

MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO EM POÇOS TUBULARES - A EXPERIÊNCIA DA COPASA EM MG.

Geólogo: Délio Corrêa Soares de Melo¹

RESUMO

COPASA MG opera 735 sistemas de abastecimento de água no Estado de Minas Gerais. Dentre os sistemas operados, 371 (50,5%) são abastecidos através de mananciais superficiais, 227 (30,9%) por captações subterrâneas e 137 (18,6%) por sistemas mistos. A COPASA tem cerca de 5300 poços tubulares em todo o Estado e opera em torno de 1100 poços tubulares distribuídos em diversos sistemas. Conforme as características geológicas do Estado, cerca de 85% dos poços perfurados estão no domínio de rochas cristalinas, aquíferos fissurados, 5% em sedimentos, aquíferos porosos e 10% em rochas carbonáticas, aquíferos cársticos e/ou cárstico-fissurados. A operação destes poços gera uma série de manutenções preventivas outras; às vezes corretivas, passando pela reabilitação destes poços. Alguns dos problemas mais frequentes com poços tubulares são descritos e algumas soluções operacionais apresentadas.

PALAVRAS CHAVE: poços tubulares, manutenção e reabilitação.

ABSTRACT

COPASA MG, Water Supply Company of the State of Minas Gerais, operates 735 water supply systems in the State. Among these systems, 375, or 50,5%, use surface water, 227, or 30,9%, use subterranean water and 137, or 18,6%, use both surface and subterranean water. COPASA has dug some 5,300 tubular wells in the State, and operates around 1,100 tubular wells in its systems. Due to the State's geological characteristics, around 85% of the wells are located in crystalline rocks, fissured aquifer, 5% in sediments, porous aquifer, and 10% in carbonatic rocks, karst and/or karst/fissured aquifer. The operation of these wells generates a series of preventive maintenance operations, and sometimes corrective operations, passing by the rehabilitation of the wells. Some problems with tubular wells are described and some operational solutions are shown.

KEY-WORDS: tubular wells, maintainance and recuperation of wells.

¹ Geólogo Délio Corrêa S.de Melo; Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA; DVHD (Divisão de Recursos Hídricos); Rua Mar de Espanha 525 Santo Antônio; CEP: 30330.270; BH; MG; fone:(031) - 32501657 / 1726 Email: delio.melo@copasa.com.br.

1.0 INTRODUÇÃO

Este trabalho visa dar maior detalhamento da parte operacional, ou seja, dos equipamentos e metodologias envolvidas nos processos para recuperação e manutenção de poços tubulares. Foram descritas algumas ações, nos poços tubulares, desenvolvidas tanto pela Divisão de recursos Hídricos (DVHD) quanto pela Divisão de Água Subterrâneas (DVAS) da Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Feitas entrevistas com antigos funcionários e sondadores experientes da Empresa, sobre algumas metodologias aplicadas na recuperação de poços e consulta à bibliografia disponível.

A COPASA opera cerca de 735 sistemas de abastecimento de água no Estado dentre sedes municipais, distritos, vilas, povoados e outros, abastecendo uma população total de 10.900.000 hab.

Entre os sistemas operados, 371 sistemas (50,5%) têm como fonte de produção de água os mananciais de superfície, 227 sistemas (30,9%) os mananciais subterrâneos com a captação de poços tubulares e 137 sistemas (18,6%) os mananciais superficiais e subterrâneos (sistemas mistos).

A Empresa já perfurou em todo o Estado 5300 poços tubulares profundos. Nos sistemas subterrâneos e mistos são operados pela COPASA cerca de 1100 poços tubulares (situação em dezembro/2004), sendo que sua operação gera uma série de manutenções, tanto preventivas quanto corretivas, além de intervenções que visam à sua reabilitação, ou seja, à recuperação de poços com problemas. O termo reabilitação refere-se à restauração das condições mais eficientes de trabalho, por meio de vários tratamentos, usando inclusive técnicas de reconstrução. A frequência e a eficácia das manutenções nos poços devem determinar a necessidade de reabilitação ou não de um determinado poço. Para tanto, é necessário o monitoramento das condições operacionais, no intuito de se evitar que a deterioração leve à perda do poço. Nos quadros 1 e 2, a seguir, estão as Diretorias Operacionais, com seus respectivos sistemas e o nº de poços operados.

Quadro 1 – Sistemas operados pela COPASA – Dezembro – 2004

Sistemas Operados pela COPASA, por Diretorias				
Diretorias	Superficiais	Subterrâneos	Mistos	Total
DRCN (Diretoria Centro Norte)	66	90	38	194
DRSO (Diretoria Sudeste)	112	40	45	197
DRLE (Diretoria Leste)	162	69	52	283
DRMT (Diretoria Metropolitana)	31	28	2	61
Total	371	227	137	735

Quadro 2 – poços operados – Situação em dezembro – 2004

Poços Operados pela COPASA, por Diretorias	
Diretorias	Quantidade
DRCN (Diretoria Centro Norte)	414
DRSO (Diretoria Sudeste)	231
DRLE (Diretoria Leste)	354
DRMT (Diretoria Metropolitana)	75
Total	1074

Se relacionarmos todos os poços que estão em operação pela Empresa no Estado de Minas Gerais com as características geológicas do Estado nas quais estes poços foram perfurados, chegamos a aproximadamente 85% de poços no domínio das rochas cristalinas, aquífero fissurado e com profundidade média de 100 metros; 5% estão no domínio das rochas sedimentares, aquíferos porosos, com profundidade média de 70 metros e 10% estão no domínio de rochas carbonáticas, aquíferos cársticos e cársticos-fissurados, com profundidade média de 100 metros. Esta relação é mostrada na Tabela 1 (Poços por tipo de aquífero – Situação em dezembro – 2004), abaixo.

Poços Operados, por Tipo de aquíferos, em MG

Aquífero	Poços	%	Profundidade média (m)
Fissurados	902	85	100
Poroso	62	5	70
Cársticos, Cársticos-fissurados	110	10	100

O Quadro 03, relaciona o tipo de aquífero com os principais problemas e a frequência das suas manutenções., mostra os principais problemas que afetam o desempenho dos poços tubulares em vários tipos de aquíferos e frequências típicas de manutenções (Gass et al. Apud Driscoll,1987).

Aquífero	Principais problemas	Frequência (anos) de manutenção
Aluvionar	Carreamento de silte , argila e areia; precipitação de óxido de ferro; incrustação; falta de recarga;	2-5
Arenito	Obstrução de fissuras; rompimento de revestimento; carreamento de areia; corrosão.	6-10
Calcário	Obstrução de fissuras, silte e precipitação de carbonatos.	6-12
Basalto	Obstrução de vesículas e fissuras; deposições.	6-12
Alternância de folhelhos e arenitos	Baixa vazão inicial; obstrução do aquífero por argila e silte; obstrução de fissuras;	4-7
Rocha metamórfica	Baixa vazão inicial; obstrução de fissuras; mineralizações;	12-15
Sedimentos consolidados	Baixa a média vazão inicial; obstrução de fissuras por ferro ou outros minerais;	6-8
Sedimentos consolidados ou pouco	Carreamento de silte , argila e areia; incrustação de filtros; obstrução de fissuras; precipitação de ferro;	5-8

1.1- OBJETIVO

Propiciar aos profissionais do ramo uma fonte de consulta para a operação, o monitoramento (controle operacional), a recuperação e a manutenção de poços tubulares.

1.2- HISTÓRICO

A COPASA deu início às perfurações de poços tubulares no ano de 1973, sendo que estas perfurações atingiam em média 60m. Procurava-se, na época, a captação de águas de cobertura com a colocação de filtros. Posteriormente, muitos desses filtros apresentaram-se aerados ou secaram, devido principalmente a um bombeamento excessivo destes poços. Isto acaba por produzir um

rebaixamento excessivo do nível d'água. Ainda hoje, há vários poços operando com vazões incompatíveis com as condições de recarga do aquífero. A despreocupação com o tempo de bombeamento diário é também fator importante no agravamento deste quadro. A sobreposição dos fatores tempo e vazão levam a uma superexploração do aquífero e, conseqüentemente, a um grande rebaixamento do nível dinâmico dos poços, que produz queda de vazão e de qualidade das águas. Além disto, muitas comunidades possuem poços com problemas construtivos que, somados a uma operação inadequada, prejudicam a qualidade e a vazão para o abastecimento.

2.0 CONTROLE OPERACIONAL DE POÇOS TUBULARES

Devido à grande quantidade e importância de alguns poços operados, a COPASA desenvolve um controle operacional dos mesmos, ou seja, um monitoramento dos parâmetros tempo, vazão e nível dinâmico, visando acompanhar, ao longo do tempo, a evolução do sistema poço-aquífero-bombeamento. São monitorados com freqüência semanal, a vazão explorada e o nível dinâmico; com freqüência diária, o tempo de operação dos poços, os valores de amperagem e voltagem dos motores submersos e, mensalmente, as informações sobre possíveis ocorrências verificadas nos poços, tais como: a presença de areia, elevação de cor e turbidez, odor, presença de ferro bactérias, paralisações no sistema, queda de vazão, etc..

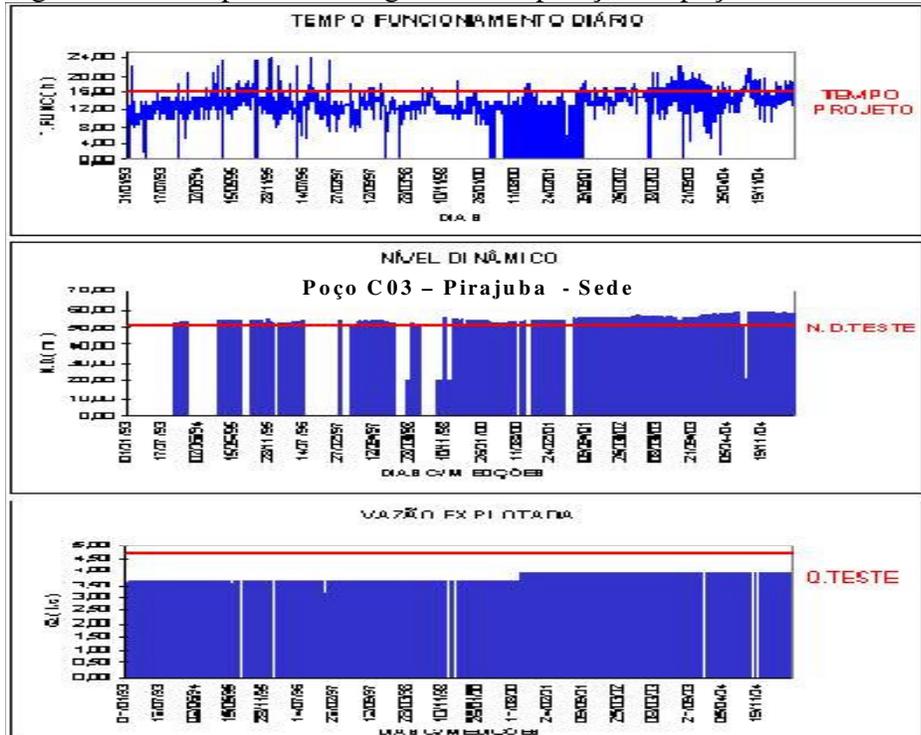
Os dados da monitoração são enviados, mensalmente, pelas áreas operacionais à Divisão de Recursos Hídricos (DVHD), a partir do preenchimento de ficha específica para monitoramento dos poços que faz o cadastramento, acompanhamento e o tratamento destes dados. Os dados são armazenados, gerando relatórios de ocorrências (Quadro 04), gráficos (Figura 01, pág.06), análises estatísticas, o acompanhamento do comportamento dos parâmetros enviados e, conseqüentemente dos sistemas operacionais. A análise dos dados permite a programação das manutenções.

Quadro 04– Relatório de ocorrências em poços tubulares.

<i>RELATÓRIO MENSAL DE OCORRÊNCIAS EM POÇOS TUBULARES</i>			
<i>MES:</i> 12 <i>ANO:</i> 2004			
<i>MUNICIPIO</i>	<i>CODIGO</i>	<i>DISTRITO</i>	<i>OCORRENCIAS</i>
Carmo do Paranaíba	C-143/000-003-0	DTPM	Ferro Bactéria
Carmo do Paranaíba	C-143/000-007-0	DTPM	Ferro Bactéria
Carmo do Paranaíba	C-143/000-009-0	DTPM	Ferro Bactéria
Carmo do Paranaíba	C-143/000-011-0	DTPM	Ferro Bactéria
Carmo do Paranaíba	C-143/000-012-0	DTPM	Ferro Bactéria
Palma	E-468/000-002-0	DTLP	
Presidente Olegário	E-533/000-001-0	DTPM	Presença de Areia

Fonte: Banco de dados de poços tubulares - DVHD - COPASA

Figura 1 – Acompanhamento gráfico da operação de poços.



Fonte: Banco de dados de poços tubulares - DVHD - COPASA

3.0 MANUTENÇÃO EM POÇOS TUBULARES PROFUNDOS

As manutenções em poços tubulares profundos são classificadas como preventivas e corretivas. As operações de manutenção preventiva são normalmente programadas e realizadas em tempo hábil, antes que o poço entre em colapso. A sua programação depende de um bom controle operacional dos poços para a detecção antecipada de problemas. O acompanhamento da operação dos poços permite detectar os processos de deterioração nos equipamentos e tubulações instalados, que geralmente se desenvolvem de forma lenta e gradual, até atingir um ponto a partir do qual aceleram-se rapidamente, até atingir o colapso. Estas manutenções são processos contínuos e normalmente se desenvolvem por longos períodos de tempo. O monitoramento das análises químicas das águas subterrâneas pode indicar previamente o tipo de incrustação e a taxa de deposição que podem vir a ocorrer nos poços e, assim, propiciar uma ação de combate específica para cada caso. Para chegar a tais conclusões, as coletas e análises devem ser periódicas.

As manutenções corretivas podem levar a interromper a operação do poço, muitas vezes, por um longo período. São normalmente realizadas quando o poço entra em colapso e, na maioria das vezes, o poço tem sua operação paralisada, seja pela queima do conjunto motobomba, pelo rompimento dos filtros ou mesmo do revestimento, desmoronamento, incrustações, corrosão, etc.

Não existe uma metodologia simples que seja aplicável às diferentes condições geológicas, hidrogeológicas, hidrológicas, de qualidade de água e que sirva para cada tipo de construção de poço. Porém, acompanhamento cuidadoso da história operacional dos poços, de uma região, pode

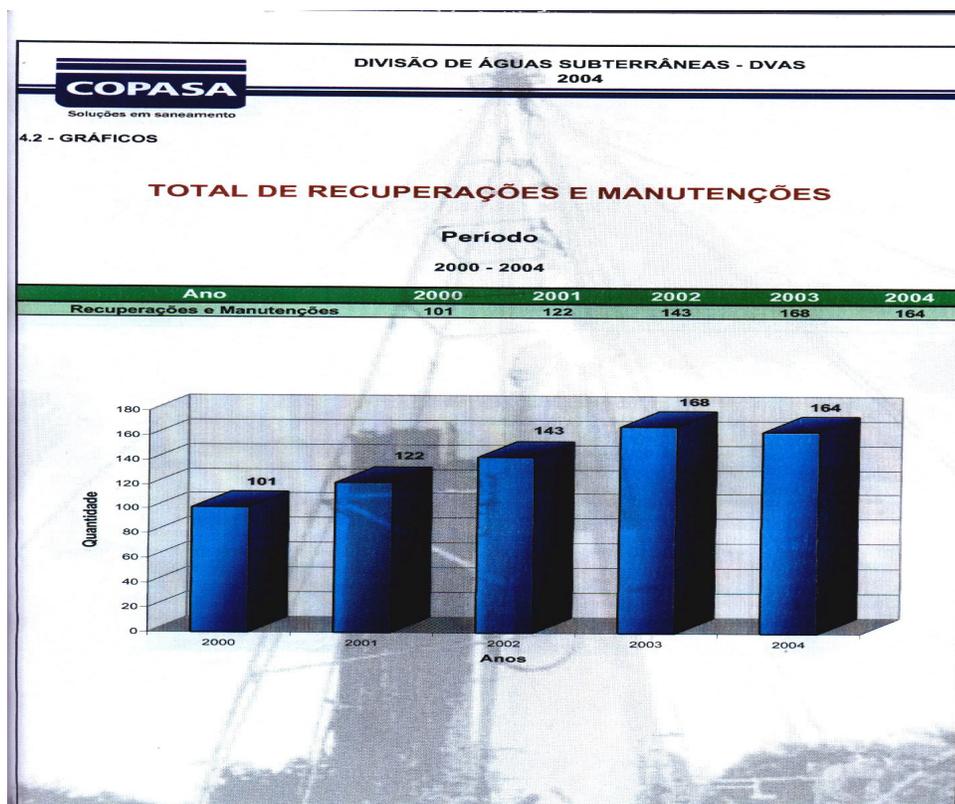
fornecer orientações importantes para a manutenção ou a recuperação destes. Às vezes, não se obtêm sucesso com as operações corretivas e, nesta situação, o poço pode ser substituído ou abandonado. No caso de abandono é providenciado o seu tamponamento e sua baixa patrimonial.

As manutenções preventivas mais simples, como as limpezas de poços, as desincrustações de filtros e fraturas e o combate às ferro bactérias ainda na fase inicial, no caso da COPASA são realizadas pelas Superintendências Operacionais. A Empresa tem desenvolvido, com grande êxito, na cidade de Ipatinga, um programa de manutenções preventivas em sua bateria de poços. Para outras localidades que, possuem baterias de poços, tem-se procurado exigir um maior controle de sua operação. Para um resultado mais efetivo das manutenções, todas as Superintendências Operacionais devem ser dotadas de unidades móveis, compostas por caminhões com guincho mecânico, motor diesel e compressor de ar, capazes de retirar e instalar os equipamentos de extração e de realizar limpezas, desincrustações e desinfecções necessárias nos poços tubulares.

A Divisão de Águas Subterrâneas da Copasa (DVAS) faz as manutenções preventivas mais complexas e as corretivas que requerem intervenções na estrutura do poço, tais como: troca de revestimento e filtros, reabertura de poços e/ou aprofundamentos, retirada de cabos, cimentação de filtros e/ou fraturas, pescarias de materiais da perfuração, tubos, troca de bombas ou edutores, cimentação da sapata do poço, complementação do pré-filtro e outras.

Tem havido um aumento progressivo das manutenções e recuperações nos poços da COPASA e poços existentes operados. Este aumento demonstra o avanço das técnicas de recuperação e manutenção que propiciam melhores resultados e uma evolução com a preocupação relativa a qualidade das águas distribuídas e com a vida útil dos poços (Figura 02, Pág. 07).

Figura 2– Recuperações e manutenções em poços realizadas pela COPASA período (2000 – 2004).



Nos processos para a reabilitação de poços, a DVAS utiliza sondas percursoras, unidades de teste de bombeamento e, quando necessário, aparelho de video-inspeção, no intuito de verificar a posição dos problemas e, o resultado das intervenções adotadas, reduzindo custos com tentativas.

A metodologia utilizada nos processos de desincrustação e combate às ferro bactérias consiste na combinação de métodos mecânicos com o tratamento químico. Nos processos de desincrustação, a COPASA utiliza produtos químicos a base de ortofosfatos ácidos, ácidos cítricos e polifosfatos; como bactericida, para o combate às ferro bactérias, produtos a base de peróxido de hidrogênio. Associado ao uso destes produtos químicos, utiliza-se de ação mecânica como a raspagem da tubulação, pistoneamento (Êmbolo), hidrojateamento, escovamento (escova de aço ou nylon) e reversões de fluxo, através do sistema chamado de *air lift*.

3.1 Problemas relacionados à estrutura física dos poços

Os problemas que geralmente ocorrem nos poços tubulares serão classificados como de natureza mecânica (devido a incrustações ou corrosões no poço, por interrupção ou passagem de finos) e problemas hidráulicos (ligados a superexploração dos poços).

3.1.1- Problemas de natureza mecânica

Podem ser causados por obstrução de filtros e pré-filtros e/ou tubulações, por passagem de areia, problemas na estrutura física do poço e/ou no equipamento de bombeamento.

A obstrução dos filtros e pré filtros, também denominada de colmatação, pode ser gerada por acúmulo excessivo de argilas e siltes, por subprodutos da corrosão ou incrustação, por subprodutos do metabolismo bacteriano (ferro bactérias e manganês bactérias), por precipitação de compostos de ferro e de manganês (hidróxidos ou óxidos hidratados) e por precipitação química de carbonatos e bicarbonatos de cálcio e de magnésio ou de seus sulfatos, comum em poços perfurados dentro da chamada Bacia do Bambuí (rochas carbonatadas) e que não têm sua operação de forma contínua, causando o fechamento de tubulações e/ou filtros. Estes produtos e/ou subprodutos, que depositam-se nos poços e prejudicam sua operação são derivados das reações físicas, químicas e da ação bacteriana entre água e formação, as quais, agindo simultaneamente ao longo do tempo, culminam com a obliteração de filtros e/ou fraturas nos poços.

A produção de areia e o aumento de turbidez na água podem ser causados por rompimento do revestimento e/ou da seção filtrante, por passagem pela sapata do poço (má ancoragem do tubo na rocha sã ou na rocha alterada), corrosão na seção filtrante criando aberturas e outros efeitos, pré-filtros mal aplicados ou mal dimensionados para as características do aquífero, permitindo passagem de finos da formação (argilominerais), ou ainda por problemas construtivos. Isto causa abrasão nos rotores da bomba danificando-os, diminuindo sua vazão e a queima do motor.

3.1.2 Problemas hidráulicos

Podem ser causados por bombeamentos superiores à taxa de recarga do aquífero (superexploração), por obstrução de filtros e fraturas, interferências entre poços, bombas mal dimensionadas ou mal posicionadas e pelas próprias características hidrológicas ou da própria sazonalidade de alguns aquíferos que irão determinar uma queda de vazão gradativa, em períodos determinados. Estes problemas, muitas vezes somados, determinam um rebaixamento excessivo do nível dinâmico do poço, ou mesmo um rebaixamento geral do nível do aquífero.

3.2 Problemas mais freqüentes em poços tubulares, que geram as manutenções

Os problemas descritos a seguir são: queda de vazão (colmatação de filtros e/ou fraturas, incrustações), passagem de areia (corrosão da coluna filtrante), passagem na sapata (inadequado encaixe ou ancoramento do tubo de revestimento na rocha), rompimento de revestimento e filtros, presença de ferro bactérias, elevação da turbidez e desmoronamento em poços.

3.2.1 Queda de vazão e limpeza nos poços

A queda de vazão em poços tubulares pode ser causada por: incrustações, deposição ou acúmulo de material estranho nos filtros ou na formação aquífera próxima ao poço (fraturas ou poros), por lodos provenientes de processos corrosivos (ação química que se desenvolve em metais), por ação bacteriana, pela passagem de areia ou finos da própria formação, por desgaste da

bomba, por interferência de poços vizinhos e por superexploração do aquífero, ou mesmo pela sazonalidade do clima que produz uma redução da recarga nas estiagens prolongadas.

Problemas mais simples como sujeiras nos poços por estarem destampados e expostos às intempéries, com a penetração de águas de chuva, córregos, lagos, enchentes ou mesmo pela ação do homem podem ser resolvidos apenas com a chamada limpeza *direta* que constitui-se do fechamento do registro de saída de água do poço, posteriormente, da retirada de todos os tubos e dutos do poço e a bomba instalada. Assim, é descida uma tubulação de água (75 – 200mm) e ar (3/4'') conectada ao compressor. O ar passa pelo tubo de 3/4'' e a água do poço sobe pelo tubo de 75mm - 200mm. Com o registro de saída fechado, faz-se uma reversão de fluxo dentro do poço. Este processo é feito normalmente em várias etapas, de 20 a 30 minutos cada uma. Posteriormente, abre-se o registro de saída e, em seguida, faz-se o deságüe do poço até a sua completa limpeza.

Para a limpeza com a sonda percussora, faz-se a introdução de um êmbolo, o qual produzirá uma reversão de fluxo dentro do poço desenvolvendo e limpando os filtros. Produz-se uma ação mecânica para a expulsão da água. Neste processo, os filtros têm de ser de ferro ou galvanizados, pois o PVC geomecânico não suporta grandes pressões. Mesmo filtros espiralados de ferro e/ou galvanizado não suportam grandes pressões. Em seguida, retira-se todo o ferramental, é descida a tubulação conectada ao compressor, faz-se reversões, deságüe, teste e o desenvolvimento do poço.

Nestas ações mecânicas de pistoneamento ou de hidrojateamento da coluna filtrante, é também de fundamental importância fazer reversões de fluxo, uma boa escovação dos filtros e dos tubos revestimento (sem danificá-los), bem como um vigoroso deságüe até a completa limpeza das águas do poço. Quando o problema for causado por incrustações nos filtros e/ou fraturas da rocha subjacente, pode-se antes fazer uma filmagem do poço, para determinar com exatidão o grau da incrustação e os locais críticos para uma melhor intervenção. As desincrustações são realizadas por processos mecânicos e químicos, ou seja, junto ao processo mecânico, aplica-se um tratamento que é feito normalmente com a aplicação de produtos químicos, tais como: ácidos cítricos e ortofosfatos ácidos (Ex. *No Rust, easy clean* e outros) para a desincrustação e limpeza total dos filtros. A quantidade de ortofosfatos ácidos utilizada depende do volume estático de água no poço, bem como do estágio das incrustações. A dosagem mais utilizada é 0,5 a 1,6 litros/m de coluna d'água no poço. Normalmente, os constituintes incrustantes são carbonato de cálcio, silicato de alumínio e matéria orgânica. Os ácidos removem bem o carbonato de cálcio mas não dissolvem a sílica nem o silicato de alumínio. A presença de óxidos de ferro e matéria orgânica sinalizam normalmente problemas provocados pelas bactérias de ferro ou relacionados as mesmas. Conforme afirma JONHSON, 1966, pág46: "Embora a incrustação e a corrosão sejam de efeitos opostos podem ocorrer conjuntamente, pois os produtos da corrosão do ferro podem causar incrustação".

O processo consiste em recircular o produto químico dentro do poço por um período mínimo de 3 a 4 horas, combinando-se com reversões de fluxo para a penetração do produto através da coluna filtrante e/ou das fraturas. Recomenda-se que o produto químico permaneça em repouso no poço por uma noite para uma maior eficácia. Na manhã seguinte, o produto é descartado até o retorno do pH da água às condições naturais. Este processo é usado também no tratamento de ferro-bactéria. A metodologia utilizada na tentativa de sua remoção está descrita no item 4.1 (pág. 15).

3.2.2 Emprego de ácidos no tratamento e limpeza dos poços

O ácido clorídrico contendo um inibidor, praticamente não é mais usado no tratamento de poços. Ele dissolve bem os carbonatos de cálcio e magnésio. Há uma maior dificuldade para a completa remoção de hidróxidos e óxidos de ferro incrustados. Para tanto, a solução deve estar muito concentrada, pH=3,0, ou deve-se adicionar um estabilizante. As vezes, para um único tratamento, é necessário adicionar uma quantidade de ácido 1,5 a 2,0 vezes o volume da água contida nos filtros. Adicionar a este tratamento o cloro com posterior deságüe do poço.

O ácido sulfâmico, usado no passado, é um material seco e granular. Sua reação de ácido com os carbonatos produz sulfamatos que são altamente solúveis, porém gera sulfato de cálcio muito pouco solúvel e de emanações indesejáveis, talvez isto seja o motivo do seu pouco uso.

O cloro é usado como complemento dos tratamentos. Excelente bactericida. O cloro gasoso é mais eficiente, porém mais corrosivo e perigoso. Mais usado o hipoclorito de cálcio.

Os polifosfatos são de manuseio mais seguro. Atuam dispersando o óxido e o hidróxido de ferro e manganês, o silte e a argila. Não há exalações, nem borbulhamento como o faz o ácido. O método consiste na desintegração do material incrustante e na sua dispersão (não dissolvem este material) possibilitando o seu bombeamento para fora do poço. O hipoclorito desinfecta bem o poço. Deve-se fazer de duas ou mais aplicações sucessivas. É recomendado para cada 100 litros de água do poço, 1,8 a 3,6 Kg de polifosfatos e uma pequena quantidade de hipoclorito de cálcio deve ser adicionada (120g para cada 100 litros). Há necessidade da forte agitação antes do deságüe.

É recomendável, como método de limpeza, utilizar o hidrojateamento combinado com o uso do produto químico, fazendo-se as intervenções em frente da coluna filtrante e/ou das fraturas.

Quanto tem-se a perspectiva de aumento de vazão (estudo hidrogeológico), deve-se fazer os processos de limpeza e desenvolvimento descritos anteriormente, aliados ao aprofundamento do poço ou mesmo o alargamento do poço, no intuito de interceptar fraturas mais profundas.

3.2.3 Passagem de material (areia, argila)

As causas podem ser: passagem na sapata do poço, pelo filtro ou revestimento rompido, devido à colocação de filtros com aberturas incompatíveis ou com camadas inadequadas de pré-filtro. Há

também os poços perfurados em regiões Kársticas onde as fraturas e/ou cavernas no calcário produzem muito material argiloso, de difícil limpeza. Causas e intervenções descritas a seguir.

3.2.3.1 Passagem de material na sapata (ou encaixe)

Retira-se o revestimento, reabre-se o poço, faz-se novo encaixe do revestimento e a cimentação na sapata. Se não for possível retirar o revestimento, faz-se a cimentação interna do poço no trecho afetado e, após a cura da cimentação, faz-se o corte do trecho pelo método da percussão a cabo. Esta metodologia não tem obtido grande sucesso, inclusive tem sido descartada.

A seguir serão descritos os procedimentos mais utilizados e recomendados.

Uso da Rotopneumática - Com a colocação de chaveta na boca do poço fazer uma pressão, sem bater, no tubo de revestimento, para descer mais a tubulação e melhorar o seu encaixe.

Uso da Percussora – É colocada uma luva (para dar maior suporte) e uma chaveta apropriada na boca do tubo de revestimento. Procura-se dar pancadas na chaveta, na tentativa de descer mais a tubulação e melhorar o encaixe deste revestimento na rocha. Se continuar passando material da formação pelo revestimento, deve-se introduzir bentonita dentro do poço até a sua boca, sacar todo o conjunto de revestimento, colocar novo revestimento provisório (proteção) e, com uso de uma sonda percussora avançar na rocha sã, fazendo assim um novo encaixe, mais profundo, nesta rocha. Posteriormente, descer tubo de revestimento por dentro do tubo de proteção, anteriormente colocado, retirar toda a bentonita por meio de uma ferramenta do tipo caçamba que recolhe e descarrega este material para fora do poço. Este é um processo lento e demorado. Após esta limpeza preliminar, sacar a tubulação de proteção e, caso este poço possua filtro, faz-se a recolocação ou a complementação do pré-filtro. Finalmente, é feita a limpeza do poço com êmbolo e adota-se todos os processos normais de limpeza com compressor descritos anteriormente. Para a adequada limpeza deve-se introduzir bastante água juntamente com um dispersante (hexametáfosfato). Este produto produz a quebra das ligações dos argilominerais e facilita a remoção da bentonita do interior do poço. O uso de bentonita é amplamente reprovado pela literatura, porém ainda é utilizado na prática. Em substituição à bentonita atualmente recomenda-se a utilização de polímeros orgânicos (tipo: *polisafe*). A grande vantagem destes polímeros orgânicos é serem biodegradáveis, enquanto a bentonita forma um espesso filme de argilominerais que veda a formação aquífera, prejudicando a entrada de água no poço. Principalmente em um aquífero do tipo poroso o uso deste tipo de material chega a prejudicar a vazão a ser explorável. Posteriormente, é feito um teste de bombeamento e desenvolvimento do poço até sua completa limpeza.

3.2.3.2 Rompimento de filtros e revestimentos (passagem de material)

Se possível, deve-se sacar a coluna de revestimento e filtros. Passar a broca da sonda percussora por todo o poço, até o encaixe. O diâmetro da broca deve ser o mesmo do poço. Procurar

assim confirmar o encaixe. Se não confirmado, perfurar um pouco mais e revestir novamente o poço fazendo todo o processo de limpeza com o uso da caçamba e depois do compressor. Fazer o teste de bombeamento e desenvolvimento do poço até limpeza total da água.

Para a retirada da coluna de revestimento, pode-se fazer um furo de alívio ao redor do poço.

Caso não seja possível a retirada da coluna de revestimento, pode-se instalar um novo conjunto de revestimento, de menor diâmetro, por dentro do original. Para descer este novo revestimento interno até a posição (abaixo do encaixe) é acoplada uma bucha na sua extremidade que vai por fora deste tubo. Este tubo interno deve descer pelo menos uns 50cm abaixo do encaixe, como medida de segurança. Finalmente, cimentar o espaço anelar entre um revestimento e outro.

Em poços onde foi colocado novo pré filtro, faz-se o seu desenvolvimento para acomodar as camadas de pré-filtro e então vai-se adicionado mais pré-filtro através dos tubos realimentadores.

3.2.4 Presença de Ferro bactérias ou Mangano bactérias

Adota-se os processos descritos anteriormente para a retirada de incrustações que são causadas normalmente por lodo resultante da ação bacteriana. Recomenda-se o uso de ortofosfatos ácidos (Ex. *No Rust*) para desincrustação e limpeza total dos filtros e tubos de revestimento (item 4.3 pág.18). Uma video-inspeção no poço permite uma avaliação visual do grau da contaminação.

Após o processo de desincrustação, procede-se o combate às Ferro/Mangano bactérias com a utilização de um bactericida à base de peróxido de hidrogênio (nome comercial *FERBAX*). A desinfecção pode ser realizada utilizando apenas um tratamento de choque com a aplicação única do produto químico, ou seja, de um bactericida forte (de contato), recirculação e deságue. Porém, o mais recomendado, dependendo do grau da contaminação bacteriana, é adotar também o uso da desinfecção contínua com a dosagem continuada do produto dentro do poço.

No tratamento de choque, aplica-se o bactericida de contato com uma concentração que pode variar de 2% a 4% para o volume estático de água no poço. O bactericida é recirculado dentro do poço por um período mínimo de duas horas, fazendo reversões de fluxo para forçar a entrada do produto nos filtros e na formação, aumentando-se a eficiência do tratamento. Após a recirculação do produto faz-se o descarte da água do poço até o pH retornar às condições normais.

No tratamento contínuo é aplicado o bactericida de manutenção com uma concentração que varia de 1% a 2% para a vazão de exploração do poço. Este bactericida é dosado continuamente dentro do poço, através de uma bomba dosadora ligada em paralelo com a bomba do poço.

Ao final da desinfecção, pode-se fazer uma nova video-inspeção no poço para uma avaliação visual do progresso do tratamento. Fazer novo teste de bombeamento no poço, para avaliação dos resultados hidrodinâmicos e, possivelmente, confirmar a melhoria da vazão específica do poço.

3.2.5 Elevação da turbidez

Em geral, a elevação da turbidez da água de poços é causada pela passagem de material da formação para dentro do poço, seja através do rompimento de filtros ou revestimentos, da passagem pela sapata do poço, do arraste de material provocado pela expansão do cone de rebaixamento ou pela produção de lodos por subprodutos da corrosão e ação bacteriana. As intervenções realizadas para a reabilitação de poços tubulares com problemas de turbidez são as mesmas realizadas para os problemas de rompimentos de coluna de revestimento e filtros, item 3.2.3.2 (pág. 14).

3.2.6- Desmoronamento em poços

Conforme o tipo de desmoronamento ocorrido no poço, cabe ou não a sua recuperação. Caso o desmoronamento for do tipo "parcial", ou seja, se acontecer um deslocamento lateral do poço (desalinhamento) ou se ao redor deste aparecerem trincas, gretas, sulcos ou mesmo pequeno desmoronamento no terreno que atestam muitas vezes a deterioração da estrutura do poço. Neste caso, o poço pode ser recuperado, sacando o seu revestimento e perfurando-o novamente com a percussora. Posteriormente, como medida de segurança, pode-se vedar fraturas superiores, e retirar filtros, propiciando assim, um melhor isolamento da cobertura. Estes problemas normalmente estão relacionados ao fato de o poço operar a uma taxa acima da capacidade do aquífero, ou devido ao bombeamento de areia da formação por poços mal desenvolvidos, com problemas na coluna de revestimento e filtros. Para o reuso deste poço, deve-se adotar uma vazão de exploração muito inferior à anterior e fazer seu monitoramento para uma adequada operação.

No caso de desmoronamentos considerados do tipo "totais," onde pode há um abatimento no terreno, tanto na área do poço quanto de um ou mais locais próximos, normalmente é feita a obturação deste poço, a recomposição da área afetada e que esta área seja destinada a quaisquer usos que não tenham construções ou tragam algum risco.

4.0 PROBLEMAS QUANTO A QUALIDADE DA ÁGUA DOS POÇOS

4.1 Incrustações em poços tubulares

A qualidade da água proveniente dos poços tubulares tem uma relação direta com a ocorrência ou não de incrustações. A percolação da água subterrânea se dá muito lentamente, fazendo com que esta desenvolva um contato prolongado com os minerais contidos nas formações geológicas. Este contato água-rocha proporciona um perfeito equilíbrio entre a água (contendo sais minerais dissolvidos) e o meio ambiente. Mantém-se em solução a quantidade exata de um ou mais minerais que as condições permitem e qualquer perturbação das condições desequilibra o sistema de solução, resultando na precipitação de materiais insolúveis (CETESB, 1978; DRISCOLL, 1995).

Os problemas de qualidade verificados nas águas dos poços podem ser causados por origem diversa, tais como: devido aos subprodutos da ação bacteriana, alterações naturais no equilíbrio físico-químico do aquífero por alterações causadas pelo acréscimo no regime de bombeamento, ou mesmo devido a perfurações onde as hastes ou outro equipamento usado na perfuração ou instalação do poço não foram devidamente desinfetados e também pela captação de águas subsuperficiais da cobertura que muitas vezes, pelo mau projeto do filtro ou do pré-filtro, podem carrear impurezas para dentro do poço.

Os problemas relacionados a qualidade da água causam alterações na turbidez, cor, na ocorrência e grau de incrustação e/ou corrosão, no aumento da concentração de Ferro/Manganês na água que, muitas vezes, propiciam o desenvolvimento das Ferro ou Manganobactéria, popularmente chamadas de ferrobactérias. Conforme JOHSON (1966) pág. 280.

"A qualidade da água de um poço tem estreita ligação com a ocorrência de incrustações, as quais, conforme o tipo de mineral presente na água, sua concentração e gases dissolvidos denotam sua tendência de corroer os metais e de depositar-se como incrustação".

4.2 Corrosão em poços tubulares

Os fatores que favorecem ou aceleram a corrosão em poços tubulares são substâncias como dióxido de carbono, o oxigênio, o hidrogênio sulfurado e os sólidos totais, que dissolvidas na água, produzem o aumento da condutibilidade da água. Geralmente as águas duras não são corrosivas, mas se a condutibilidade da água é alta, com a presença de cloretos e sulfatos dissolvidos ou mesmo águas com baixos teores em ferro, podem corroer o ferro e o aço rapidamente.

A velocidade da água influi na intensidade da corrosão, acelerando-a, principalmente pelo seu efeito sobre outros fatores envolvidos. Águas mais lentas podem vir a favorecer ataques locais da corrosão enquanto águas com baixas velocidades tendem a distribuir uniformemente esta corrosão. Portanto, a entrada mais lenta de água pelos filtros tende a minimizar o ataque corrosivo. O resultado da corrosão são poços com aberturas indesejáveis, propiciando a passagem de materiais do pré-filtro e da formação. O emprego de materiais mais resistentes à corrosão inibe muito estes problemas.

Os problemas mais comuns que alteram a qualidade da água dos poços, além dos subprodutos da ação bacteriana, são as contaminações provocadas pela captação de águas subsuperficiais. A COPASA tem uma serie de poços tubulares antigos, do final da década de 70, perfurados principalmente em rochas cristalinas, os quais captam água das coberturas através de filtros e/ou de fraturas rasas. Como as demandas de água da época eram menores, a profundidade média destes poços também, pois, em boa parte dos casos, com profundidades pequenas já se

atingiam vazões suficientes para o abastecimento público. Para a reabilitação destes poços, são necessárias intervenções que vedem a entrada das águas subsuperficiais, tais como:

Troca do revestimento - Sacar o conjunto de revestimento do poço. No caso de fraturas rasas, que propiciem a captação de águas poluídas da cobertura, recomenda-se reabrir o poço até uma profundidade abaixo destas fraturas fazendo um novo encaixe rocha sã, cravar o novo revestimento e cimentar a sapata do poço, isolando assim a cobertura e/ou fratura mais superficial do aquífero.

Cimentação dos filtros e fraturas - Se não for possível retirar as colunas de revestimento, faz-se a cimentação interna dos poços, com pasta de cimento, para vedar os filtros e as fraturas rasas. Após a cura da cimentação, reabrem-se os poços com sonda percussora.

No intuito de tornar viável a reabilitação, alguns poços podem ser reaprofundados (conforme estudo hidrogeológico). O aprofundamento visa interceptar fraturas mais profundas e, assim, compensar as perdas de vazões causadas pela vedação das entradas de águas subsuperficiais.

4.3 Desincrustação Química em poços Tubulares Profundos

A maioria das incrustações observadas em poços tubulares deriva da precipitação de carbonatos de cálcio e magnésio, a partir da desestabilização dos íons bicarbonato, originados através da combinação de dióxido de carbono com cálcio e magnésio, que estavam presentes na formação. Esta incrustação atua de forma mais acentuada nos filtros e pré-filtros, em bombas e também na formação aquífera mais próxima ao poço, sendo que é nesta zona que ocorre um forte desequilíbrio das soluções, por variações de temperatura e pressão. O carbonato de cálcio deposita-se antes, por ser mais insolúvel que o magnésio. Quando da remoção das incrustações formadas por carbonato de cálcio a Empresa tem procurado usar um tratamento químico à base de ortofosfatos ácidos, contendo inibidores de corrosão, estabilizantes e isento de metais pesados, aplicado em conjunto com um agente bactericida. Este produto tem a capacidade de quebrar estas moléculas de carbonato e propiciar que os íons se mantenham solúveis, possibilitando assim a sua remoção durante o deságüe. Esta operação é realizada com pH na faixa de 2,0 a 2,4. A variação da concentração de cada um destes agentes produz uma ação catalítica ou retardadora de desincrustação e de bactericida de alta eficiência, em maior ou menor intensidade, em função das variações de concentração. É necessário que a desincrustação química dos poços remova as incrustações internas do poço e que atue também nas do pré-filtro e da formação, permitindo assim maior liberdade para o conjunto motobomba e conseqüentemente melhoria na vazão do poço. O ortofosfato ácido mostrou ser capaz de solubilizar os depósitos de carbonato de cálcio com grande velocidade, mantendo o pH baixo e os íons metálicos solúveis, possibilitando sua rápida remoção.

DOMENICO & SCHWARTZ (1998) citam que os metais são muito mais móveis nas águas subterrâneas com pH baixo. Para a dosagem deste produto no poço, usa-se normalmente um cálculo

teórico obtido pela multiplicação da espessura média da incrustação observada na tubulação (Exemplo 2,0 mm) pela área interna dos filtros e assim chega-se a uma idéia da incrustação (Exemplo 250 kg de carbonato de cálcio). O volume de reagentes a ser aplicado é calculado a partir da porcentagem do volume estático do poço (Exemplo 2,5%), levando-se em conta, também, a área aberta do pré-filtro em todo o intervalo saturado. O tratamento inicia-se com a adição de cerca de 40% deste reagente, até se obter o pH na faixa de 2, pois como se sabe, soluções ácidas possibilitam a manutenção de íons metálicos na forma solúvel, e tendem a dissolver os carbonatos e as argilas (BOULDING,1995). Faz-se então a homogeneização da solução dentro do poço e, posteriormente, o poço é deixado em repouso. A medição de pH da solução e controle das reações é feita com a água do poço em circulação. Mais reagente é adicionado, à medida que as reações de desincrustação vão ocorrendo, assim com a dissolução dos carbonatos incrustados, ocorre uma elevação de pH e consumo do reagente. Desde a primeira fase da operação é observado uma forte geração de CO₂, que demonstra a atividade de dissolução dos carbonatos com a liberação deste gás. A liberação de CO₂ tem efeito benéfico no processo, pois favorece a geração de ácido carbônico, que por sua vez colabora no processo de dissolução dos carbonatos, além de que, a expansão dos gases proporciona uma pressão adicional ao fluido em circulação que, desta forma, sofre uma expansão lateral forçando os agentes para dentro do pré-filtro e formação geológica. A primeira fase dura cerca de 6 horas. Para uma ação mais efetiva do produto na formação geológica, pode-se usar uma adição de água para forçar a penetração dos reagentes nos sedimentos.

Após esse processo, o poço deve permanecer em repouso por pelo menos 12 horas (à noite). No dia seguinte, a água contida no poço deve ser recirculada por pelo menos duas horas, com controle de seu pH. A etapa final do processo de desincrustação consiste no descarte da solução do poço, que fica altamente enriquecida de elementos dissolvidos. Esta etapa tem seu término quando o pH retorna aos valores anteriores ao tratamento. Esta metodologia proporciona um significativo ganho de vazão e redução do consumo de energia elétrica na extração de água (GODOI et al. 2002).

5.0 QUEDA DE MATERIAIS DENTRO DO POÇO (PESCARIA)

Pode haver queda de materiais dentro do poço, seja durante as perfurações, manutenções, recuperações ou mesmo durante a operação dos poços. A retirada destes materiais é feita por pescaria. Os trabalhos de pesca são relativamente simples, porém demorados. Recomenda-se que usar sempre a ferramenta de pesca adequada, com o percussor entre a mesma e a haste de perfuração (o peso da haste constitui a força efetiva). Antes de levantar as ferramentas pescadas, pode-se encher o furo com água, pois a água amortece sua queda. Além disto, trabalhar com um curso reduzido do braço da balancin permite um melhor controle das ferramentas de pesca.

Pescaria com percussora - Quando ocorrer a quebra na rosca da haste ou queda de qualquer peça do conjunto de perfuração (broca, haste, percussor e porta cabo) ou outro material dentro do poço (bomba, tubos e outros) deve-se tentar pesca-los. Usa-se um pescador apropriado com a base larga. Aciona-se o balancim da máquina e então são dadas pancadas para que ocorra a penetração da ferramenta quebrada ou da peça caída dentro do pescador. Assim, a ferramenta é retirada por pressão. Durante a pescaria, é comum o conjunto de haste rompido ficar deslocado do centro do poço. Então é usado um deslocador para deslocar este conjunto novamente para o centro do poço e, assim, viabilizar o uso do pescador. Mesmo durante a perfuração, quando é encontrada uma caverna ou uma grande fratura que, às vezes, o ferramental pode ficar deslocado causando o desalinhamento do poço. Quando do rompimento do cabo de aço da sonda percussora é introduzido um pescador de cabo do tipo escama que, por tentativas, resgata o cabo rompido. A queda ocasional de matacões pode calçar de tal modo as ferramentas que estas não podem ser soltas. Corta-se o cabo e as ferramentas são retiradas com a coluna de pesca.

Pescaria com rotopneumática - Quando há quebra da haste de perfuração, fica um tubo vazado que, para ser pescado, é necessário ter um pescador macho ou fêmea, o qual fará uma rosca por dentro ou por fora, respectivamente, no tubo edutor quebrado com rosca fina de 3 ou 4 fiadas. O tricône ou o bit caído no fundo do poço dará firmeza à haste quebrada e isto possibilitará a confecção da rosca. Caso o conjunto todo girar, recomenda-se parar.

Quebra de percussor - Isto raramente causa dificuldades. A quebra de um percussor começa geralmente com pequenas rachaduras, resultando em uma completa ruptura devido ao uso prolongado. Os defeitos são detectados batendo-os com um martelo quando estiverem suspensos na torre. Os percussores sem problemas produzem som claro como o de um sino.

6.0 ABANDONO E OBTURAÇÃO DE POÇOS

Caso não seja interesse a reabilitação do poço, antes de abandoná-lo, a COPASA procede sua baixa patrimonial, o cancelamento de sua outorga e sua obturação. É também avaliada a possibilidade da sua substituição com a perfuração de um novo poço próximo.

Para a obturação deste poço usa-se um Tarugo de PVC + concreto, que desce amarrado, por corda ou arame, a um tampão de metal, até atingir a rocha ou pelo menos até 2m abaixo do revestimento. Deve-se amarrar a corda na boca do poço e inserir massa seca dentro dele até o seu preenchimento. Quando o poço for seco fazer a massa úmida.

7.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Seja um pequeno proprietário rural, que tenha apenas um poço ou uma grande Empresa de abastecimento, que tem inúmeras baterias de poços, a implantação de um programa de manutenção preventiva nos poços evita problemas como a falta de abastecimento. Portanto, um estreito controle da operação do poço possibilita diagnosticar a causa do problema e efetuar as correções necessárias no devido tempo antes do colapso do poço.

8.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- Alberto de Freitas C., Batista Inez G. e Joroski R. Projeto Piloto de Combate as Ferro Bactéria em Poços Tubulares no Aquifero Aluvionar de Amaro Lanari no Vale do Aço – MG. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Florianópolis 2002.
- 2- Armando. Sondador da DVAS (Divisão de Águas Subterrâneas) Belo Horizonte 2005. Entrevista concedida a Délio C. S. de Melo.
- 3- Ferrer Jorba, A. e Albuquerque Rocha, G. Manual de operação e Manutenção de Poços. Departamento de águas e Energia Elétrica, São Paulo, 2º Edição 1982.
- 4- Godoi M.J.P.; Nóbile D.H.; Willi B.F.F.F. Desincrustação química em poços tubulares profundos a partir de ortofosfatos ácidos - Estudo de um caso em Presidente Prudente, SP. In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2002, Florianópolis, p.5-14.
- 5- Johnson. Edward E. Água Subterrânea e Poços Tubulares. Tradução pela Org. Pan-Americana da Saúde e Faculdade de Eng. da Univers. Federal do Paraná. Paraná 1969. 390 p. Titulo original: Ground Water and Wells.