O Aumento da Produção de Água, Redução do Consumo de Energia Elétrica e Recuperação de Investimentos, Através da Manutenção e Desincrustação Química em Poços, com a Utilização de Produto a Base de Ortofosfatos Ácidos.

MARTINS NETTO, JOSE PAULO G.(1) ; MORAES, NILTON G.(2); FRANCO FILHO, FERNANDO W.B.(3); BIANCHI NETO, CÉSAR (4)

RESUMO

A utilização de água subterrânea tem grande importância em todo o sistema de abastecimento de água efetuado pela Sabesp, compreendendo um total aproximado de 1.000 poços em operação e um percentual de 77% do número de mananciais explorados pela Diretoria de Sistemas Regionais.

Como os demais componentes do sistema de captação e distribuição de água, os poços também requerem manutenções, que são efetuadas muitas vezes de forma corretiva e não preventiva. A realização de processos de reabilitação de poços, com novos produtos e tecnologias, tem possibilitado a recuperação de vazão e melhoria da qualidade de água produzida.

O presente trabalho resume dados de 27 processos de reabilitação de poços, realizados preferencialmente em poços da SABESP, no Estado de São Paulo, com a utilização do agente desincrustante NO RUST, a base orto-fosfatos ácidos, que demonstrou grande capacidade de recuperação de vazão e qualidade de água, proporcionando assim um aumento na produção de água, redução do consumo de energia elétrica (KW/m³ extraído), redução dos custos operacionais e rápida recuperação dos investimentos necessários.

Nos casos relatados onde o abastecimento local estava sendo efetuado por caminhão-pipa, o custo das operações foi recuperado em um tempo medido em dias, com um imediato aumento da receita e forte redução dos custos operacionais, pela eliminação do transporte em caminhão.

(1) Geólogo, 1988, especializado em Administração de Empresas pela Fundação Getúlio Vargas, Diretor Executivo da Maxiagua Soluções em Água; especializado em perfuração, manutenção e reabilitação de poços, com acompanhamento de mais de 1.200 poços, e mais de 3.000 manutenções; largo conhecimento em tratamento de água, incrustação e desincrustação de redes. R. Açatunga, 154, São Paulo - SP – Brasil – Fone: 55 -11- 5096-5888 – e-mail: jp@maxiagua.com
(2): Engenheiro Civil e Engenheiro de Segurança do Trabalho da SABESP – formado 1998, Gerente do Departamento de Manutenção e Automação responsável pela operação e manutenção de mais de 1.000 poços. SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo –Av. Do Estado, 561 – São Paulo – SP, BRASIL- e-mail: nmoraes@sabesp.com.br , tel. 55 11 3388 7330
(3) Geólogo da SABESP – formado 1975, Especializado em Engenharia de Saneamento Básico pela Faculdade de Saúde Pública – USP, São Paulo - Brasil, responsável pela elaboração de projetos e acompanhamento de um grande número de obras de perfuração e recuperação de poços; e-mail: ffranco@sabesp.com.br , tel. 55 11 3388 7366
(4) Geólogo da SABESP – formado 1983, Especializado em Engenharia de Saneamento Básico pela Faculdade de Saúde Pública – USP, São Paulo, Brasil, responsável pela elaboração de projetos e acompanhamento de um grande número de obras de perfuração e recuperação de poços; e-mail: cbianchi@sabesp.com.br, tel. 55 11- 3388 7366.

PALAVRAS-CHAVE: Manutenção de Poços, Reabilitação de Poços, Desincrustação Química, Qualidade de Água, Redução Energia Elétrica.

A substituição de agentes desincrustantes utilizados no passado, como ácido clorídrico, muriático, cítrico, etc., por produto a base de orto-fosfatos de características ácidas, isento de metais pesados, certificado como não tóxico, patenteado, e criado especificamente para poços, se mostrou adequada e eficiente.

Na desinfecção dos poços, foi substituído o cloro pelo bactericida FERBAX, isento de cloro, que não gera Thrialometanos THM, e assim os resultados das reabilitações e desinfecções foram muito bons, com grande segurança nas aplicações e preservação do meio ambiente.

INTRODUÇÃO

A água subterrânea é uma fonte bastante confiável de abastecimento de água, e no Brasil é largamente utilizada, onde se estima que existam pelo menos 400.000 poços em operação. Dados IBGE indicam que 15,6 % dos domicílios utilizam exclusivamente água subterrânea.

Na SABESP os poços em operação se aproximam de 1.000, com uma produção de 12.667.000 m³/mês, perfazendo um total de 21% da água produzida (Fig. 01) e abastecendo 377 comunidades, que representam 55 % do total de comunidades abastecidas pela Diretoria de Sistemas Regionais (Fig. 02). (2004)

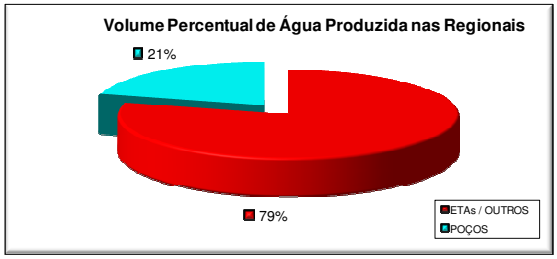

Fig. 1. Volume % de água produzida pelos poços, na Diretoria de Sist. Regionais SABESP.

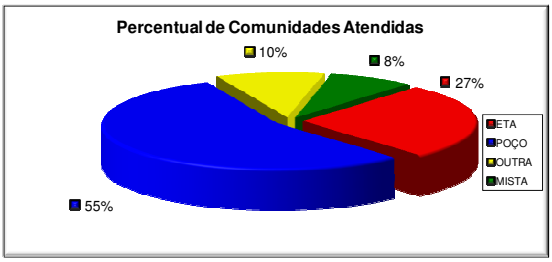

Fig. 2. Percentual de comunidades atendidas por poços, na Diretoria de Sist. Reg. SABESP.

Na operação normal dos poços, a água sofre alterações de pH, temperatura e pressão no momento que entra nos poços, e estas alterações geram precipitações e corrosão, com variações de intensidade que dependem da composição hidroquímica da água. Muitas vezes estas incrustações não são sentidas imediatamente, porém seu acúmulo ao longo do tempo, causa problemas de redução da produção de água e alterações de qualidade.

Com a redução de vazão e rebaixamento dos níveis, os conjuntos bombeadores saem de seus pontos máximos de rendimento, e assim, ocorre um aumento do consumo de energia elétrica por m³ de água explorada em um poço.

Outro fato que temos que relevar, e que tem indicado a execução dos trabalhos de reabilitação, é a redução do fornecimento de água. Populações e regiões abastecidas por sistemas que dependem de poços, com a perda de vazão, acabam sofrendo as conseqüências pela falta de manutenção preventiva, e em alguns casos, é necessário o abastecimento alternativo por caminhão pipa, como veremos em casos relatados abaixo.

Buscando a desincrustação dos poços, foram efetuados trabalhos com vários produtos e empregadas diversas tecnologias, buscando soluções práticas e economicamente viáveis.

O presente trabalho resume os resultados obtidos nestas operações em poços, na maioria SABESP, com a utilização do produto ***NO RUST***, a base de orto-fosfatos de características ácidas, sendo que ainda foram realizados diversos outros trabalhos na SABESP, com este mesmo produto, aqui não detalhados.

OBJETIVO

O presente trabalho visa demonstrar os resultados obtidos em diversas reabilitações de poços na SABESP, em todo o Estado de São Paulo, que proporcionaram primeiramente a solução de problemas de abastecimento local, com a recuperação de vazões perdidas, além de redução no consumo de energia elétrica e aumento de receita.

Os dados apresentados de redução real de energia elétrica (por aumento da eficiência nos conjuntos bombeadores), isoladamente, ou quando somados aos números de aumento de receita por aumento da produção de água, demonstraram que é possível se recuperar os investimentos feitos nestes processos de reabilitação de poços, em tempo muito curto.

MATERIAIS E MÉTODOS

O Estado de São Paulo tem grandes variações na Geologia, e como a SABESP atua em 387 Municípios, as condições de incrustação e sua composição nos poços varia muito. De forma a simplificar o entendimento podemos dizer que preferencialmente os problemas relacionados com Carbonatos nos poços se concentram na Bacia do Paraná na porção Oeste e Noroeste do Estado. O ferro e manganês causam mais problemas nos poços que aproveitam os aquíferos Terciários, Quaternários e Embasamento Cristalino.

Até o ano de 2000 foram utilizados diversos produtos a base de ácido cítrico e hexametafosfato, na tentativa de remoção das incrustações e recuperação dos poços, porém, os resultados não eram satisfatórios, e assim, as operações só eram realizadas nos momentos críticos do fornecimento de água.

Para aumentar e eficiência das operações, foram também tentados trabalhos com ácido clorídrico, que tem concentração média de mercado de 30 a 34 % HCl, o que representa altos riscos operacionais, de manuseio e transporte, e assim foram efetuadas manutenções com ácido muriático, que é uma versão comercial do ácido clorídrico, com média de 10 a 12 % de HCl, e menor custo, porém ainda requeria grandes cuidados nas operações, e riscos ambientais a serem considerados.

As operações com ácido clorídrico/muriático demonstraram resultados no carbonato, porém sua aplicação é bastante perigosa, e por ser simplesmente um ácido, e não um produto para poços, ocorre na sua aplicação uma forte geração de gases e violenta agressão aos metais presentes do poço, podendo causar danos irreparáveis. Outro fato que temos que notar é que o ácido muriático é comercialmente destinado a limpeza de "pedras" e construção civil, não sendo adequado às exigências para trabalhos em água potável, e pode conter significativas quantidades de metais e outros contaminantes.

A aplicação de produtos que não tem um preciso controle de qualidade nos poços, e que pode inclusive gerar subprodutos desconhecidos ou não totalmente estudados, pode causar alterações de qualidade ou deposição de contaminantes no aqüífero, que somado ao problema do descarte das soluções a base de ácido clorídrico, enriquecido com metais, que causam impacto no meio ambiente, não recomenda sua utilização.

Para solução do impasse entre a baixa eficiência e o alto risco, foram testados alguns produtos comerciais, e o de melhor resultado foi o produto a base de orto-fosfatos ácidos "***NO RUST***", que demonstrou segurança na aplicação, isenção de metais pesados em sua composição, possui certificado de produto não tóxico tipo DL 50 > 2.000 mg/kg, e resultados bastante significativos na reabilitação de poços, com recuperação de vazão e inclusive capacidade de redução do ferro na água produzida.

A metodologia aplicada se mostrou bastante eficiente e flexível, suportando as variações de condições dos poços em todo o Estado. As quantidades de produto foram ajustadas, conforme orientação do fabricante, levando-se em conta o volume estático dos poços (inclusive área aberta do pré-filtro) e tipo de problema encontrado.

Outro fator importante considerado, foi o acúmulo de incrustações associadas a problemas biológicos, principalmente bactérias redutoras de ferro, que causam um forte acúmulo de incrustações, com grandes perdas de vazão e fortes alterações na qualidade da água.

O cloro não se mostrou eficiente para eliminação destas bactérias, e a prática mostra que desinfecções com cloro, resultam em simples melhoria instantânea do problema com seu reaparecimento de forma muitas vezes mais grave, em intervalo curto de tempo. O cloro causa um efeito de desidratação superficial do biofilme, atuando também na oxidação dos metais presentes neste, e assim, sua ação fica restrita ao poço, não se aprofundando no pré-filtro e aqüífero (sedimentar ou fraturado).

Compostos de cloro como o Hipoclorito de sódio, quando associados à matéria orgânica geram Thrialometanos (THM), conhecida e comprovadamente cancerígenos, acumulativos nos organismos e meio ambiente, desta forma, o descarte de soluções cloradas requer um cuidado não observado no passado.

Por estes motivos foi utilizado para desinfecção dos poços e controle/eliminação de ferro-bactérias, o agente de nome comercial FERBAX, isento de compostos de cloro (não tem possibilidade de geração de THM) , criado para aplicação em poços, patenteado pelo fabricante, que também possui certificado de produto não tóxico tipo DL 50 > 2.000 mg/kg. Sua aplicação se mostrou bastante eficiente no controle de ferro-bactérias e eliminação de outras bactérias que normalmente são encontradas em poços.

CORROSÃO E INCRUSTAÇÃO

Os metais presentes na água, mesmo potável, por alterações hidroquímicas entre o aqüífero e os poços, acabam por precipitar nos poços, na forma de incrustações que geram perda de carga e redução da capacidade de produção de água. O acúmulo das incrustações ao longo do tempo pode ocasionar problemas de difícil solução ou danos irreversíveis, e desta forma, a manutenção preventiva dos poços tem grande importância, pois remove as incrustações, e impede danos maiores ao longo do tempo.

A remoção destas incrustações, de forma eficiente e profunda permite que os poços recuperem vazões perdidas e retomem qualidade de água.

Por outro lado, os processos de corrosão que também afetam diretamente a vida útil dos poços e qualidade da água produzida. O processo de deterioração em materiais metálicos se caracteriza pela perda de material através da dissolução (corrosão) ou pela formação de material não metálico (oxidação).

No caso de materiais metálicos, a corrosão é um processo eletroquímico que envolve metais e um eletrólito, composto, de modo geral, das substâncias químicas da água. Este processo geralmente tem início na superfície dos metais, onde ocorre uma reação química com transferência de elétrons de uma espécie química para outra. Este tipo de reação, caracterizada pela perda de elétrons, é chamada de reação de oxidação e está representada a seguir pelo metal M, hipotético, de valência n (reação 01 abaixo):

$$M \rightarrow Mn^{+} + ne^{-}$$

Porém, um processo eletroquímico é composto de uma reação de oxidação e por uma de redução, sendo que o processo propriamente dito é a soma das duas reações. As reações 02 e 03, abaixo exemplificam este processo:

$$Fe + ½\ O_2 + H_2O \rightarrow Fe^{2+} + 2\ OH^- \rightarrow Fe(OH)_2$$

$$2\ Fe(OH)_2 + ½\ O_2 + H2O \rightarrow 2\ Fe(OH)_3$$

Nos processos de corrosão do ferro na água, as reações que ocorrem são as apresentadas anteriormente, sendo que o composto formado é o óxido de ferro, produto conhecido da corrosão. Estes óxidos se somam aos precipitados formados pela própria água nos poços, agravando os problemas.

Parte destes óxidos e precipitados são comumente arrastados no momento de acionamento dos poços, pelo aumento de velocidade, gerando alterações de qualidade na água (cor, turbidez e excesso de metais) e podendo torná-la não potável.

Quanto ao cálcio, seu teor nas águas subterrâneas varia, de uma forma geral, de 10 a 100mg/L, podendo atingir 250 a 300 mg/l em determinadas regiões. As principais fontes de cálcio são os plagioclásios cálcicos, calcita, dolomita, apatita, entre outros.

O carbonato de cálcio é muito pouco solúvel em água pura e assim, o cálcio ocorre nas águas na forma de bicarbonato, e sua solubilidade está em função da quantidade do CO2 presente. Por sua vez a quantidade de CO2 dissolvida depende da temperatura e da pressão, que são, portanto, fatores que vão determinar a solubilidade do bicarbonato de cálcio, ocasionando variações que ora levam à solubilização do carbonato de cálcio, ora levam à sua precipitação, conforme reação abaixo (equação 04 abaixo):

$$Ca\ (HCO_3)_2 \xrightarrow{\Delta\ P} CaCO_3 \downarrow + CO_2 \uparrow + H_2O$$

onde, Δp = é variação de pressão.

Para se remover as incrustações formadas por carbonato de cálcio, ferro e manganês, é necessário que se quebre estas moléculas, e que os íons se mantenham solúveis, possibilitando a sua remoção. Desta forma foi aplicado o NO RUST, que possui estas propriedades, e possibilita que as operações sejam realizadas com pH na faixa de 1,8 a 2,4, que acelera muito a solubilidade dos metais e melhora os resultados, principalmente se comparado com o ácido cítrico que trabalha na faixa de 3,5 a 4,5 e se oxida com o ar durante as operações, gerando um aumentando do pH e perda de eficiência.

CÁLCULO DE VOLUME DOS AGENTES APLICADOS

Para cálculo do volume de NO RUST e FERBAX a ser aplicado em cada poço, tomou-se como base o volume estático dos poços (profundidade total (-) nível estático) calculado com a fórmula de volume de um cilindro: V = Π.r2.h.. Nos poços de sedimento, foi considerado também o volume estático no pré-filtro, aplicando-se o fator de 25 % de área aberta neste.

Para os casos de ferro e manganês, o volume de NO RUST aplicado foi de 1,5% do volume estático do poço, e nos casos de carbonato, este volume foi elevado para 2,5%, pois cálculos da massa de incrustação presentes nos poços demonstraram acúmulo de toneladas de carbonato de cálcio em alguns poços, e assim por uma relação massa X massa é necessário que se tenha uma grande massa de produtos, para remoção de uma grande massa de incrustações.

O volume de FERBAX foi normalmente de 10 % do volume de NO RUST, e nos casos de ferro-bactérias, este volume variou de 0,5 a 1,0 % do volume estático dos poços.

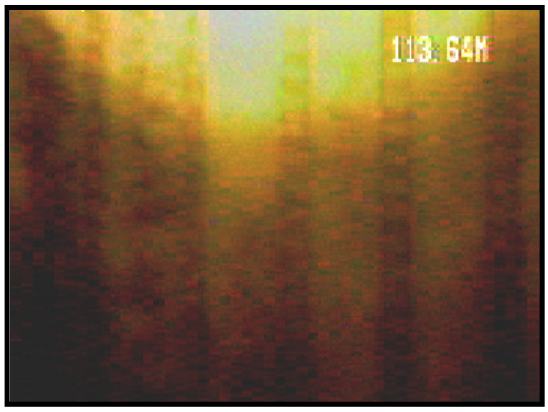

Figura 3. Filtro antes da desincrustação química PPS 13 – Pres. Prudente.

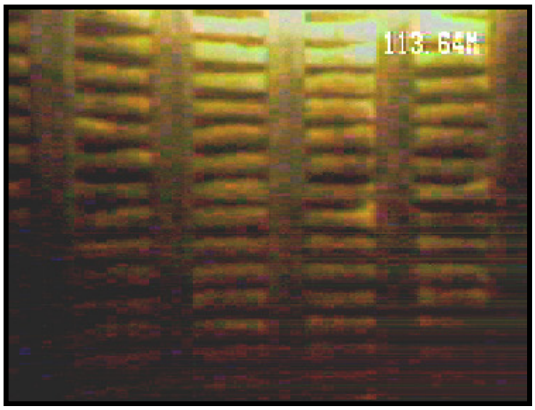

Figura 4. Filtro após a desincrustação química PPS 13 – Pres. Prudente.

METODOLOGIA EMPREGADA

A metodologia empregada para desincrustação química e desinfecção dos poços, pode ser resumida em 05 etapas principais: 1- aplicação dos agentes; 2 – distribuição dos agentes nos poços através de recirculação de fluídos; 3 - tempo de contato; 4 – descarte de soluções; 5 – desinfecção final.

No conjunto de todos os poços SABESP onde foi aplicada a desincrustação química, Marabá Paulista – P3, Pres. Bernardes P12, e Caçapava P 21A, foram efetuados os trabalhos com a remoção do conjunto bombeador e utilização de ar comprimido, que passou a ser a metodologia recomendada, e em todos os outros poços, os processos foram efetuados com as próprias bombas instaladas (Fig. 06).

O P21A de Caçapava (Fig. 07) recebeu uma operação com Jateamento e Pistoneamento, além do bombeamento com ar comprimido, que resultou com um aumento de 53,28 % na vazão específica, e um incremento mensal de vazão produzida da ordem de 16.260 m³/mês ou 195.120 m³/ano.

Figura 6. Recirculação com a própria bomba São João das Duas Pontes – SABESP - P5.

Figura 7. Detalhe do bombeamento de fundo, no Poço SABESP - Caçapava P21A.

Operações com as próprias bombas dos poços, requerem que as bombas sejam levantadas alguns centímetros na boca do poço, ou se instale um tubo auxiliar para a recirculação de fluídos, e apresentam as seguintes vantagens:

1 – Baixo custo, pois não exige deslocamento de sondas de manutenção, compressores e equipamentos terceirizados, podendo ser feita pela própria SABESP.
2 – As operações podem ser feitas em poucas horas (ideal para casos onde não pode ser interrompido o abastecimento).

Porém apresentam as seguintes desvantagens:
1 – Normalmente o posicionamento das bombas está acima de fraturas ou de filtros inferiores, e assim a operação pode não atingir o poço como um todo (com a utilização de ar comprimido os injetores são posicionados próximo ao fundo dos poços, proporcionando uma ação na totalidade do poço).
2 – Como as bombas não são retiradas e o poço filmado, podem existir e permanecer ocultos problemas como rompimentos, corrosões, e outros.
3 – A utilização de ar comprimido, escovas e pistão, associam ação mecânica aos processos de manutenção/desincrustação química e assim, potencializam a ação do agente desincrustante, com melhores resultados.
4 – As tubulações e bomba devem sempre estar em perfeito estado, pois o desincrustante utilizado é poderoso, e remove todas as incrustações em tubos, bombas, etc., podendo expor problemas encobertos pelas incrustações.

Desta forma, a recomendação geral é que as operações de desincrustação sejam efetuadas com a retirada dos conjuntos bombeadores e a utilização de ar comprimido.

Os processos de desincrustação também foram utilizados em casos onde a bomba se encontrava aprisionada no poço, e a solubilização destas incrustações permitiu, na maioria dos casos, que a bomba fosse retirada preservando a integridade do poço.

Abaixo estão descritas as operações padrões nos processo de desincrustação química.

1 – Avaliação dos dados históricos do poço (níveis, vazões, qualidade da água, etc.).
2 – Determinação da quantidade de agentes a serem utilizados.
3 – Ensaio de vazão, com determinação da condição atual de exploração do poço.
4 – Retirada do equipamento de bombeamento (Fig. 08).

Figura 8. Incrustação no cabo elétrico e tubulação no Poço 12 –SABESP - de Pres. Bernardes.

5 – Perfilagem óptica do Poço.

6 – Instalação de tubulação para bombeamento com compressor de ar, sistema air-lift.
7 – Colocação do poço em recirculação de fluídos, onde o ar/água retornam para o poço.
8 – Mantendo o poço em recirculação por 1 h, aplicação de 1/3 do volume de NO RUST.
9 – Aplicação dos 2/3 restantes de produto em mais 04 horas, mantendo a recirculação, e nos casos de "air-lift", as operações foram alternadas com o poço sendo "fervido"/ bombeado / recirculado / descartado.
10 – Tempo de repouso e contato (02 a 12 horas) normalmente a noite.
11 – Operações de descarte de soluções (04 a 06 horas).
12 – Desinfecção do poço e desmontagem da tubulação de ar e água.
13 – Tempo de repouso para filmagem.
13 – Perfilagem ótica do poço.
14 – Instalação do conjunto bombeador definitivo.
15 – Desinfecção da bomba, cabos, tubos de medição, já com o poço equipado.
16 – Testes finais de bombeamento, com determinação da nova condição de exploração.

RESULTADOS OBTIDOS EM 19 POÇOS REABILITADOS NA SABESP

Os poços onde foram realizados os serviços se encontram distribuídos por todo o Estado de São Paulo, e tinham problemas relacionados com incrustações por cálcio (na forma de carbonatos), e incrustações por ferro e manganês. Dentro do universo estudado existem poços de rocha, sedimento e "mistos", o que proporcionou uma visão dos resultados nas diversas condições geológicas e hidrogeológicas encontradas.

Devido à própria heterogeneidade da geologia, dos aqüíferos e das condições construtivas dos poços, não foi possível se associar determinada condição a um resultado esperado, sendo que a metodologia aplicada se mostrou bastante flexível e com bons resultados nas diversas condições de trabalho apresentadas.

Em 100 % dos trabalhos foram obtidos resultados satisfatórios de recuperação da vazão específica, e nos casos de poços "abertos" em Sedimento, como Cesário Lange – Fazenda Velha –P2, os resultados superam em muitas vezes, a vazão produzida pelo poço antes da intervenção.

Um comparativo de resultados entre poços de sedimento "abertos" e revestidos, com problemas de carbonatos, pode ser feito entre os poços de Cesário Lange - Fazenda velha P2 (aberto) e P3 revestido, com um aumento de 337 % e 67,85 %, respectivamente. Estes resultados bastante expressivos, são notados também nos poços de Capivari, SP.

A Tabela 01 mostra os resultados obtidos quanto ao aumento da vazão específica nos 19 processos de reabilitação realizados em poços SABESP, onde foram aplicados os agentes NO RUST e FERBAX para desincrustação química e desinfecção.

LOCAL	POÇO	Prof.	Ano Perf.	Vazão específica **ANTES**	Vazão específica **DEPOIS**	**Aumento %** da vazão Específica
Caçapava	P21A	203	1991	7,619	11,682	**53,28**
Canas	P2	141	1985	1,680	2,160	**28,57**
Cesário Lange	Fz Velha P2	151	1984	0,008	0,035	**337,00**
Cesário Lange	Fz Velha P3	206	1989	0,038	0,056	**67,85**
Dolcinópolis	P2	160	1979	0,500	0,800	**60,00**
Guararema Parateí	P3	76	1999	0,214	0,313	**46,26**
Marabá Pta.	P3	133	-	0,800	1,500	**87,50**
Miracatú	Sta. Rita	85	1985	0,181	0,283	**56,25**

Orindiuva	P3	252	1990	0,106	0,152	**44,02**
P. Bernardes	P12	360	1996	0,380	0,480	**24,90**
Piacatu	P4	150	1980	0,100	0,150	**57,14**
Pirapozinho	P10	238	1991	0,313	0,337	**8,00**
Prudente	P13	203	1986	0,650	0,920	**41,53**
S. J. 2 Pontes	P2	200	1990	0,280	0,350	**26,90**
S. J. 2 Pontes	P5	200	1995	0,230	0,270	**14,80**
S. Lourenço Serra	Despésio	150	1981	0,056	0,120	**114,01**
Sete Barras	Rib. Serra	150	1981	0,080	0,090	**13,44**
Taciba	P4	220	1988	0,250	0,330	**32,01**
Valentim Gentil	P10	390	1997	2,080	2,460	**18,27**

Tabela 1. Resultados quanto aumento da vazão específica, em 19 SABESP reabilitados com NO RUST.

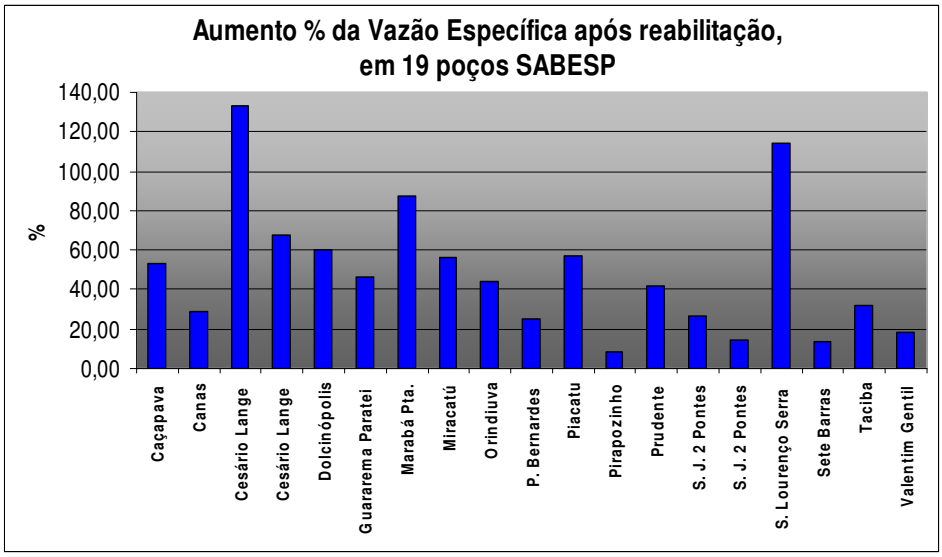

Gráfico 01. Resultados quanto à vazão específica ($m^3/h/m$), antes e após as operações com NO RUST.

Praticamente a totalidade dos poços, não havia sofrido processo de manutenção/desincrustação química anterior aos trabalhos realizados, sendo efetuadas as trocas de bombas e demais procedimentos de rotina, ao longo da vida do poço. As desincrustações químicas tiverem caráter corretivo, pois a maioria dos poços já mostrava sinais de comprometimento com vazão, e em alguns casos também qualidade.

Os 02 poços de S. João das Duas Pontes eram tidos como "sem problemas de perda de vazão", porém os trabalhos demonstraram um aumento na vazão específica de 14,80 % (P2) (Fig. 9) e 26,90 % (P5), com redução de energia elétrica respectivamente de 7,93 % e 6,70 %, o que reforça a importância das manutenções preventivas nos poços.

Baseados nos conjuntos bombeadores, rendimentos, condições de exploração, foram calculados os consumos de energia de cada bomba, e assim o resultado quanto a redução percentual do consumo de energia elétrica nos poços, está descrito na Tabela 02 abaixo.

Para estes cálculos de consumo de energia elétrica nos bombeadores, foi aplicada a seguinte fórmula:

$$\text{Kw consumido} = \frac{0{,}162 \,.\, \text{vazão}(\, m^3/\text{minuto}) \,.\, \text{altura manométrica total (m)}}{\text{rendimento do conjunto bombeador (\%)}}$$

LOCAL	POÇO	Prof.	Ano Perfuração	**Redução** percentual do consumo de energia elétrica
Caçapava	P21A	203	1991	**- 23,01**
Canas	P2	141	1985	**- 8,00**
Cesário Lange	Fz. Velha P2	151	1984	**- 33,01**
Cesário Lange	Fz. Velha P3	206	1989	**- 45,19**
Dolcinópolis	P2	160	1979	**- 34,63**
Guararema Parateí	P3	76	1999	**- 14,10**
Marabá Pta.	P3	133	-	**- 43,47**
Miracatú	Sta. Rita	85	1985	**- 22,58**
Orindiuva	P3	252	1990	**- 18,42**
P. Bernardes	P12	360	1996	**- 10,63**
Piacatu	P4	150	1980	**- 6,50**
Pirapozinho	P10	238	1991	**- 6,30**
Prudente	P13	203	1986	**- 21,37**
S. J. 2 Pontes	P2	200	1990	**- 6,70**
S. J. 2 Pontes	P5	200	1995	**- 7,93**
S. Lourenço Serra	Despésio	150	1981	**- 6,80**
Sete Barras	Ribeirão da Serra	150	1981	**- 6,80**
Taciba	P4	220	1988	**- 42,20**
Valentim Gentil	P10	390	1997	**- 8,30**

Tabela 2. Redução % de energia elétrica na exploração, após a reabilitação de 19 poços SABESP.

Para o rendimento do conjunto bombeador em cada ponto, foram utilizadas curvas fornecidas pelos fabricantes de cada bomba, e no caso do Poço Caçapava P21a foi utilizado o consumo em CV por estágio e a partir daí determinado o consumo total que foi dividido pela vazão antes e após os trabalhos.

Figura 9. Qualidade da água durante e após o tratamento no P2 de São João das Duas Pontes.

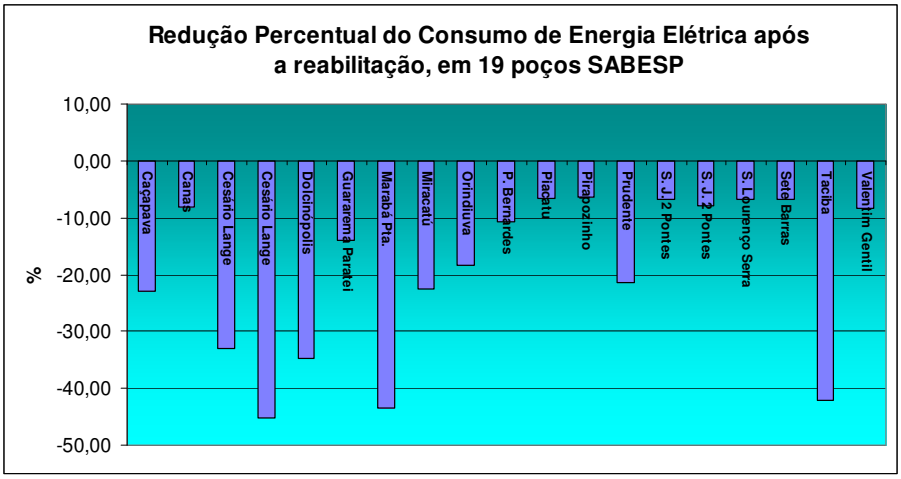

Gráfico 03. Redução percentual de energia elétrica após a reabilitação de 19 poços SABESP.

O poço de Marabá Paulista apresentava produção de areia, e este problema também foi resolvido, pois está comprovado que poços com este problema, ou com rompimentos, melhoram a sua condição operacional após as desincrustações químicas, pois estas permitem uma melhor distribuição do fluxo pelo poço como um todo e uma redução de velocidade nos pontos críticos, onde estão localizados os problemas, que se agravam por aumento de velocidade pontual.

Quanto aos resultados nos 19 poços reabilitados, podemos resumir da seguinte forma:

Aumento do fornecimento total de água em m³/hora	= 117,75 m³/hora
Aumento do fornecimento total de água em m³/ano *	= 874.800 m³/ano
Aumento médio da vazão específica **	= 44,15% **
Redução média no consumo de energia elétrica nos poços	= 19,26 %
Redução total de energia elétrica (Kw/h)	= 40,30 KW/h
Redução total de energia elétrica (Kw/ano)*	= 290.139 KW/ano

Obs.: (*) considerando um regime de 20 horas por dia; 30 dias/mês ; 365 dias /ano
(**) o P2 de Fz. Velha foi excluído desta média, pois demonstrou um resultado de 337 % , muito superior a média, e assim poderia alterar resultados.

A multiplicação destes números pelas tarifas cobradas e pagas, demonstra um retorno de investimento em questão de poucos meses, pois os valores recuperados em um ano, superam em 04 a 06 vezes os valores totais investidos.

Em relação aos poços de Cesário Lange – SP - Fazenda Velha P2 e P3 de e Guararema - SP – Parateí- P3, onde o abastecimento de água estava sendo efetuado por caminhão tanque, além da solução do primeiro problema que era o abastecimento, a interrupção do uso do caminhão tanque proporcionou uma grande economia de Reais.

O valor da água transportada pela SABESP, em e caminhão tanque, é de R$ 46,61 por m³ (segundo comunicado 02/06 - de Agosto 2006), e assim se aplicarmos um fator de 50% sobre este valor e considerarmos o resultado como custo, teremos um custo de R$ 23,30 por m³ de água transportada.

O aumento da produção de água em Cesário Lange na duas operações (P2 e 5) foi de 2,57 m³/h que representam 51,4 m³ por dia, que multiplicados pelo custo de R$ 23,30 /m³

resultam em uma economia diária de R$ 1.197,62, e assim as duas operações podem ser pagas em 3,5 dias. Considerando que os poços devem sofrer manutenções a cada 12 ou 18 meses, o valor economizado em 12 meses seria de R$ 436.905,00, ou seja, aproximadamente 100 vezes o custo das duas operações iniciais de reabilitação (2007).

Considerando uma operação ideal, como os mesmos agentes, remoção do conjunto bombeador, bombeamento com ar comprimido e filmagens, a economia anual somente nestas duas operações custearia aproximadamente 12 a 15 operações em outros poços.

No caso de Guarema-Parateí P3, a desincrustação química representou um aumento de vazão de 4,85 m^3/h, e também a dispensa do caminhão tanque, e desta forma, aplicando os mesmos números de custo de água, transportada por carro tanque, de R$ 23,30 /m^3, teremos uma economia de R$ 113,00 / hora, ou R$ 1.356,00 em somente 12 horas de produção da diferença de água obtida antes e após os trabalhos. Estes números quando levados a uma escala anual representariam uma economia de R$ 494.940,00/ano.

Do ponto de vista bacteriológico, em todos os trabalhos foi dada ênfase especial às desinfecções, pois o número de ocorrências de ferro-bactérias no Estado de São Paulo tem crescido de maneira expressiva e assim, recomenda-se que em todas as operações nos poços, como término da perfuração, uma simples troca de bomba, manutenção/desincrustação química, revestimentos adicionais, etc., seja aplicado um bactericida isento de cloro, com real e comprovada capacidade de eliminação de ferro-bactérias, pois estas e outras bactérias fazem “pontes” nas ferramentas de perfuração, de manutenção, bombas e demais componentes, causando assim uma infestação introduzida nos poços, antes não contaminados, com prejuízo na qualidade de água, nos próprios poços e no aqüífero.

Foi verificada também, a informação não comprovada, e que deveria ser definitivamente esclarecida, de que após a utilização nos poços, de produtos que contém fosfato em sua composição, resíduos das operações poderiam favorecer o crescimento de bactérias

Esta informação já se mostrava infundada, pois nos poços não há existência de luz para ser associada a algum eventual resíduo de fosfato após os trabalhos, e assim favorecer o crescimento bacteriano. Ressaltamos ainda que a SABESP “desenvolveu” poços de Sedimento nos últimos 40 anos com a utilização Fosfatos, Hexametafosfato ou produtos a base deste, e nunca foi observada qualquer alteração bacteriológica que pudesse ao menos propor a dúvida, e assim a informação foi considerada inprocedente e descartada.

Foram considerados ainda os seguintes pontos:

O produto utilizado, NO RUST, a base de orto-fosfatos de características ácidas, é um produto para aplicação em poços e contém em sua composição outros agentes, e não é simplesmente um fosfato.

A maioria das bactérias têm um pH ótimo próximo da neutralidade ou ligeiramente alcalino (6,8 - 7,5). Destaque-se que a grande maioria das bactérias não tolera ambientes com caráter fortemente ácido, reduzindo o seu crescimento nessas circunstâncias.

O produto permite operações na faixa de 1,8 a 2,40, que já é suficiente para criar um ambiente nocivo à eventuais bactérias nos poços, principalmente quando a variação do pH é rápida e forte.

Os agentes utilizados nas operações são removidos ao término destas, e não deixaram resíduos nos poços, comprovados por análises de água posteriores aos trabalhos.

Quanto a questão das bactérias redutoras de ferro, estas dependem de Ferro para sua existência e não de fosfato, e assim se dependessem de fosfato seriam conhecidas como fosfato-bactérias e não ferro-bactérias.

Não se muda "regime alimentar" de bactérias, ou seja, bactérias redutoras de ferro ou sulfato dependem destes para sua existência, e não vão mudar sua condição de vida após uma operação nos poços.

A remoção de incrustações mostrou melhoria na qualidade da água e proporcionou a redução de metais, resultando em uma condição mais difícil ainda para o crescimento bacteriano.

Em todas as operações foi combinado o uso do bactericida FERBAX, que tem capacidade de eliminação de ferro-bactérias e demais bactérias presentes nos poços.

O resultado das análises de água após os tratamentos, com produto a base de orto-fosfaos de características ácidas, demonstrou que não há qualquer favorecimento ao crescimento bacteriano nos poços após as operações, com resultados comprovados logo após as operações, e ao longo de anos de acompanhamento.

RESULTADOS OBTIDOS EM OUTROS SISTEMAS

Neste tópico abordaremos o caso do Município de Capivari – SP, onde a distribuição de água é Municipal, e foram utilizados processos de reabilitação de poços com o agente NO RUST, em operações similares às realizadas nos poços SABESP. Os resultados obtidos no Município mostraram importantes números de recuperação de vazão, redução de consumo de energia elétrica e aumento na receita.

Capivari é um município com aproximadamente 43.000 habitantes, localizado no centro-sul do Estado de São Paulo, na borda leste da Bacia do Paraná. No Município afloram rochas sedimentares paleozóicas pertencentes ao Subgrupo Itararé, do Grupo Tubarão, e, em menor extensão, rochas ígneas intrusivas e sedimentos inconsolidados constituídos por aluviões.

Metade do abastecimento da cidade é feita por águas subterrâneas captadas através de 28 poços tubulares profundos. Estes poços captam água do Aqüífero Tubarão, e devido à natureza destes sedimentos, contendo matriz rica em carbonatos, as águas subterrâneas contêm quantidades consideráveis de carbonatos de cálcio, ferro e manganês, dissolvidos. A circulação dessas águas nos poços explotados, provoca precipitações de carbonatos que causam incrustações nos poros das formações geológicas e nos filtros, provocando a queda expressivas dos níveis e vazões.

A tabela 03 demonstra o resultado da desincrustação química realizada em 06 poços o Município de Capivari.

Poço	Situação	Nível estático(m)	Nível dinâmico(m)	Vazão (m^3/h)	Incremento na vazão
Cancian I	**Antes** da operação	25,30	150,00	10,7	**22,42%**
	Após a operação	24,80	149,00	13,1	
Cancian II	Antes da operação	55,90	149,30	4,38	**84,93%**
	Após a operação	50,86	148,10	8,10	
Cancian III	Antes da operação	31,00	142,00	6,10	**22,78%**
	Após a operação	31,00	141,00	7,90	

Moreno	Antes da operação	132,60	143,60	11,31	**90,01%**
	Após a operação	132,60	143,60	25,50	
Sgaribaldi III	Antes da operação	125,40	149,15	13,30	**53,90%**
	Após a operação	125,40	149,15	20,48	
Batistella II	Antes da operação	77,10	160,39	3,60	**139,0%**
	Após a operação	75,05	156,00	8,63	

Tabela 3. Resultados obtidos nas reabilitações com o uso do NO RUST para desincrustação.

Poço	Situação	Consumo em KW para extrair 100 m^3/água	Consumo em KW/m^3 de água extraída	Redução de energia
Cancian I	**Antes** da operação	92,93	0,9293	**18,30%**
	Após a operação	75,91	0,7591	
Cancian II	Antes da operação	127,16	1,27	**30,81%**
	Após a operação	87,98	0,87	
Cancian III	Antes da operação	92,76	0,9276	**22,82%**
	Após a operação	71,59	0,7159	
Moreno	Antes da operação	197,04	1,97	**57,38%**
	Após a operação	83,97	0,83	
Sgaribaldi III	Antes da operação	162,10	1,62	**54,90%**
	Após a operação	89,60	0,89	
Batistella II	Antes da operação	578	5,78	**75,00%**
	Após a operação	142	1,42	

Tabela 4. Resultados nas mesmas reabilitações, quanto a energia elétrica/ m^3 de água explorada.

Os trabalhos de reabilitação com NO RUST foram efetuados em um total de 08 poços no Município, e os resultados obtidos geraram um acréscimo na vazão explorada nos poços entre 22,42 a 139 % com uma média de 69,03%, que representou aumento na produção de água da ordem de 31.930 m^3/mês.

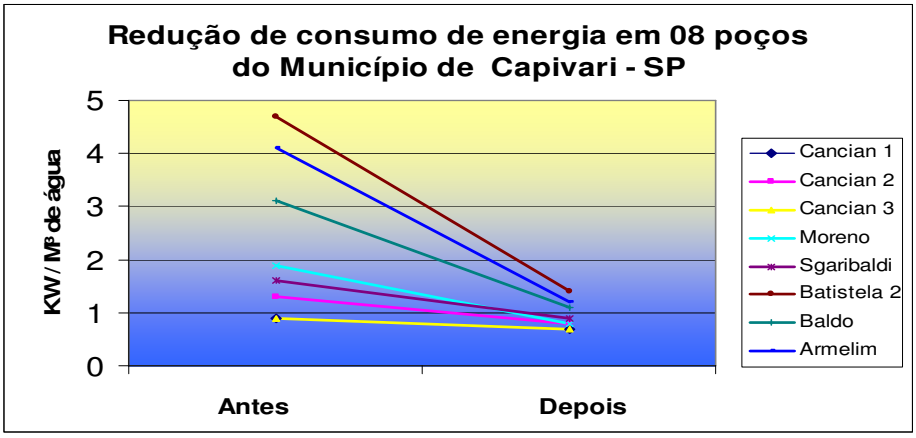

Gráfico 4. Redução do consumo de energia elétrica em KW/ m3 de água produzida, após os processos de reabilitação de 08 poços com a utilização do agente NO RUST, no Município de Capivari – SP.

A redução de consumo de energia elétrica (Gráfico 04) variou de 18,30 a 75,01%, com uma média de 41,15%, representando uma redução mensal de aproximadamente 40.230 KW, que teriam um custo anual ao redor de R$ 96.500,00.

A economia destes valores somada ao retorno em faturamento proporcionado pelo aumento da oferta de água, ronda R$ 298.000,00/ano, que representa retorno financeiro para SAAE, que assim pode continuar investindo na continuidade do programa de reabilitação de vazão nos poços.

Também no Município de Capivari, foi dado ênfase especial às desinfecções, e após os trabalhos os poços foram detalhadamente acompanhados por um longo período de tempo, e não se observou qualquer alteração negativa do ponto de vista bacteriológico. As alterações observadas foram positivas, com a eliminação de bactérias heterotróficas, nos poucos casos que ocorriam.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Todos os trabalhos realizados nos 19 poços SABESP se mostraram satisfatórios, onde em 100 % dos casos ocorreu aumento na vazão específica e na produção de água, com variações individuais em cada poço.

Mesmo poços sem problemas expressivos, ou notáveis de perda de capacidade de produção, como os de S. João das Duas Pontes, demonstraram bons resultados com um aumento na vazão específica de 14,80 % (P2) e 26,90 % (P5), com redução de energia elétrica respectivamente de 7,93 % e 6,70 %, o que reforça a tese do benefício das manutenções preventivas, que tem menor custo e podem trazer excelentes resultados.

Quanto a vazão específica, a média de incremento desta nos poços SABESP foi 44,15 %, com um aumento na produção de total de água de 874.800 m³ por ano.

A redução média do consumo de energia elétrica em KW/m³ de água produzida pelos poços, foi de 19,26%, com uma economia anual da ordem de 290.139 KW.

Nos casos onde era requerido o abastecimento por caminhão pipa, e este foi normalizado pelos poços, os resultados de recuperação de investimento são muito expressivos, pois as três operações poderiam gerar uma economia ordem anual da ordem de R$ 931.395,00 (R$ 436.905,00 em Cesário Lange e R$ 494.490,0 em Guararema), caso o abastecimento fosse mantido na forma de caminhão pipa.

Comparativamente ao Município de Capivari, este possui poços com condições semelhantes aos poços de Cesário Lange – Fz. Velha P2 e P3, e assim os resultados médios em 08 poços, de redução de energia elétrica, de 41,15 %, condiz com o resultado médio local da SABESP de redução de energia de 39,10 %. Do ponto de vista de aumento da vazão específica, Capivari mostrou média de 69,03 %, e a média local SABESP foi de 202,42%, que é superior a média geral, mas condizente com resultado máximo de 139 % obtido em Capivari.

Do ponto de vista bacteriológico, as desinfecções se mostraram bastante eficientes, resultando em todos os casos, água que atende os parâmetros bacteriológicos para água potável, de acordo com a Portaria Federal 518 do Ministério da Saúde.

Quanto a utilização de produto a base e orto-fosfatos de características ácidas, não foi observado qualquer resíduo nos poços, ou crescimento bacteriano após as aplicações, comprovado por um grande número de análises de água realizadas para potabilidade, após as operações e ao longo de anos de acompanhamento. Desta forma foi possível comprovar que a utilização dos agentes NO RUST e FERBAX, não proporcionou qualquer incremento do crescimento bacteriano, atuando inclusive de forma contraria esperada, eliminando eventuais bactérias antes presentes nos poços.

O resultados gerais do 27 casos apresentados, é bastante animador e comprovou a real capacidade de recuperação de investimentos através da desincrustação química dos poços com a utilização de produtos a base de orto-fosfatos ácidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Ministério da Saúde. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Portaria n. 518, de 25.03.2004.
2. CETESB - Relatório de Qualidade das Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2001 - 2003. Série Relatórios. CETESB.211 p.:il São Paulo.2004
3. DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA, Manual de Operação e Manutenção de Poços - DAEE, São Paulo, 1982, 2ª ed, 90p.
4. MARTINS NETTO, J.P.G.; DINIZ, H.N.; TARIC, S.A.; CLEBERSON, B.S.; Problemas Associados À Cloração De Água De Poços Para Atendimento Da Portaria 518, XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Curitiba - PR,: ABAS, 2006, CD-ROM.
5. HANTUSH, M.S. 1956. Analysis of data from pumping tests in leaky aquifers. Am. Geophys. Union Transactions, Washington, 37:702-714.
6. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - 2000. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. CDROM.
7. IPT - Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000. Volume 1. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo. 1981. 126p.
8. MARTINS NETTO, J.P.; DINIZ, H.N., 2002. Perspectivas De Redução De Íons Metálicos Nas Águas Subterrâneas A Partir De Processos De Desincrustação Química Em Poços Tubulares Profundos, Livro de Resumos... XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Florianópolis, ABAS/DNPM/UFSC-PPGEA, - 2002, CD-ROM
9. MARTINS NETTO, J.P.; DINIZ, H.N., 2002. FRANCO F., F.W.B., BIANCHI N., C., Desincrustação Química Em Poços Tubulares Profundos A Partir da Utilização de Ortofosfatos Ácidos – Estudo Em Presidente Prudente, SP -. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Florianópolis, ABAS/DNPM/UFSC-PPGEA, - 2002, CD-ROM
10. MARTINS NETTO, J.P.; DINIZ, H.N., JOROSKI, R., Novas Tecnologias de Desincrustação Química Utilizadas dos Poços Tubulares Profundos do SAAE de Capivari, SP -. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Florianópolis, ABAS/DNPM/UFSC-PPGEA, - 2002, CD-ROM
11. SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Comunicado 02/06 – Site Internet - www.sabesp.com.br