condutividade hidráulica média da ordem de $1,0 \times 10^{-8}$ m/s calculada para os poços 3IB-05-PE e 3IB-07-PE não correspondem às sequências sedimentares das formações Tacaratu e Inajá. Tal constatação confirma que os cálculos dos parâmetros do aquífero, a partir dos rebaixamentos medidos nos poços em questão, não representam bem a realidade do aquífero estudado.

Recomenda-se a construção de um poço de observação para cada um dos poços 3IB-05-PE e 3IB-07-PE, distando em média 20 metros, para que novos dados de rebaixamento e tempo possam ser coletados, sem a influência das características dos poços produtores, e novas interpretações possam esclarecer, categoricamente, os motivos para as baixas vazões e transmissividades calculadas. Acrescenta-se ainda que com a existência de poços de observação o coeficiente de armazenamento também poderia ser obtido.

Apesar das conclusões desse trabalho indicar que a hipótese mais provável para os poços terem baixa produtividade seriam problemas construtivos, em momento algum é julgada a capacidade dos técnicos da CPRM, responsáveis pela construção dos poços. A CPRM quando atuava na construção de poços tinha uma equipe de técnicos, geólogos e engenheiros de minas, altamente qualificados, com curso de engenharia de perfuração e era sem dúvida uma das melhores empresas de construção de poços do Brasil. Problemas construtivos podem ocorrer alheios à vontade do construtor.

REFERÊNCIAS

- Braun, O.P.G. 1966. Estratigrafia dos Sedimentos da Parte Inferior da Região Nordeste do Brasil (Bacias do Tucano-Jatobá, Mirandiba e Araripe). Rio de Janeiro: DNPM/DGM, Boletim 236, 75 p.
- Brito Neves, B.B., Van Schmus, W.R., Santos, E.J., Neto, M., Kozuch, M., 1995. O evento Cariris Velhos na Província Borborema: integração de dados, implicações e perspectivas. Revista Brasileira de Geociências, v. 25, n. 4, p. 279-296.
- Costa, I.P.; Bueno, G.V.; Milhomem, P.S.; Silva, H.S.L. E; Kosin, M.D. 2007. Sub-bacia de Tucano Norte e Bacia de Jatobá. Boletim de Geociências da Petrobras, v. 15, n. 2, p. 445-453.
- Costa Filho, W. D.; Demétrio, J. G. A.; Feitosa, E. C.; Filho, J. M., 2008. Comportamento das bacias sedimentares da região semi-árida do Nordeste brasileiro. Hidrogeologia da Bacia do Jatobá: Sistema Aquífero Tacaratu/Inajá. Recife: UFPE/CPRM/FINEP.

- Diniz, J. A. O.; Morais, F.; Borba, A. L. S.; Troian, G. C., 2012. Relatório Diagnóstico Aquífero Tacaratu Bacia Sedimentar Jatobá. Recursos Hídricos Área: Recursos Hídricos Subterrâneos. Subárea: Levantamento de Recursos Hídricos Subterrâneos. Vol. 3. CPRM.
- Fambrini, G.L.; Neumann, V.H.M.L.; Lemos, D.R.; Araújo, J.T.; Lima-Filho, M.F.; Silva-Filho, W.F. 2010. Stratigraphy and sedimentology of the Rift Initiation to Rift Climax stages of the Araripe Basin, Northeastern Brazil: new considerations. In: International Sedimentological Congress, 18., 2010, Mendoza, Argentina, Abstracts Volume... Mendoza: IAS/PETROBRAS, 2010, p. 333. 1 CD-ROM.
- Fambrini, G.L.; Lemos, D.R.; Tesser Junior, S.; Araújo, J.T.; Silva-Filho, W.F.; Souza, B.Y.C.; Neumann, V.H.M.L. 2011. Estratigrafia, Arquitetura Depositional e Faciologia da Formação Missão Velha (Neojurássico-Eocretáceo) na Área-Tipo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: Exemplo de Sedimentação de Estágio de Início de Rife a Clímax de Rife. *Geologia USP, Série Científica*, v. 11, n. 2, p. 55-87.
- Feitosa, Fernando A. C., Manoel. Filho, João, Feotpsa, Edilton Carneiro., Demétrio, L. Geilson A., 2008 *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. 3º edição. rev. e ampl. Rio de Janeiro: CPRM: LABHID.
- Guzmán, J.; Fambrini, G L.; Oliveira, E. V.; Usma, C. D., 2015 *Estratigrafia da Bacia de Jatobá: Estado da Arte*. *Estudos Geológicos* v. 25 (1)
- Leite, J. F.; Pires, S. T. M.; Rocha, D. E. G. A., 1999. Estudo Hidrogeológico da Bacia do Jatobá – PE – Área Passagem de Pedras – CPRM – Série Hidrogeologia – Estudos e Projetos – Vol.4. Recife/PE.
- Leite, J. F.; Pires, S. T. M.; Rocha, D. E. G. A., 2001. Estudo Hidrogeológico da Bacia do Jatobá – PE – CPRM – Série Hidrogeologia – Estudos e Projetos – Vol.7. Recife/PE.
- Medeiros, W.E.; Nascimento, A.F.; Alves da Silva, F.C.; Destro, N.; Demétrio, J.G.A. 2010 Evidence of hydraulic connectivity across deformation bands from field pumping tests: Two examples from Tucano Basin, NE Brazil. *Journal of Structural Geology* 32 (2010) 1783–1791
- Melo, J. G., 1980. Estudo hidrogeológico da Bacia Sedimentar do Jatobá; recursos exploráveis e dispositivos de captação. Dissertação de Mestrado. Centro de Tecnologia, UFPE. Recife.
- Neumann, V.H.M.L.; Rocha, D.E.G.A. 2014. Stratigraphy of the Post-Rift Sequences of the Jatobá Basin, Northeastern Brazil. In: Rocha, R.; Pais, J.; Kullberg, J.C.; Finney, S. (Eds.). *Strati 2013*. Cham: Springer International Publishing, p. 553-557.
- Ponte, F. C.; Medeiros, R. A.; Ponte Filho, F. C., 1997. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe: Parte 1- Análise de sequências. In: *Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias interiores do Nordeste*, 2, Crato–Ceará. Atas. Crato; DNPM.
- Rocha, D.E.G.A. 2011. Caracterização do intervalo carbonático aptiano da Bacia do Jatobá, NE do Brasil. Tese de Doutorado em Geociências - Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 124 p.
- Rocha, D. E. G. A.; Leite, J. F. 1999. Estudo hidrogeológico da Bacia do Jatobá: Geologia. Recife,

PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS DO SISTEMA AQUIFERO ...

- CPRM. Série Hidrogeologia – Estudos e Projetos – Volume 2. SRHE., 2010. Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos de Pernambuco. Estudo hidrogeológico da bacia sedimentar do Jatobá: relatório final: texto / Secretaria de Recursos Hídricos. Recife: 2 v. (v. I, 351; v. II, 424 p.).
- Viana, C.F.; Gama Junior, E.G.; Simões, I.A.; Moura, J.A.; Fonseca, J.R.; Alves, R.J. 1971. Revisão estratigráfica da Bacia Recôncavo/Tucano. Boletim Técnico da Petrobras, v. 14, n. 3-4, p. 157-192.