

TESTES DE BOMBEAMENTO OBJETIVANDO O APROVEITAMENTO DE ÁGUAS MINERAIS EM MEIO POROSO

Alípio Agra Lima¹

José Augusto Vieira Filho²

Florísio Tabosa dos Anjos³

Marcos Antônio de Holanda Tavares⁴

1. RESUMO

A partir de trabalhos executados por técnicos do 4º Distrito do Departamento Nacional de Produção Mineral – D.N.P.M., ao longo dos últimos sete anos, foram estabelecidos procedimentos para a execução de testes de bombeamento em poços tubulares destinados ao aproveitamento das águas minerais em meio poroso.

Qualquer Teste de Aquífero ou de Produção (do tipo Escalonado, Sucessivo ou Contínuo) não poderá ter duração inferior a 30 horas. Deverá ser acompanhado por técnico do DNPM, utilizar-se de equipamento que possibilite manter a vazão rigorosamente constante durante todo o teste, erro máximo de 4% e realizar-se em condições de equilíbrio hidrodinâmico na área do poço.

São sugeridos vários tipos de teste, possibilitando, quando adequadamente executados, determinar a Equação de Funcionamento do Poço para diferentes tempos de bombeamento, a Capacidade de Produção do Poço, dimensionamento do equipamento de bombeio, regime de bombeamento e posicionamento do crivo da bomba.

2. CONDIÇÕES DE REALIZAÇÃO

1.1. A Portaria Nº 222, de 28 de julho de 1997 (D.O.U. de 08/08/1997), do Departamento Nacional de Produção Mineral – D.N.P.M./M.M.E., no seu item 4.2.6, institui, de uma forma genérica, procedimentos para a execução de ensaios de bombeamento, quais sejam:

° Concluída a construção do poço, deve-se proceder pelo menos ao teste de produção, por ocasião dos trabalhos de pesquisa, ou, a critério do D.N.P.M., com acompanhamento de um técnico daquele órgão.

Para o acompanhamento do teste, deve o interessado formalizar seu pedido dirigido ao chefe da unidade regional do D.N.P.M. onde o poço esteja localizado, anexando respectivamente seu perfil construtivo e litológico, juntamente com as características da bomba instalada para o teste (marca, modelo, potência, curva característica – altura manométrica *versus* vazão),

1) Engenheiro de Minas do Departamento Nacional de Produção Mineral – 4o Distrito/PE

2) Geólogo do Departamento Nacional de Produção Mineral – 4o Distrito/PE

3) Geólogo do Departamento Nacional de Produção Mineral – 4o Distrito/PE

4) Engenheiro de Minas do Departamento Nacional de Produção Mineral – 4o Distrito/PE

posição do crivo e dados, se houver, de qualquer tipo de teste anteriormente realizado. Em seguida, após apazada a data, contatar com técnico(os) do D.N.P.M., para discutir sobre o seu planejamento.

A **preparação** para a execução do teste de bombeamento requer os seguintes pré requisitos:

I. O(s) poço(s) a ser (em) monitorado(s) deve(m) estar desenvolvido(s) e ausente(s) de solução clorada ou qualquer substância que possa interferir no sinal captado pelo eletrodo do medidor de nível.

II. O(s) poço(s) a ser(em) monitorado(s) deve(m) possuir(em) tubulação auxiliar, com diâmetro de $\frac{1}{2}$ " ou $\frac{3}{4}$ ", e atingir uma profundidade próxima da bomba.

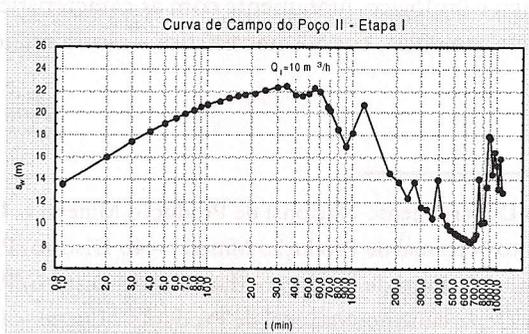
III. Antes do teste, deve-se, sempre, aferir o medidor de nível, ao menos até à profundidade máxima prevista.

IV. Em áreas com mais de um poço, independente do tipo de teste, seja de Produção ou de Aquífero, deve-se monitorar o maior número possível de poços durante o teste. Os poços não observados deverão permanecer em repouso até o final do monitoramento da recuperação do nível estático.

V. Lançamento da água longe do poço bombeado. A água proveniente do teste de bombeamento deve ser lançada, por meio de tubulações ou calhas, longe do poço bombeado, pelo menos uns 100 (cem) metros. Dependendo da declividade e da litologia da superfície, este valor será bem maior.

O **Teste de Produção** a ser executado pode ser do tipo Escalonado, Sucessivo ou Contínuo. Em todos os casos, é muito importante que sejam verificadas as condições de equilíbrio hidrodinâmico da área: o(s) poço(s) deve(m) ser mantido(s) em repouso por um período contínuo de 24 (vinte e quatro) horas e durante este intervalo monitorado(s). Dependendo da situação, numa área bastante perturbada por influência de bombeamentos, a execução de um Teste Escalonado ou Sucessivo pode se tornar impraticável, mesmo com etapas curtas. A figura abaixo é um exemplo típico de um teste de bombeamento, com vazão mantida rigorosamente constante, realizado em outubro de 1999, na região do Jordão de Baixo no município de Jaboatão dos Guararapes – Recife – PE. A amplitude flagrada nos rebaixamentos, da ordem de 14 metros, é provocada pela interferência de poços vizinhos.

Caso não se tenha nenhuma informação sobre a realização de testes anteriores, ou os dados disponíveis não sejam confiáveis, deve-se proceder um pré teste de curta duração (de uma a três horas). Este pré teste, se bem programado e executado, poderá ter duas finalidades importantes: ser utilizado como uma etapa no Teste Escalonado ou Sucessivo (isto pode ocorrer quando se programa iniciar o pré teste com uma vazão próxima do limite máximo da bomba instalada); a outra finalidade é a de se obter dados suficientes para, pelo menos, programar com segurança o Teste Escalonado ou Sucessivo.



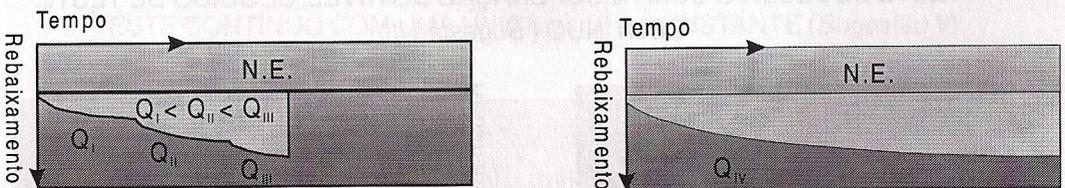
Após a realização do Teste Escalonado ou Sucessivo, pode-se definir a capacidade de produção do poço, projetando vários alcances de bombeamento, permitindo facilmente se estabelecer as condições do Teste Contínuo (uma única etapa com vazão constante). Evidentemente, a realização do Teste Contínuo somente deverá ocorrer após a satisfatória recuperação do nível estático.

Estabelecendo-se esta ordem, inicialmente executando-se o Teste Escalonado ou Sucessivo e posteriormente o Teste Contínuo, tem-se duas vantagens: um planejamento confiável para a execução do Teste Contínuo, assegurando uma vazão máxima **constante**, durante todo o teste, compatível com a capacidade da bomba instalada e com o posicionamento do crivo; a segunda vantagem é o tempo de espera entre o final do Teste Escalonado ou Sucessivo e o início do Teste Contínuo, quando se deve aguardar a recuperação satisfatória do nível estático. Seguindo-se esta ordem (Escalonado ou Sucessivo e depois o Contínuo), o tempo torna-se significativamente menor, do que quando a ordem é inversa.

É recomendável que o Teste de Produção, do tipo Escalonado ou Sucessivo, tenha uma duração total máxima de 5 (cinco) horas, seguida da recuperação satisfatória do nível estático e, posteriormente, a execução do Teste Contínuo, com duração de 25 (vinte e cinco) horas.

Definidas as vazões para a realização do teste Escalonado ou Sucessivo, por meio de pré teste específico ou dados de bombeamento anterior, as seguintes opções são sugeridas:

TESTE ESCALONADO SEGUIDO DE TESTE CONTÍNUO (*Sugestão I*)

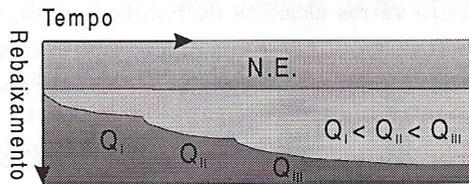


Sugestão I – Realizar um teste escalonado sem estabilização de nível, com três ou quatro vazões e duração total de 3 à 7 horas. Após a recuperação satisfatória do nível estático, procede-se ao Teste Contínuo com vazão constante e duração mínima de 24 (vinte e quatro) horas. Esta vazão poderá ser maior, igual ou até menor (raro) que as vazões do Teste Escalonado.

Vantagens – Permite projetar com segurança a vazão do Teste Contínuo *versus* rebaixamento a ser alcançado. Pode-se comparar os rebaixamentos calculados com os rebaixamentos observados no Teste Contínuo.

Desvantagens – Entre a realização do Teste Escalonado e o Teste Contínuo, faz-se necessário que haja uma espera pela recuperação satisfatória do nível estático. Para calcular os rebaixamentos a partir do segundo escalão, há necessidade de se fazer uma correção em função dos efeitos da superposição dos escoamentos produzidos pelas vazões anteriores – Princípio da Continuidade. Em função destas correções dos rebaixamentos serem calculadas por meio de projeções, esta metodologia torna-se menos precisa do que nos casos dos Testes Sucessivos.

TESTE ESCALONADO (*Sugestão II*)

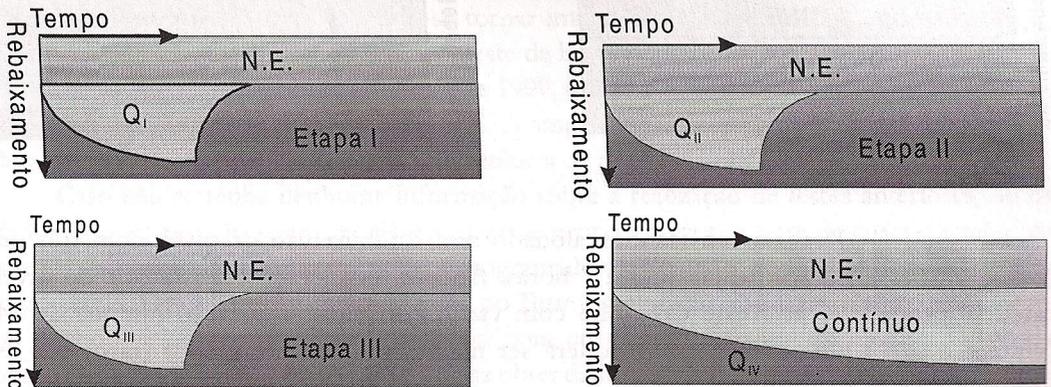


Sugestão II – Realizar um Teste Escalonado, sem estabilização do nível, com no mínimo 3 (três) vazões. Dependendo da situação, os escalões I e II podem ter duração, cada, de 1 (uma) hora e o escalão III ou IV, com duração complementar para 30 (trinta) horas.

Vantagem – Como não há espera entre o Teste Escalonado e o Teste Contínuo, tem-se um menor tempo total comparado a todas as sugestões aqui apresentadas.

Desvantagens – Pode ocorrer não ser possível manter constante a vazão por toda a etapa do último escalão, em função da capacidade da bomba ou limite de profundidade do crivo. Não se pode comparar os rebaixamentos calculados com os rebaixamentos observados no Teste Contínuo. Para calcular os rebaixamentos a partir do segundo escalão, há necessidade de se fazer uma correção, em função dos efeitos da superposição dos escoamentos produzidos pelas vazões anteriores – Princípio da Continuidade. Em função destas correções dos rebaixamentos serem calculadas por meio de projeções, esta metodologia torna-se menos precisa do que nos casos dos Testes Sucessivos.

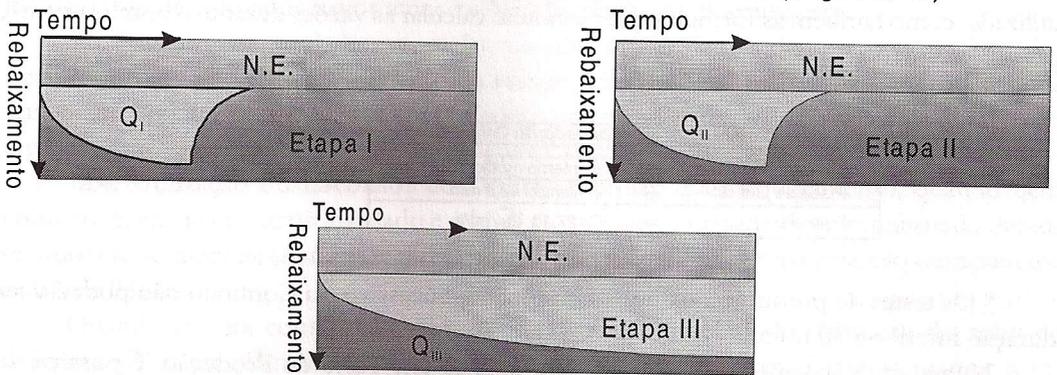
TESTE SUCESSIVO COM RECUPERAÇÃO DO NÍVEL, SEGUIDO DE TESTE CONTÍNUO (*Sugestão III*)



Sugestão III – Realizar um Teste Sucessivo com recuperação satisfatória do nível estático, no mínimo com três etapas. Cada etapa com duração mínima de 1 hora. A espera entre as etapas é função da recuperação total ou quase total do nível estático. O Teste Contínuo com vazão constante poderá ter uma duração de até 27 (vinte e sete) horas.

Vantagens – Entre as sugestões aqui apontadas é a que apresenta a maior precisão. Permite projetar com segurança a vazão do Teste Contínuo *versus* rebaixamento a ser alcançado. Além de poder comparar os rebaixamentos calculados com os rebaixamentos observados no Teste Contínuo.

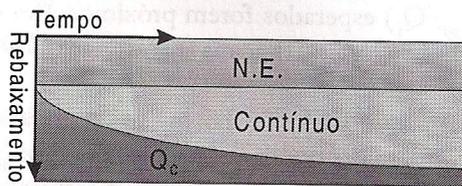
Desvantagem – É o procedimento que exige o maior tempo: Além do tempo entre a realização do Teste Sucessivo e do Teste Contínuo, há necessidade da espera entre as etapas do Teste Sucessivo.

TESTE SUCESSIVO COM RECUPERAÇÃO DO NÍVEL (*Sugestão IV*)

Sugestão IV – Teste Sucessivo com apenas 3 (três) etapas. As duas primeiras etapas podem ter duração, cada, de uma hora. A última etapa (Contínuo) complementa as 30 (trinta) horas e obrigatoriamente $Q_{III} > Q_{II}$.

Vantagens – É mais preciso do que os Testes Escalonados e necessita de menor tempo do que a sugestão III.

Desvantagens – Exige um tempo maior do que as sugestões I e II acima referidas. Como na sugestão II, também corre-se o risco de não se poder manter constante a vazão por toda a última etapa. Não permite comparar os rebaixamentos calculados com os rebaixamentos observados no Teste Contínuo.

TESTE CONTÍNUO COM UMA ÚNICA VAZÃO CONSTANTE (*Sugestão V*)

Sugestão V – Realizar um teste contínuo com uma vazão constante e duração de 30 (trinta) horas. Isto pode ocorrer em poços com pequena profundidade e baixa vazão (na faixa de 1 a 4 m³/h) ou quando a área apresenta significativa instabilidade hidrodinâmica (intensos bombeamentos) em poços vizinhos.

Vantagens – A duração (tempo) é semelhante à da sugestão II e inferior aos das demais. Permite se observar por mais tempo o comportamento do aquífero nas imediações do poço.

Desvantagem – Torna-se difícil avaliar com precisão a capacidade de produção do poço. Há o risco de não ser possível manter constante a vazão de bombeamento ao longo do teste.

° Qualquer teste, de Aquífero ou de Produção, deverá ser realizado com aparelho que permita manter a vazão constante durante todo o teste e com erro máximo de 4%.

Para se obter com segurança os parâmetros hidrodinâmicos do aquífero nas imediações do poço, a vazão do teste deverá ser mantida constante. Isto é uma Hipótese de Base para qualquer método utilizado (Theis, Jacob, Hantush, etc.).

Neste caso, para se obter a precisão exigida, faz-se necessária a utilização de equipamentos do tipo Escodador de Orifício Circular, Vertedor, Tubos de Pitot, Venturi, etc.

Deve-se, portanto, apresentar ao DNPM as características construtivas do equipamento utilizado, como também as fórmulas que permitem calcular as vazões durante o bombeamento, por exemplo:

Equipamento	⇒	Escoador de Orifício Circular
Tubo de Descarga	⇒	φ Interno médio 101,5 mm
Placa de Orifício	⇒	φ Central 42,0 mm
Fórmula	⇒	$Q=27,10 \sqrt{h} \text{ m}^3/\text{h}$

° Os testes de produção dos tipos Escalonado, Sucessivo ou Contínuo não poderão ter duração inferior a 30 horas.

Numa situação em que será executado apenas um Teste de Produção, é possível se determinar a Equação Característica de Funcionamento do Poço, sua capacidade de produção (vazão máxima permissível, vazão máxima possível e vazão recomendável) e, em certos casos, os parâmetros hidrodinâmicos do aquífero (T e K) nas imediações do poço, como também verificar-se o comportamento do cone de depressão quanto à presença de fronteiras hidráulicas, drenança e interferências entre cones de rebaixamento.

Para isto, o Teste de Produção dos tipos Escalonado ou Sucessivo e/ou de Aquífero, deverá possuir uma etapa Contínua com vazão constante, no mínimo com duração de 25 (vinte e cinco) horas.

Sob a ótica estritamente técnica, onde se pretenda obter uma melhor precisão, recomenda-se, após a determinação de três ou quatro vazões, que seja executado um teste do tipo Sucessivo. Neste caso, atenção especial deve ser dada para o intervalo entre as etapas, quando o nível estático deverá estar quase que totalmente recuperado, principalmente quando os rebaixamentos específicos (s_{wi}/Q_i) esperados forem próximos. Em seguida, procede-se a execução do Teste Contínuo. É a sugestão III acima mencionada.

O regime de fluxo estacionário deve ficar bem caracterizado – após indícios de estabilização, mantida a vazão rigorosamente constante, prosseguir com o monitoramento dos rebaixamentos por mais cinco horas seguidas. Nos casos de Aquíferos Livres, este tempo poderá ser maior. Constatada a estabilização do nível dinâmico, o teste pode ser suspenso, partindo-se para o monitoramento da recuperação do nível estático.

2.2. As medidas de nível d'água no poço, durante o teste de bombeamento, devem ser efetuadas nas seguintes frequências de tempo, a partir do início do teste:

Tempo (min)	Intervalo (min)
0 – 10	1
10 – 20	2
20 – 60	5
60 – 100	10
100 – 180	20
A partir de 180	30

Um teste de bombeamento, em que os níveis dinâmicos são flagrados com intervalos de 30 (trinta) em 30 (trinta) minutos a partir do instante 180 (cento e oitenta) minutos, apresenta

duas vantagens: têm-se mais dados para formar a Curva de Campo ($s_w \times t$) e, conseqüentemente, exige do operador maior atenção. Não há nenhuma desvantagem.

2.3. Monitoramento da Recuperação: Concluído o Teste Contínuo ou a etapa de maior duração, procede-se o monitoramento da recuperação do nível estático com as freqüências semelhantes ao item anterior, por um período correspondente a 1/3 do tempo de duração do teste de maior duração, ou até o nível da água alcançar 97% do nível estático.

2.4. Utilização do Escoador de Orifício Circular: Este equipamento, quando bem construído, adequadamente instalado e o nível da tomada de pressões bem monitorado durante todo o teste, além de permitir manter constante a vazão, oferece uma precisão teoricamente acima de 98%.

Quando da sua construção, devem-se fazer as medições do diâmetro do tubo de descarga (D) e do diâmetro central das placas (d) em milímetros. Deve-se manter a seguinte relação: $d/D \leq 0,7$

Durante a operação, o tubo de descarga deve ser mantido rigorosamente nivelado e as leituras no tubo piezométrico devem ser as mais baixas possíveis, para evitar o erro de paralaxe.

Assim, por ocasião de um Teste de Produção do tipo Escalonado, com três ou quatro vazões, pode-se, com segurança e sem interrupção do bombeamento, durante o teste, trocar a placa de orifício circular.

Esta operação tem a finalidade de possibilitar realizar leituras e monitoramento das vazões em níveis mais baixos, no tubo piezométrico. Desta forma, substituindo-se por uma placa de maior diâmetro, o aumento de vazão, além de corresponder a um nível mais baixo no piezômetro, tem a finalidade primordial de reduzir as perdas de cargas no tubo de descarga.

3. GRÁFICOS MONOLOG ($s_w \times t$)

Com base nos dados registrados nas fichas de bombeamento, devem ser elaboradas em gráfico tipo monolog ($s_w \times t$) as Curvas de Campo dos rebaixamentos observados *versus* tempo do bombeamento, referente a qualquer tipo de teste - Produção ou Aquífero. Nos casos de Testes Escalonados, para melhor visualização, deve-se também apresentar isoladamente o comportamento de cada escalão. Isto é feito de uma maneira simples, rápida e segura por meio de software específico.

No caso de projeção de rebaixamentos, utilizando-se Curvas de Melhor Ajuste, por meio de software específico, também devem ser apresentados em gráficos.

4. EQUAÇÃO CARACTERÍSTICA DE FUNCIONAMENTO DO POÇO

A Equação Característica de Funcionamento de um poço pode ser representada pela expressão $s_w = BQ + CQ^n$, onde BQ corresponde às perdas de carga no aquífero e CQ^n às perdas de carga no poço.

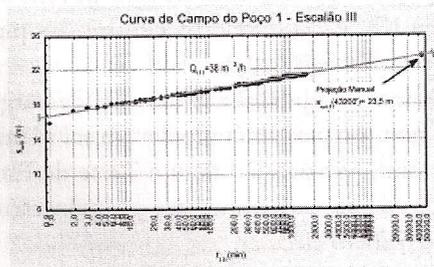
Essa equação foi estabelecida por Rorabaugh (1953) como uma generalização da equação desenvolvida inicialmente por Jacob (1947) para aquíferos confinados ($s_w = BQ + CQ^2$).

Rorabaugh constatou que, em testes de produção com múltiplos estágios, considerando $n = 2$, a equação não se ajustava satisfatoriamente, de modo que sempre é aconselhável calcular o valor de n .

Os parâmetros B, C e n são facilmente determinados (software específico que utiliza método iterativo) após a conclusão do Teste Escalonado ou Sucessivo, com três ou quatro vazões, conforme mostrados nas sugestões acima.

4.1. Equação Característica de Funcionamento do Poço para Diferentes Tempos de Bombeamento – $s_w(t) = B \cdot Q + CQ^n$

Na Expressão $s_w = BQ + CQ^n$, o valor de B varia com o tempo. Assim o B* pode ser determinado por meio de projeção utilizando-se uma Curva de Campo (s_w x t) preferencialmente da etapa mais longa. A seguir, um exemplo de como se calcular o B* para a Equação Característica de 30 dias.



$$B^* = \frac{s_{wIII}(30 \text{ dias}) - CQ_{III}^n}{Q_{III}}$$

Outro procedimento é por meio do raio efetivo (RW):

$$RW = \sqrt{\frac{2,25T \cdot t}{\lambda \cdot 4\alpha B^* T \cdot S}}$$

onde, T = transmissividade; S - coeficiente de armazenamento e t = tempo de bombeamento.

Como, $s_w(t) = B \cdot Q + CQ^n$

Logo, $s_w(t) = \frac{1}{4\pi T} \cdot \ln\left(\frac{2,25 \cdot T \cdot t}{RW^2 \cdot S}\right) Q + CQ^n$

Observação: Os dois procedimentos são válidos. No entanto, nem sempre os resultados são próximos, em função da ausência do conhecimento e precisão dos parâmetros hidrodinâmicos (T e S) nas imediações do poço.

5. Capacidade de Produção do Poço

5.1. Deve-se avaliar a capacidade máxima permissível pelo filtro e pelo furo

$Q = \pi d \cdot n_c \cdot \alpha h_s \cdot V_e$ – pelo filtro, onde d = diâmetro interno dos filtros; α = área aberta dos filtros; n_c = área aberta dos filtros não obstruídas pelo pré filtro; h = extensão dos filtros e V_c = velocidade crítica de entrada (até 3 cm/s).

$Q = 2 \cdot \pi R_p \cdot b \cdot V$ pelo furo, onde R_p = raio do poço; b = espessura produtiva;

$V = \text{critério de Sichardt} = \frac{\sqrt{K}}{10}, \frac{\sqrt{K}}{15}, \frac{\sqrt{K}}{30}$; K = condutividade hidráulica.

Os valores obtidos destas vazões devem ser analisados com cautela. Não se deve encarar de uma forma absoluta como um critério rígido e obrigatório. A observação ao longo do tempo, com respeito a produção de finos, deve ser feita.

5.2. Vazão Máxima Possível (Q.M.PO.)

É a vazão que, mantida constante num determinado tempo, atinge o rebaixamento máximo disponível (R.M.D.).

R.M.D. é definido como a lâmina d'água efetivamente disponível, entre o nível estático e o crivo da bomba, ou topo da coluna dos filtros, ou outro referencial justificável.

Assim, $R.M.D. = CB - NE - Sub - Inter.$, onde CB = profundidade do crivo da bomba; N.E. = nível estático; Sub = submergência da bomba; int = provisão para interferência futura de poços vizinhos.

A partir da Equação Característica de Funcionamento do Poço, calcula-se a Vazão Máxima Possível (Q.M.PO.):

$$R.M.D. = B*(Q.M.PO) + C (Q.M.PO.)^n$$

$$s_w(t) = B*.Q + CQ^n$$

5.3. Vazão Recomendável ou Vazão de Exploração

Corresponde ao menor valor obtido a partir das vazões máxima permissível e vazão máxima possível.

6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ABNT, 1992. Norma NBR 12.244 – Construção de Poços para Captação de Águas Subterrâneas. Rio de Janeiro. 6p.
- CETESB, 1978. Águas Subterrânea e Poços Tubulares; tradução da primeira edição do original norte-americano publicado de JOHNSON division, UOP, Inc., Saint Paul, Minnesota. São Paulo. 3ed ver.
- CPRM, 1997. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações / Coordenadores: Fernando Antônio Carneiro Feitosa e João Manoel Filho. Fortaleza: CPRM, BHID-UFPE. 412 p:il.
- CUSTODIO, R. & LLAMAS, M.R. 1976. Hidrologia Subterrânea. 2ª Edição. Barcelona: Ediciones Omega, 2.v 2359p.
- DNPM, 1997. Portaria nº 222 de 28/07/97. D.O.U. de 08/08/97. Brasília, 5p.
- FEITOSA, F.A.C. 1996. Teste de Bombeamento, Recife. Inédito. 156p.
- KOHNKE, M.W., 2000. Ensaio de Bombeamento: Interpretação. Boletim Informativo da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas-ABAS, São Paulo nº 108, página 18.
- LIMA, A.A. e VIEIRA FILHO, J.A., 1994. Construção de Escador de Orifício Circular, 2" e 4" de diâmetro, para o DNPM/PE – Departamento Nacional de Produção Mineral
- LIMA, A.A. e VIEIRA FILHO, J.A., 1994/2001. Testes de Bombeamento em Poços Tubulares para Água Mineral e Água para Abastecimento. Inéditos.
- LIMA, A.A. e VIEIRA FILHO, J.A., 1996. Treinamento e Construção de Escador de Orifício Circular, 2" e 4" de diâmetro, para a FUNCEME/CE – Fundação de Recursos Hídricos do Estado do Ceará.
- LIMA, A.A. e VIEIRA FILHO, J.A., 1997. Parâmetros Hidrodinâmicos do Aquífero Rio da Batateira e Aspectos Físico Químicos da Água do Poço 4-BO-01-PE, sobre a Chapada do Araripe.

- LIMA, A.A., 2000. Seminário de Qualificação no Curso de Mestrado no Curso de Hidrogeologia da U.FPE., Avaliação da Capacidade de Produção do Poço Tubular 04-BO-01-PE (Serra do Brejo, Bodocó - PE), Estudo de um Caso.
- LIMA, A.A. e VIEIRA FILHO, J.A., 2000. Teste de Bombeamento do Poço 2-AP-1-CE (Serra do Zé do Brejo, Araripe - CE).
- LIMA, A.A. e VIEIRA FILHO, J.A., 2001. Teste de Bombeamento - Poço P3 (Serra do Cruzeiro, Santana do Cariri - CE).
- LIMA, A.A. e VIEIRA FILHO, J.A., 1998. Construção de Escoador de Orifício Circular, 2" e 4" de diâmetro, para a CPRM/CE - Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais.
- LIMA, A.A. e VIEIRA FILHO, J.A., 1998. Construção de Escoador de Orifício Circular, 2" e 4" de diâmetro, para o DNPM/CE - Departamento Nacional de Produção Mineral.
- LIMA, A.A. e VIEIRA FILHO, J.A., 2000. Construção de Escoador de Orifício Circular, 2½" de diâmetro, para a UFCE - Universidade Federal do Ceará.
- LIMA, A.A., FEITOSA, F.A.C., VIEIRA FILHO, J.A e DEMÉTRIO, J.G.A., 2000. Teste de Produção Escalonado e Teste de Aquífero, no poço BUJ-1-MILL, na restinga da Lagoa dos Patos, proximidades da localidade de Bujuru, município de São José do Norte, Rio Grande do Sul.
- LIMA, A.A. e VIEIRA FILHO, J.A., 2001. Teste de Bombeamento Poço Pioneiro 3 (Serra dos Carneiros, Araripe - CE).
- MACEDO DE FRANÇA, H.P., set./1995. Eficiência Hidráulica de Poços Profundos. Apostila do 2o Curso de Tecnologia Hidráulica aplicada, UFPE - C.P.R.M. Recife.
- MACEDO DE FRANÇA, H.P., 1997. Eficiência Hidráulica de Poços. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. Capítulo 12, pag. 303/321.