

“INFLUÊNCIA DO PERFIL CONSTRUTIVO NA PRODUTIVIDADE DE POÇOS D'ÁGUA – UMA EXPERIÊNCIA DE CAMPO”

Claudio Luiz Rebello Vidal¹
Raimundo Beserra de Medeiros²

RESUMO

A produtividade alcançada por poços de água subterrânea é um importante parâmetro para análise na exploração dos aquíferos, pois pode acarretar custos adicionais no seu bombeamento. Um poço de boa produtividade produz água por um custo menor do que aqueles que tenham suas eficiências hidráulicas prejudicadas. Assim, poços devem ser projetados e construídos de modo a alcançar a sua máxima capacidade produtiva, procurando-se reduzir as perdas de cargas inerentes a estas obras de captação, através da minimização das resistências provocadas ao movimento da água, desde o aquífero até a bomba. No município de Arame, no Estado do Maranhão, foram construídos sete poços para abastecimento de áreas rurais. Os resultados de produção obtidos nos três primeiros poços mostraram que o perfil construtivo dos próximos deveria ser modificado, visando obter uma melhor eficiência. As principais alterações implantadas no projeto foram o aumento do diâmetro de perfuração e dos filtros, o aumento das ranhuras desses filtros e a utilização de envoltório de cascalho (pré-filtro) no anular poço-formação da seção filtrante. A melhoria de produtividade conseguida na captação deste últimos quatro poços é demonstrada pela correlação dos vários parâmetros construtivos das obras e pelo cálculo da eficiência hidráulica dos poços produtores.

I - INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo apresentar o aumento de produtividade alcançado em poços produtores de água subterrânea a partir das alterações implementadas no perfil construtivo dos poços perfurados anteriormente no município de Arame, no Estado do Maranhão.

Foram construídos 7 poços produtores na área do referido município, dentro do convênio celebrado entre o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA e a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM (Serviço Geológico do Brasil), visando atender às demandas hídricas das populações de áreas de assentamento na região.

A análise dos baixos resultados obtidos na produção dos 3 primeiros poços mostrou que deveriam ser introduzidas modificações no perfil construtivo dos outros poços de modo a se tentar assegurar uma melhor exploração do aquífero produtor, visando reduzir o custo de produção da água durante o seu bombeamento.

1) Doutorando em Hidrogeologia, CPRM, Rio de Janeiro, vidal@cprm.gov.br

2) Engenheiro de Perfuração, Shaft Consultoria, Rio de Janeiro, shatcon@ig.com.br

II – CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO

O município de Arame está localizado a aproximadamente 450 km ao sul da cidade de São Luís, no Maranhão, nas coordenadas 04° 50' 46" de latitude Sul e 45° 42' 58" de longitude Oeste, já dentro da Amazônia Legal, possuindo clima úmido com pluviometria alta.

Está assentado sobre as rochas da bacia sedimentar do Parnaíba depositadas entre o final do Jurássico e a parte inferior do Cretáceo. Durante a perfuração foram atravessadas as formações Itapecuru (clásticos de origem complexa) e Codó (lagunar com fases evaporíticas e ligações marinhas, breves) e parte da formação Corda (continental flúvio-eólica), as quais constituem uma seqüência de aquíferos sobrepostos.

A unidade hidrogeológica superior aflorante, o aquífero Itapecuru, classificado como do tipo livre, possui fraco potencial de armazenagem de água subterrânea. A formação Codó é definida como um aquífero confinado, devido a sua baixa permeabilidade. O aquífero Corda, constituído por espessos bancos de arenitos porosos e classificado como confinado, foi a primeira opção para captação de água subterrânea em quantidade satisfatória e de boa qualidade, em subsuperfície na região.

III – PERFIL E CONSTRUÇÃO DOS POÇOS PRODUTORES

Baseado em estudos hidrogeológicos preliminares da região, foi definido inicialmente que os poços produtores deveriam ser perfurados no diâmetro de 9 7/8", completados com filtros de 4" de diâmetro e abertura de 0,25 mm, sem envoltório de cascalho (pré-filtro) em torno da seção filtrante, e revestidos com tubos cegos de 6" de diâmetro da superfície até 5 metros abaixo do topo da formação produtora.

Os 3 primeiros poços, perfurados nas localidades de Divisa, Recantão e Lagoa Grande, no ano de 1995, foram perfurados com este primeiro perfil e atingiram profundidades que variaram de 403,00 até 545,00 metros.

Os resultados apresentados por estes poços nos testes de vazão (ver item III) e a necessidade de construção de mais 4 poços produtores na região, mostraram que modificações deveriam ser feitas no perfil construtivo de modo a assegurar uma maior quantidade de água ao menor custo possível e um melhor modelo de exploração do aquífero.

A partir da análise granulométrica das amostras de calha dos primeiros poços, foi definido que os novos poços deveriam ser perfurados no diâmetro de 12 1/4" e completados com filtros de 6" de diâmetro, com abertura de 0,75 mm, desde que o anular poço-formação da seção filtrante fosse preenchido por um cascalho constituído por grãos essencialmente de quartzo, arredondados, sem impurezas e selecionados na granulometria de 1 a 1,5 mm (ver figura).

Os poços perfurados nas localidades de Lagoa do Coco, Vila Planada, Alto Bonito e Chapada do Garoto, no ano de 1998, foram construídos com esse novo perfil e atingiram profundidades que variaram de 450,00 até 711,00 metros.

Convém ressaltar que na construção dos poços foram utilizados fluidos a base de bentonita para perfuração das formações Itapecuru e Codó e a base de polímeros para perfuração do aquífero Corda, com o objetivo de se obter um melhor rendimento da formação produtora.

Objetivando um melhor aproveitamento do rendimento dos poços, considerando a grande profundidade da superfície piezométrica dessa unidade hidrogeológica nessa região, sua capa-

cidade de armazenamento de água subterrânea e por tratar-se de aquífero tipo confinado de constituição heterogênea, todas as colunas de filtros descidas foram divididas em seções, objetivando-se maximizar o aproveitamento da água disponível nos intervalos saturados.

A operação de descida da coluna de revestimento obedeceu a cuidados operacionais especiais, tais como: colocação de centralizadores, de modo a evitar deformações na sua verticalidade; soldagem das conexões, objetivando evitar rupturas do material que pudesse comprometer à sua finalidade, ficando as mesmas perfeitamente estanques; e obturação da extremidade inferior da coluna para composição do satélite.

A colocação dos envoltórios de cascalho foi feita sempre através de contra-fluxo, com a viscosidade do fluido, no início desses trabalhos, controlada em 33 segundos Marsh, diminuindo gradativamente até final, com predominância quase absoluta de água ao final da operação.

Visando a fixação do revestimento à parede do poço de modo a estabilizá-lo permanentemente e a percolação de águas poluídas da superfície para o aquífero produtor, em todos as obras foram executadas operações de cimentação do espaço anular poço-formação, da superfície até aos 50,00 metros de profundidade.

Quando da conclusão dos trabalhos de completação, tiveram início as operações de limpeza dos poços, realizadas em 3 etapas. A primeira etapa consistia na substituição de todo o fluido de perfuração existente nos poços por água limpa. Na etapa intermediária era feito o jateamento das paredes dos poços em frente ao intervalo telado, objetivando à remoção do fluido incrustado na formação e nos filtros, de modo a diminuir os danos causados à formação durante pela perfuração, como: compactação e colmatação, proporcionando uma maior liberação do fluxo natural da água fornecida pelo aquífero. A terceira etapa, consistia no bombeamento da água dos poços, pelo método de "air lift", finalizada somente quando a água produzida apresentava-se limpa, sem vestígios de areia.

Em todos os poços perfurados foram executados testes de vazão para determinação das suas capacidades produtivas, para que fosse dimensionado o sistema de bombeio de cada um. Os parâmetros, medidos no próprio poço, foram os níveis estático e dinâmico da água subterrânea e a vazão alcançada, para um bombeamento contínuo de 12 horas. A partir dos dados obtidos no campo, foi calculada a capacidade específica de cada poço produtor.

É importante informar que a perfuração em todos os poços foi executada pelo método rotativo e deveria ser concluída normalmente sempre que fossem atravessados aproximadamente 100 metros de arenitos da formação Corda.

III – PRODUTIVIDADE DOS POÇOS D'ÁGUA

Ao término dos trabalhos de perfuração e desenvolvimento de cada poço, foi realizado um teste de bombeamento visando definir o volume de água que poderia ser explotado por cada um deles e quais os equipamentos necessários a essa produção.

Devido as condições contratuais, o tempo máximo disponível para execução de todo o teste era de 24 horas, incluindo-se o bombeamento e a recuperação dos níveis d'água. As medições dos níveis alcançados durante o teste foram efetuadas no próprio poço, haja vista a falta de outros poços nas proximidades de cada locação que pudessem servir como ponto de observação. Por isso, não foi possível realizar um teste de produção mais complexo que permitisse avaliar as características hidráulicas e hidrodinâmicas do aquífero Corda e sua real capacidade produtiva.

A metodologia utilizada para a execução dos testes foi o bombeamento contínuo do poço por um período de 12 horas, na vazão máxima alcançada e a medição da evolução do rebaixamento do nível d'água no poço a determinados intervalos de tempo. Os resultados obtidos nos testes estão resumidos no quadro I abaixo.

| Parâmetros | Localidade | | | | | | |
|---|------------|----------|--------------|---------------|--------------|-------------|-------------------|
| | Divisa | Recantão | Lagoa Grande | Lagoa do Coco | Vila Planada | Alto Bonito | Chapada do Garoto |
| Nível Estático (m) | 65,00 | 24,00 | 65,45 | 60,00 | 191,50 | 154,00 | 236,80 |
| Nível Dinâmico (m) | 92,40 | 113,00 | 133,35 | 76,85 | 201,00 | 164,30 | 241,30 |
| Rebaixamento (m) | 27,40 | 89,00 | 67,90 | 16,85 | 9,50 | 10,30 | 4,50 |
| Vazão (m ³ /h) | 20,00 | 6,00 | 13,00 | 65,00 | 12,00 | 26,40 | 19,80 |
| Capacidade Específica (m ³ /h/m) | 0,73 | 0,07 | 0,19 | 3,86 | 1,26 | 2,52 | 4,40 |

QUADRO I – Resultados obtidos na construção de poços produtores no município de Arame.

Conforme informado anteriormente, os poços construídos na primeira fase do projeto apresentaram baixos índices de produtividade para a potencialidade esperada para o aquífero da região. Observando-se os resultados, verifica-se que os valores de rebaixamento do nível d'água variaram de um mínimo de 27,40 metros a um máximo de 89,00 metros, com as vazões apresentando valores entre 6,00 m³/h e 20,00 m³/h. Com isto, as capacidades específicas destes poços, que variaram entre 0,07 e 0,73 m³/h/m, foram consideradas insatisfatórias para as características da formação produtora.

As obras executadas dentro da segunda etapa dos trabalhos e construídas de acordo com o novo perfil proposto para os poços, apresentaram bastante satisfatórios em relação aos alcançados na primeira fase e principalmente considerando a mudança de topografia encontrada nas novas localidades. Os poços das localidades de Vila Planada, Alto Bonito e Chapada do Garoto foram perfurados em cima de chapadas e por isso os níveis estáticos ficaram mais profundos.

Nesta fase, os valores medidos para os rebaixamentos do nível d'água variaram de 4,50 metros a 16,85 metros e para as vazões entre 12,00 m³/h e 65,00 m³/h, fazendo com que os valores para as capacidades específicas variassem de um mínimo de 1,26 m³/h/m até o máximo de 4,40 m³/h/m.

Ao se comparar de modo simplificado os valores médios obtidos para a capacidade dos poços nas duas fases do projeto, verifica-se que a mesma foi implementada por um fator próximo de dez, que pode ser considerado bastante satisfatório para as condições encontradas.

Concluindo, não é possível afirmar, devido a não realização de um teste de produção mais preciso, se os resultados alcançados na segunda etapa dos trabalhos representam a capacidade produtiva ótima para o referido aquífero, porém acredita-se que estejam bem próximas desse valor.

IV – AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

De modo a se avaliar a importância do perfil construtivo na produtividade alcançada com a perfuração de um poço para água subterrânea, foi feita a correlação dos principais

parâmetros utilizados na construção dos 7 poços produtores na região do município de Arame com os resultados obtidos pelas referidas obras (quadro II).

| Parâmetros | Localidade | | | | | | |
|---|------------|----------|--------------|---------------|--------------|-------------|-------------------|
| | Divisa | Recantão | Lagoa Grande | Lagoa do Coco | Vila Planada | Alto Bonito | Chapada do Garoto |
| Cota da boca do poço (m) | 145,00 | 125,00 | 145,00 | 92,00 | 210,00 | 205,00 | 265,00 |
| Profundidade final (m) | 501,00 | 403,00 | 545,00 | 450,00 | 606,00 | 576,00 | 711,00 |
| Diâmetro de perfuração do arenito (pol) | 9 7/8 | 9 7/8 | 9 7/8 | 12 1/4 | 12 1/4 | 12 1/4 | 12 1/4 |
| Espessura perfurada do arenito (m) | 91,00 | 83,00 | 225,00 | 129,00 | 114,00 | 84,00 | 108,00 |
| Diâmetro dos filtros (pol) | 4 | 4 | 4 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Comprimentos dos filtros (m) | 54,00 | 50,30 | 61,06 | 60,00 | 59,40 | 66,00 | 60,00 |
| Abertura das ranhuras (mm) | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| Uso de pré-filtro | não | não | não | sim | sim | sim | sim |

QUADRO II – Parâmetros utilizados na construção dos poços produtores

O primeiro parâmetro modificado a se analisar no aumento da capacidade específica dos poços produtores foi o aumento do diâmetro de perfuração de 9 7/8" para 12 1/4", pois representou uma maior área aberta para o fluxo da água subterrânea, permitindo também uma maior velocidade de entrada desse fluxo para o poço, o aumento do diâmetro dos filtros a serem utilizados e o uso do envoltório de cascalho. Segundo Manoel F^o (1997), a vazão de um poço depende quase que unicamente do seu diâmetro e a magnitude dessa dependência pode ser verificada na tabela I.

| | | | | | |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Diâmetro de Perfuração (pol) | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 |
| Coefficiente de Aumento | 1,000 | 1,107 | 1,181 | 1,240 | 1,289 |

TABELA I – Coeficiente de aumento de vazão de um poço com o diâmetro de perfuração Manoel F^o (1997), modificado de Driscoll (1987)

Outro importante parâmetro que deve ser considerado nessa avaliação foi o aumento do diâmetro dos filtros, de 4" para 6", cuja decisão foi influenciada pela perspectiva das novas vazões que se pretendia bombear e da definição das novas dimensões das ranhuras a serem utilizadas. Assim, foi decidido o aumento do diâmetro, objetivando-se permitir uma velocidade de entrada d'água para os novos poços maiores do que as dos primeiros, de modo a diminuir as perdas turbulentas que ocorrem na entrada dos filtros, haja visto que os coeficientes dessas perdas dependem de vários fatores dentre os quais o diâmetro do próprio filtro.

O terceiro parâmetro que deve ter influenciado no aumento da capacidade produtiva dos poços foi o aumento das ranhuras dos filtros, que passaram de 0,25mm para 0,75mm. Esta decisão objetivava também a diminuição das perdas turbulentas na entrada dos filtros, pois o percentual de área aberta ao fluxo do mesmo também é um fator que influencia diretamente no coeficiente dessas perdas. As novas ranhuras foram definidas considerando a retenção que deveriam proporcionar ao pré-filtro que seria utilizado nos novos poços.

O uso de envoltório de cascalho na construção das novas obras também foi um fator importante na produtividade alcançada pelos poços. A sua utilização teve por finalidade esta-

bilizar as areias muito finas e selecionadas da formação Corda e permitir o aumento das ranhuras dos filtros o que gerou um maior percentual de área aberta ao fluxo de água para o poço.

Antes da completação do primeiro poço da segunda série foi realizada a análise granulométrica dos sedimentos perfurados, que demonstrou que nesse caso o diâmetro do pré-filtro a ser utilizado deveria variar entre 0,70mm e 1,00mm. Como os cascalhos existentes na região não atendiam a esta exigência, os mesmos foram peneirados de modo a que ficassem com os seus grãos dentro da granulometria desejada e isento de impurezas.

De modo a complementar a análise dos parâmetros que contribuíram para o aumento da capacidade específica dos novos poços produtores, deve-se considerar que não apenas as quatro modificações implementadas no perfil construtivo dos mesmos possibilitaram esse resultado. É importante considerar também um quinto parâmetro que deve ter contribuído para a produtividade alcançada, o qual não está relacionado com as alterações do perfil, mas sim aos resultados operacionais conseguidos durante a construção das últimas quatro obras.

A partir das dificuldades enfrentadas nas 3 primeiras áreas de trabalho, tais como acesso as bases de operações, disponibilidade de água para abastecimento dos canteiros de obras, compra e reposição de peças e materiais, etc. e dos problemas encontrados durante a perfuração dos primeiros poços, constatou-se que para a construção dos outros 4 mudanças deveriam ser implementadas na parte da logística do projeto e que deveria ser utilizado um programa hidráulico mais consistente e brocas mais adequadas as formações encontradas na região.

Com essas mudanças, conseguiu-se uma redução no prazo de execução obras, principalmente no tempo total gasto para se perfurar, completar e desenvolver o arenito produtor (quadro III).

| Localidade | Divisa | Recantão | Lagoa Grande | Lagoa do Coco | Vila Planada | Alto Bonito | Chapada do Garoto |
|--------------|--------|----------|--------------|---------------|--------------|-------------|-------------------|
| Tempo (dias) | 18 | 28 | 75 | 21 | 36 | 20 | 08 |

QUADRO III – Tempo gasto para perfurar, completar e desenvolver o arenito produtor

Segundo Macedo de França (1997), os procedimentos utilizados durante a perfuração de um poço produtor de água subterrânea, quando danos são causados ao aquífero, quase sempre provocados pelo fluido de perfuração, criam resistências indesejáveis ao escoamento da água do aquífero para o poço, implicando em maiores custos para a sua produção.

Assim sendo, ao se reduzir o tempo de construção das obras, conseguiu-se também reduzir o tempo de exposição do arenito produtor ao fluido de perfuração, diminuindo-se consequentemente o dano causado a formação e a criação de resistências ao fluxo da água do aquífero para o poço. Este fato também deve ter contribuído para a melhoria das capacidades obtidas na construção dos últimos poços.

VI – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir da análise dos parâmetros envolvidos na perfuração de poços produtores de água subterrânea numa mesma região, conclui-se que a produtividade alcançada é consequência de uma série de fatores envolvidos na construção das obras, desde a fase de definição do

perfil construtivo dos poços até a conclusão dos trabalhos de campo, incluindo-se nesta a etapa de planejamento das operações a serem desenvolvidas durante a sua execução.

Conclui-se assim que melhores resultados para a capacidade específica de produção dos poços podem ser alcançados quando se efetua uma avaliação criteriosa dos parâmetros e resultados obtidos em obras anteriores na mesma área, considerando a potencialidade do aquífero produtor e a quantidade de água que se deseja bombear.

Também conclui-se que fatores como abertura da ranhura dos filtros, utilização de envoltório de cascalho e extensão atravessada do arenito são importantíssimas para que os poços apresentem boa produtividade, mas que parâmetros como diâmetro de perfuração e dos filtros também tem seu valor nos resultados finais dessas obras de captação.

Ainda pode-se concluir que o planejamento para construção de poços, sua logística, o uso de brocas adequadas as formações a serem atravessadas e o programa hidráulico para a perfuração também contribuem para o que a capacidade produtiva de um aquífero seja otimizada.

Com base nessas conclusões, recomenda-se que antes de se perfurar um poço numa região que se faça o levantamento e a análise dos parâmetros utilizados e das condições encontradas na construção de poços existentes na área. A análise criteriosa desses dados associada a quantidade hídrica desejada deve definir o perfil do poço a ser perfurado.

É recomendável então que para que um poço atinja todos os objetivos para o qual foi planejado que o mesmo seja perfurado considerando-se todos os parâmetros envolvidos na sua execução, desde a definição do perfil construtivo até a sua completação e correto desenvolvimento.

Finalizando, recomenda-se que sempre que possível sejam executados teste de aquífero na formação produtora de modo a se determinar suas características hidráulicas e hidrodinâmicas, fato que permitirá no futuro a construção de poços que possam explorar toda a sua potencialidade.

BIBLIOGRAFIA

- Campbell, M.D. & J.H. Lehr. 1973. *Water Well Technology*. McGraw-Hill, New York, USA. 681 pp.
- Custódio, E & A. Gurguí (editors). 1989. *Groundwater Economics*. Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands. 625 pp.
- Fetter, C.W. 1994. *Applied Hydrogeology*. 3rd ed. Prentice-Hall, New York, USA. 691 pp.
- Macedo de França, H.P. 1997. *Hidrogeologia, cap. 12: Eficiência Hidráulica de Poços*. CPRM, LABID-UFPE, Fortaleza, Brasil. 412 pp.
- Manoel F^o, J. M. 1997. *Hidrogeologia, cap. 7: Projeto e Construção de Poços*. CPRM, LABID-UFPE, Fortaleza, Brasil. 412 pp.
- Soares F^o, A. R. 1998. *Relatórios Finais do Projeto Incra*. CPRM, Teresina, Brasil. 168 pp.
- Vidal, C.L.R. e R.B. de Medeiros. 1996. *A Importância da Análise Econômica na Perfuração de Poços*. Anais do 9º Congresso Brasileiro de Águas Subterrânea. ABAS, Salvador, Brasil. pp.