

Resolução CRH Nº 01 , 25 de março de 2009.

Dispõe sobre a obrigatoriedade de realização de Testes de Bombeamento de PRODUÇÃO e de AQUIFERO com elaboração e apresentação de Relatório Técnico e dá outras providências.

O Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CRH, no uso de suas atribuições, e tendo em vista o disposto nas Leis Estaduais nº 12.984, de 30 de dezembro de 2005, nº 11.427/97, de 17 de janeiro de 1997 e no seu o Decreto nº . 20.423 de 26 de março de 1998,

Considerando a deliberação do plenário da Câmara Técnica de Águas Subterrâneas do Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco,

Considerando as conclusões e recomendações dos Estudos HIDROREC I e II – Estudo Hidrogeológico do Recife, Olinda, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes,

Considerando a necessidade de determinação da vazão a ser outorgada pelo Órgão Gestor para exploração de água subterrânea por poços tubulares no Estado de Pernambuco, otimizando-se o processo de análise com uma conseqüente melhoria qualitativa dos testes de bombeamento e da apresentação respectivos relatórios técnicos,

Considerando as condições hidrogeológicas do Estado e na perspectiva de resguardar os recursos hídricos subterrâneos, resolve:

Art. 1º - Aprovar e fazer cumprir o Regulamento Técnico nº 001/2008, em anexo, que dispõe sobre as "Especificações Técnicas para a realização de Testes de Bombeamento e elaboração de Relatório Técnico".

Art. 2º - As Outorgas de Direito de Uso da Água, estão sujeitas à realização de *Testes de Produção (Escalonado ou Sucessivo) e de Aquífero*, com a apresentação de Relatórios Técnicos e às restrições de exploração do aquífero impostas por estudos hidrogeológicos regionais, além dos outros documentos exigidos.

§1º - O Teste de Aquífero será necessário apenas para os poços perfurados em meio intersticial/granular e poderá, a critério do órgão gestor de recursos hídricos, ser dispensável na renovação da outorga, desde que os parâmetros hidrodinâmicos do aquífero captado já tenham sido determinados quando da emissão da outorga inicial.

§2º – Quando da renovação da outorga ou da licença de operação em poço no qual já tenha sido realizado teste de produção, será realizado apenas um teste de vazão de curta duração (mínimo de 2 h) para verificar a compatibilidade com os dados originais.

Art. 3º - O requerente de Outorga de Direito de Uso da Água, inclusive quando em renovação, deverá informar, com antecedência mínima de 10 (dez) dias, ao Órgão Gestor, a data e a hora que

serão realizados os Testes de Produção e de Aquífero, para viabilizar a ação da fiscalização dos referidos testes.

§1º - Anexada ao requerimento, deve ser apresentada a Anotação de Responsabilidade Técnica - ART do Responsável Técnico (Geólogo ou Engenheiro de Minas) legalmente habilitado para conduzir os trabalhos, através de cópia do comprovante de recolhimento da correspondente ART junto ao Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura, Agronomia de Pernambuco – CREA-PE;

§2º - O não atendimento ao disposto neste Artigo implicará na não aceitação dos referidos testes e conseqüente indeferimento do processo.

Art. 4º - A análise do Processo Requerido estará condicionada a apresentação dos Relatórios dos Testes de Bombeamentos.

Art. 5º - Casos omissos ou especiais serão analisados e decididos pelo Órgão Gestor, levando sempre em consideração o princípio da conservação e uso racional dos aquíferos.

Art. 6º - Esta Resolução entra em vigor na data da sua publicação.

João Bosco de Almeida
Presidente do CRH

ANEXO I

REGULAMENTO TÉCNICO 001/08	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA A REALIZAÇÃO DE TESTES DE BOMBEAMENTO E ELABORAÇÃO DE RELATÓRIO TÉCNICO
---------------------------------------	---

1. OBJETIVO:

Otimizar, com base em testes de bombeamento corretamente executados, o processo de análise das condições de exploração do aquífero, no que concerne a definição da vazão do poço a ser outorgada pelo órgão gestor.

2. DOCUMENTOS COMPLEMENTARES:

Para elaboração das presentes especificações técnicas foram consultados os seguintes documentos:

- Leis Estaduais nºs 12.984 (de 30/12/2005) e 11.427 (de 17/01/1997).
- Decreto Estadual nº 20.423 (de 26/03/1998).
- Normas Brasileiras NBR 12.212 (de 31/03/2006), NBR 12.244 (de 31/06/2006) , NBR 13.604 (de 01/05/1996) e NBR 15.495-1 (de 18/06/2007), da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.
- Relatórios dos Estudos Hidrogeológicos HIDROREC I (de 1998) e HIDROREC II (de 2002).
- Plano Estadual de Recursos Hídricos.
- Manual de Operação e Manutenção de Poços - DAEE - São Paulo.
- CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M.R. *Hidrologia subterranea. Tomo I. 2ª Edição.* 1986.
- DRISCOLL, F.C. *Groundwater and wells. 2ª edição.* 1986.

3. DEFINIÇÕES:

Para efeito deste Regulamento Técnico serão adotadas as seguintes definições:

- 3.1. ALTURA DA BOCA DO POÇO (h_b): É a extensão do tubo de revestimento exposto, ou seja, a distância da boca do poço até a superfície do terreno. Medido geralmente em metros (m).
- 3.2. ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART: Documento de registro da execução da obra ou serviço no órgão competente (Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – CREA) que atesta a habilitação técnica do profissional e comporá o seu acervo técnico.
- 3.3. AQUÍFERO: Formação ou grupo de formações geológicas portadoras e condutoras de água subterrânea.
- 3.4. AQUÍFERO CÁRSTICO-FISSURAL: é o meio representado por rochas solúveis, em geral calcários, dolomitos e gipsita, consolidadas e fraturadas, que acumulam a água em espaços proporcionados pelas zonas dissolvidas além das próprias fraturas.
- 3.5. AQUÍFERO FISSURAL: É o meio geológico composto por rochas cristalinas consolidadas e dotado de fissuras e fraturas.
- 3.6. AQUÍFERO INTERSTICIAL/GRANULAR: É o meio geológico composto por rochas sedimentares granulares consolidadas ou não e dotadas de interstícios (ou poros).

- 3.7. BOMBA: Equipamento para o bombeamento da água, instalada dentro do poço e fixada através da tubulação ou tubo edutor, no caso de bomba submersa, ou fora do poço, no caso das bombas injetora, centrífuga, manual ou mesmo compressor e catavento.
- 3.8. BOMBEAMENTO: É a ação da retirada da água de um poço por intermédio de uma bomba.
- 3.9. CAPTAÇÃO (Poço e Fonte): Conjunto de instalações, construções e operações necessárias à exploração de água subterrânea de um aquífero.
- 3.10. COEFICIENTE DE ARMAZENAMENTO (S): É um parâmetro adimensional definido pelo armazenamento específico de um aquífero versus sua espessura.
- 3.11. CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA (K): Pode ser definida como a velocidade aparente por gradiente hidráulico unitário. Refere-se à facilidade da formação aquífera de exercer a função de um condutor hidráulico. Depende das características do meio poroso e das propriedades do fluido.
- 3.12. DESENVOLVIMENTO DE POÇO: Conjunto de procedimentos destinados a melhorar a eficiência hidráulica de um poço, objetivando o aumento da sua capacidade produtiva.
- 3.13. EFICIÊNCIA DO POÇO: É representada pela relação entre as perdas de carga do aquífero e perdas totais do poço, sendo determinada através do teste de produção. Esse parâmetro define se o poço foi bem construído e desenvolvido.
- 3.14. ENTRADA D'ÁGUA: É o local onde a fratura produtora de água é interceptada pelo poço tubular, num meio fissural.
- 3.15. EQUIPAMENTO DE CONTROLE DE VAZÃO: É o instrumento utilizado para medir e monitorar a vazão durante um teste de bombeamento.
- 3.16. ESCALÃO: É a etapa de bombeamento durante o teste de produção.
- 3.17. ESCOADOR DE ORIFÍCIO CIRCULAR OU TUBO DE PITOT: Equipamento utilizado para a medição e controle da vazão durante o teste de bombeamento de um poço e que garante a vazão rigorosamente constante e com erro de até $\pm 4\%$.
- 3.18. EXPLOTAÇÃO: é a captação e uso do manancial hídrico para diversos fins.
- 3.19. FILTRO: É a secção de revestimento do poço destinada a admissão da água, com função de permitir a entrada da água no poço e a passagem de material fino durante o bombeamento.
- 3.20. FONTE: Nascente ou surgência natural resultante da descarga de um aquífero que aflora à superfície do terreno.
- 3.21. NÍVEL D'ÁGUA: É a profundidade do nível da água dentro do poço, tanto em repouso (nível estático – NE) como em movimento (nível dinâmico – ND). Medido geralmente em metros (m) em relação à superfície do terreno.
- 3.22. PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS: são os parâmetros físicos do aquífero (T, K e S) que controlam as condições de armazenamento e fluxo da água no meio.
- 3.23. PERFIL CONSTRUTIVO: É o desenho gráfico dos aspectos construtivos do poço, envolvendo os diâmetros e profundidades perfuradas, espaço anular cimentado, o revestimento e filtros e espaço anular cimentado e encascalhado, acompanhado da respectiva descrição.
- 3.24. PERFIL LITO-ESTRATIGRÁFICO: É o desenho gráfico das litologias atravessadas durante a perfuração de um poço, acompanhado das descrições litológicas e estratigráficas, sendo geralmente apresentado junto com o perfil construtivo.
- 3.25. PIEZÔMETRO OU POÇO DE OBSERVAÇÃO: Poço de pequeno diâmetro (geralmente até 2") construído com filtros ou sem filtros com a base aberta, utilizado durante os testes de bombeamento ou para monitoramento de níveis d'água e qualidade da água.
- 3.26. POÇO: Obra de engenharia que visa a captação de um aquífero, por meio de perfuração no terreno, podendo ser "tubular" ou "amazonas".
- 3.27. POÇO AMAZONAS: É aquele construído em alvenaria (tijolos e cimento) ou mesmo tubulões (manilhas em concreto poroso) , possuindo diâmetros superiores a 0,5 metros e destinado em geral a aquíferos superficiais de reduzida espessura.

- 3.28. POÇO TUBULAR: É aquele cuja perfuração é feita por meio de máquina perfuratriz à percussão, rotativa ou roto-pneumática. Possui alguns centímetros de abertura, revestido com tubos de ferro ou de plástico (PVC).
- 3.29. POÇO ARTESIANO: É aquele em que o nível da água ascende acima do topo do aquífero podendo ser jorrante ou semi-jorrante.
- 3.30. PERFURAÇÃO: É o ato de perfurar a formação aquífera através de máquinas ou equipamentos apropriados, por métodos específicos. A perfuração de poços tubulares é composta por várias etapas até a utilização final do poço. Envolve a perfuração propriamente dita, a completação (colocação do revestimento, filtro, pré-filtro e cimentação), a limpeza e desenvolvimento, o bombeamento e a instalação do poço com equipamento de bombeamento.
- 3.31. REBAIXAMENTO (s_w): É a diferença entre o nível estático e o dinâmico, ou seja, o quanto o nível da água rebaixou dentro do poço, durante o bombeamento. Medido geralmente em metros (m).
- 3.32. TUBO EDUTOR: É a tubulação utilizada na instalação da bomba e destinada a conduzir a água bombeada até a superfície.
- 3.33. TUBO GUIA: É uma tubulação auxiliar instalada dentro do poço para medição exata do nível da água no poço.
- 3.34. TUBULAÇÃO ADUTORA: É a tubulação que conduz a água após sua saída do poço.
- 3.35. TESTE DE BOMBEAMENTO: Atividade de se bombear um poço com os objetivos de se determinar a sua vazão ou os parâmetros hidrodinâmicos do aquífero.
- 3.36. TESTE DE AQUÍFERO: É o teste de bombeamento destinado à determinação dos parâmetros hidrodinâmicos (Transmissividade, Condutividade Hidráulica e Coeficiente de Armazenamento) do aquífero. Para determinar o coeficiente de armazenamento faz-se necessária disponibilidade de um outro poço ou piezômetro para observação da variação do nível.
- 3.37. TESTE DE PRODUÇÃO: É o teste de bombeamento destinado à determinação da vazão e eficiência da construção do poço, podendo ser do tipo escalonado ou sucessivo.
- 3.38. TESTE SUCESSIVO: É um dos tipos de teste de produção onde se passa de uma vazão à outra após haver a recuperação do nível entre as etapas. Requer um tempo maior para sua execução.
- 3.39. TESTE ESCALONADO : É um dos tipos de teste de produção onde se passa de uma vazão à outra sem haver a recuperação do nível entre as etapas. É o método mais utilizado por requerer menor tempo para sua execução.
- 3.40. TRANSMISSIVIDADE (T): Corresponde à quantidade de água que pode ser transmitida horizontalmente por toda a espessura saturada do aquífero. Pode-se conceitua-la como a taxa de escoamento de água através de uma faixa vertical do aquífero de largura unitária submetida a um gradiente hidráulico unitário.
- 3.41. VAZÃO (Q): É a medida do volume de água que sai do poço por determinado período de tempo. Medida geralmente em metros cúbicos por hora (m^3/h) ou mesmo em litros por hora (L/h).
- 3.42. VAZÃO DE EXPLOTAÇÃO (Q_{EXP}): É a vazão aprovada e outorgada pelo Órgão Gestor, com base nos testes executados e nas restrições existentes para exploração do aquífero.
- 3.43. VAZÕES MÁXIMAS (Q_{MAX}): São as vazões determinadas pela Velocidade de Saída de Fluxo do Aquífero e pelo Rebaixamento Máximo do Nível D'água Disponível no Poço.
- 3.44. VAZÃO REQUERIDA (Q_{REQ}) : É a vazão requerida pelo usuário a partir dos resultados dos testes de bombeamento realizados, submetida à análise do Órgão Gestor para fins de concessão, dependendo das restrições existentes para exploração do aquífero.

4. PROCEDIMENTO TÉCNICO

Para subsidiar a gestão sustentável das águas subterrâneas deverão ser atendidos os seguintes procedimentos técnicos:

4.1. GENERALIDADES:

Os seguintes aspectos devem ser observados e cumpridos antes da execução dos testes de bombeamento de Produção e/ou de Aquífero:

4.1.1. O poço, quando recém-construído, deverá estar completamente desenvolvido;

4.1.2. Antes de iniciar o teste de bombeamento deverá ser realizado um pré-teste para dimensionar as vazões a serem adotadas.

4.1.3. Entre a realização dos dois tipos de testes (Produção e Aquífero), deverá haver uma paralisação do bombeamento até a recuperação de, pelo menos, 97% do nível estático.

4.1.4. Deve-se instalar uma tubulação auxiliar (tubo guia), com diâmetro interno de $\frac{1}{2}$ ou $\frac{3}{4}$ " (meia ou três quartos de polegadas), preferencialmente presa à tubulação edutora até uma profundidade próxima à bomba, com o objetivo de se medir o nível d'água em todo poço;

4.1.5. Deve-se utilizar, preferencialmente, bomba submersa para a realização do teste de bombeamento, com vazão superior à vazão previamente conhecida dos poços da região ou mesmo do próprio poço quando já houver resultados anteriores ou pré-teste. O uso de compressores, catavento ou bomba manual, não será aceito.

4.2. TESTES DE BOMBEAMENTO:

4.2.1. Os Testes de Produção deverão ser realizados em poços perfurados em aquíferos intersticiais/granulares ou cársticos-fissurais, enquanto que os Testes de Aquífero apenas nos primeiros.

4.2.2. Quando o poço captar água em aquíferos intersticiais/granulares, deverão ser realizados os Testes de Produção e de Aquífero, com um intervalo de tempo entre ambos de, no mínimo, 12 (doze) horas;

4.2.3. Os testes de bombeamento deverão ser realizados utilizando-se os seguintes equipamentos básicos:

- a) Medidor de Nível Manual, do tipo Eletrônico, com sinais sonoro, luminoso, de registro visual (amperímetro) e/ou Medidores de Nível Automáticos dos tipos *Levelogger* ou mesmo Linígrafos, para a medição do rebaixamento;
- b) Cronômetro, preferencialmente digital, para o controle do tempo de bombeamento; e,
- c) Equipamento de controle da vazão que permita manter a vazão rigorosamente constante e com erro de até $\pm 4\%$, dotado de válvula de regulação sensível e de fácil manejo (recomenda-se tipo globo). Dispositivos volumétricos (baldes, tonéis etc.) não serão aceitos.

4.2.4. A duração do Teste de Produção deverá ser, no mínimo, de 4(quatro) horas subdividas em quatro escalões de uma hora cada .

4.2.5. A duração do teste de aquífero deverá ser no mínimo de 24 (vinte e quatro) horas devendo ser anotado a recuperação dos níveis durante pelo menos 12 horas.

4.2.6. A frequência de intervalos de leituras do nível da água no teste de bombeamento e de recuperação, constantes na planilha de dados de campo, deve obedecer o estabelecido no Relatório Padrão, conforme modelo padrão apresentado no Anexo deste Regulamento.

4.2.7. Quando forem bombeados poços em aquíferos livres ou semi-confinados, a água bombeada pelos testes deverá ser lançada a uma distância satisfatória a jusante do poço, em relação ao fluxo subterrâneo, através de conduto, a fim de evitar interferência no rebaixamento.

4.2.8. Todos os dados deverão ser registrados em Planilhas de Campo

4.3. TESTES DE PRODUÇÃO:

4.3.1. EM AQUÍFEROS INTERSTICIAIS/GRANULARES:

Os testes de Produção (Escalonado ou Sucessivo) realizados em poços que captam água em aquíferos intersticiais deverão obedecer aos seguintes critérios técnicos:

4.3.1.1. As quatro primeiras vazões do teste devem ser crescentes, e atender às seguintes condições:

1. Pelo menos três valores consecutivos ou não dos rebaixamentos específicos (s_p/Q) sejam crescentes em função do aumento de vazão, ou seja:

$$(s_p/Q)_1 < (s_p/Q)_2 < (s_p/Q)_3 < (s_p/Q)_4$$

2. Pelo menos três dos pontos referentes aos rebaixamentos específicos medidos (s_p/Q), quando plotados em gráfico decimal, em função da vazão (Q), deverão estar alinhados.

4.3.1.2. Os dados dos rebaixamento medidos (s_p) nas quatro etapas do teste escalonado ou sucessivo deverão ser apresentados em função do tempo de bombeamento (t), em gráfico do tipo monolog (s_p versus $\log t$).

4.3.1.3.. Os dados dos rebaixamentos específicos medidos(s_p/Q) nas quatro etapas do teste escalonado ou sucessivo deverão ser apresentados em função da vazão de bombeamento (Q), em gráfico decimal (s_p/Q versus Q).

4.3.1.3 Devem ser determinadas Equações Características do Funcionamento Hidráulico do Poço para o tempo de 01(uma) hora e para o tempo de bombeamento de 05 anos correspondente ao tempo de operação da vazão requerida, equações essas do tipo ($s_p = B.Q + C. Q^n$), podendo n ser igual a 2, sendo:

B = Coeficiente de Perdas de Carga Laminares
(valor correspondente à interseção da reta que passa pelos pontos alinhados no gráfico $s_p/Q \times Q$, com o eixo dos rebaixamentos específicos).

C = Coeficiente de Perdas de Carga Turbulentas
(valor correspondente à tangente do ângulo formado pela reta que passa pelos pontos alinhados no gráfico $s_p/Q \times Q$, com o eixo das vazões).

4.3.1.4 Devem ser calculadas: a Vazões Máxima (Q_{MAX}) função da velocidade de saída do fluxo das paredes do aquífero (fórmula de Sichardt) e a Vazão Máxima (Q_{MAX}) em função do rebaixamento máximo disponível do nível d'água no poço, como base para a justificativa da Vazão Requerida (Q_{REQ}) e do correspondente Regime de Exploração.

4.3.2. EM AQUÍFEROS FISSURAIS/CÁRSTICOS:

Os testes de Produção, para avaliação da capacidade de produção de poço nos meios estritamente cársticos-fissurais, em que não possam ser utilizados métodos clássicos do meio granular/intersticial, devem ser realizados conforme os procedimentos que se seguem.

4.3.2.1. Durante a perfuração do poço deverão ser identificadas as entradas d'água, destacando-se a(s) principal(is), registrando-as no perfil litológico e construtivo.

4.3.2.2. O teste deve ser realizado com apenas uma única vazão mantida constante durante período de 24 horas de bombeamento (vazão esta definida em pré-teste de curta duração), medindo-se os rebaixamentos do nível d'água ao longo do tempo conforme intervalos estabelecidos no Anexo 002/2008.

4.3.2.3. Na metodologia indicada no item 4.3.2.2., a interpretação do teste é feita da forma seguinte:

a) plota-se em gráfico de escala semi-logaritmica, os dados de vazão específica (Q/s_p), em função do tempo de bombeamento (t);

b) a curva obtida é extrapolada mediante tangente aos últimos pontos do gráfico até um tempo de bombeamento mínimo de 1 ano (período no qual se supõe ocorrer a recarga do aquífero cárstico-fissural), obtendo-se nesse tempo a vazão específica projetada para longos tempos de bombeamento.

c) determina-se o rebaixamento máximo permissível do nível d'água no poço como sendo a diferença entre a profundidade da primeira entrada d'água principal e a profundidade do nível estático;

d) determina-se a vazão de exploração do poço como sendo o produto da vazão específica projetada pelo rebaixamento máximo permissível;

e) em poços com diversas entradas d'água de baixa produtividade distribuídas sucessivamente a partir das proximidades do nível estático até a profundidade final

do poço, sem caracterização, portanto, de uma ou mais entradas d'água principais, deve-se considerar como rebaixamento máximo permissível, o equivalente a 40% da lâmina d'água presente no poço;

4.4. TESTES DE AQÜÍFERO:

Os Testes de Aquífero, realizados apenas em poços que captam água em aquíferos intersticiais/granulares, deverão obedecer aos seguintes critérios técnicos:

4.4.1. Observar as condições de aplicabilidade da metodologia de interpretação relacionada ao tipo de aquífero e ao regime do fluxo de água subterrânea.

4.4.2 - Os dados dos rebaixamento medidos (s_p) deverão ser apresentados em função do tempo de bombeamento (t), em gráfico do tipo monolog (s_p versus $\log t$)

4.4.3. Determinar os parâmetros hidrodinâmicos como transmissividade (T), condutividade hidráulica (K) e coeficiente de armazenamento (S), este no caso da disponibilidade de piezômetro/poço de observação.

4.4.4 – No gráfico monolog (s_p versus $\log t$), a reta de definição da transmissividade deverá ser extrapolada para ($t = 5$ anos), tendo em vista permitir, para este tempo, a obtenção da Equação de Funcionamento do Poço, determinada no teste de produção em etapas de 01 hora de duração.

4.5. RELATÓRIO TÉCNICO:

Junto ao requerimento de Outorga deverão ser apresentados os resultados dos testes de Produção e de Aquífero do poço, conforme modelo padronizado de Relatório Técnico apresentado no Anexo II, contendo os seguintes elementos básicos :

- 1 – Identificação
- 2 – Dados do Poço
- 3 – Dados do Conjunto Edutor Utilizado nos Testes
- 4 – Testes de Bombeamento
 - 4.1 – Dados Básicos
 - 4.2 – Gráficos
- 5 - Interpretações e Determinações
 - 5.1 – Teste de Produção – Aquífero Intersticial/Granular
 - 5.2 - Teste de Aquífero – Aquífero Intersticial/Granular
 - 5.3 - Teste de Produção – Aquífero Cárstico – Fissural
 - 5.4 - Vazões Máximas Permissíveis e Vazão Requerida
- 6 – Tabelas e Dados Cadastrais
 - 6.1- Perfil Litológico e Construtivo
 - 6.2 – Teste de Produção – Topo Escalonado
 - 6.3 – Teste de Produção – Tipo Sucessivo
 - 6.4 - Teste de Aquífero – Intersticial/Granular
 - 6.5 - Teste de Produção – Cárstico-Fissural
- 7- Documentação Fotográfica

João Bosco de Almeida

Presidente do CRH