

DESINCRUSTAÇÃO QUÍMICA EM POÇOS TUBULARES PROFUNDOS A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE ORTOFOSFATOS ÁCIDOS – ESTUDO DE UM CASO EM PRESIDENTE PRUDENTE, SP

José Paulo Godoi Martins Netto¹; Hélio Nóbile Diniz²; Fernando Willi Bastos Franco Filho³ & César Bianchi Neto³

Resumo - A maior parte do Estado de São Paulo acha-se incluída na chamada Bacia Sedimentar do Paraná, uma bacia intracratônica estabelecida sobre a Plataforma Sul-Americana a partir do Devoniano Inferior.

Nesta bacia, na região noroeste do Estado de São Paulo, ladeando o Estado do Paraná, afloram predominantemente rochas sedimentares pertencentes às Formações Adamantina, Santo Anastácio e Caiuá, do Grupo Bauru.

Devido à natureza destes sedimentos, que contém em sua composição, cimento e nódulos carbonáticos, as águas subterrâneas, apresentam quantidades consideráveis de carbonatos de cálcio e pH elevado. Devido a estas características, a circulação dessas águas nos poços explorados, causam precipitações de carbonatos que acarretam incrustações nos poros das formações geológicas, nos filtros e nas tubulações de adução. Estas incrustações provocam invariavelmente a queda de vazões e dos níveis d'água e, em alguns casos, chega a ser de espessura suficiente para ocasionar o aprisionamento do conjunto moto-bomba submersa, nos poços em operação.

Neste trabalho é detalhada uma técnica de desincrustação química utilizando compostos à base Ortofosfatos com características ácidas, que possibilitaram a reabilitação da vazão e recuperação do diâmetro de um poço, utilizado para o abastecimento público no Município de Presidente Prudente, SP.

¹ Maxiagua Soluções em Água – R. Açatunga, 154, São Paulo, SP – Fone: (11) 5096-5888 – email: maxiagua@maxiagua.com

² Instituto Geológico do Estado de São Paulo – Av. Miguel Stéfano, 3900, Água Funda, São Paulo, SP – Fone (11) 5073-9992 r.2072 – email: heliodin@lycos.com

³ Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo- SABESP – VPI – Vice-Presidência do Interior- Unidade IPTT – Div. Tec. Operacional em Águas Subterrâneas – Av. do Estado 561, São Paulo - SP – Fone (11) 3388 7366 – email: ffranco@sabesp.com.br ;email: cbianchi@sabesp.com.br

Abstract - Most part of the São Paulo State is included in the Paraná Sedimentary Basin, an intracratonic basin established on the South American Platform begin on the Lower Devonian.

In this basin, in the northwest area of the São Paulo State, to border the Paraná State, they appear sedimentary rocks belonging to the Adamantina, Santo Anastácio and Caiuá Formations, of the Bauru Group.

Due to the nature of these sediments, that contains in its composition, cement and carbonate of calcium nodules, the groundwater present considerable amounts of calcium carbonates and high pH. Due to these characteristics, the circulation of those waters in the exploited wells, they cause carbonates precipitations of the carbonates and incrustation in the pores of the geologic formations, in the screens and in the pipes lines. These incrustations invariably provokes the drawn down of the water and, in some cases, get to be of enough thickness to cause the imprisonment of the pumps on the wells operation.

In this paper, is detailed a technique of desincrustation chemical using composed of the orthophosphate with acid characteristics, that they facilitated the rehabilitation of the discharge and diameter of well recovery, used for the public supply of the Municipal district of Presidente Prudente, SP.

Palavras-chave: Desincrustação, Ortofosfatos, Incrustações por Carbonatos.

INTRODUÇÃO

O Município de Presidente Prudente se encontra localizado na porção noroeste do Estado de São Paulo (Figura 1). Na área onde está localizado o poço apresentado neste trabalho, afloram sedimentos da Formação Adamantina que se sobrepõe aos sedimentos da Formação Santo Anastácio, ambas pertencentes ao Grupo Bauru, da Bacia Sedimentar do Paraná.

Estas Formações Geológicas do Estado de São Paulo, pertencentes à Bacia do Paraná, contêm em sua composição cimento e nódulos carbonáticos, e por esta característica tornam as águas subterrâneas incrustantes.

A circulação dessas águas, nos poços que exploram estes aquíferos sedimentares, causa precipitações de carbonatos que acarretam as incrustações nos poros das formações, no pré-filtro, filtros e tubulações de adução instaladas dentro dos poços. Estes problemas implicam normalmente em quedas de vazão e rebaixamento de níveis nos poços, além de aumento do consumo de energia elétrica para extração de água.



Figura 1. Localização do Município de Presidente Prudente no Estado de São Paulo.

Estas incrustações não estão restritas somente aos poços, estendendo-se também às linhas adução e todo sistema de distribuição de água (Figura 2).

Em alguns poços, o problema chega a ser tão grave que causa uma redução no diâmetro interno na área dos filtros, sendo percebido somente no momento de uma manutenção e retirada do conjunto bombeador.

No caso detalhado neste trabalho, a incrustação se comportou desta forma, chegando quase a impedir a retirada do conjunto bombeador, que ficou aprisionado em alguns pontos do poço durante sua retirada para manutenção. Desta forma não foi possível instalar outro conjunto bombeador de mesmo diâmetro, sendo que este problema, somado à queda de vazão também diagnosticada, implicou na necessidade de um processo de desincrustação química que causasse a remoção das incrustações formadas dentro do poço e, também, dos carbonatos precipitados nos poros da formação, permitindo assim a reinstalação da bomba e a reabilitação da vazão.

Para este processo de desincrustação foi utilizado um composto a base de ortofosfatos de características ácidas, que se mostrou tão rápido e eficaz quanto o ácido clorídrico, porém sendo

muito mais seguro para o manuseio e aplicação, além de ser, atendendo exigência do interessado, um composto isento de metais pesados e que não agredisse os filtros e revestimentos do poço.

Esta metodologia se mostrou bastante eficiente, permitindo que o poço retornasse ao seu diâmetro inicial de 8 e sua vazão fosse recuperada.



Figura 2. Detalhe de tubulação incrustada por carbonato de cálcio.

Para solução dos problemas de desincrustação das redes e controle da qualidade da água, são normalmente utilizados polifosfatos específicos para este fim, que atuam de forma gradual e contínua, removendo na forma iônica, as incrustações de todo o sistema de distribuição de água.

GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA

A maior parte do Estado de São Paulo acha-se incluída na Bacia Sedimentar do Paraná, uma bacia intracratônica estabelecida sobre a Plataforma Sul-Americana a partir do Devoniano Inferior (ALMEIDA & MELO, 1981).

Nesta bacia, na região noroeste do Estado de São Paulo, ladeando o Estado do Paraná, afloram predominantemente rochas sedimentares pertencentes às Formações Adamantina, Santo Anastácio e Caiuá, do Grupo Bauru.

O Grupo Bauru corresponde, litologicamente, a uma superposição de rochas clásticas formadas em ambiente continental (SINELLI, 1971).

O Grupo Bauru é considerado como sendo constituído por quatro formações com características bem definidas, denominadas de (da base para o topo): Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília (MELLO *et al.*, 1982).

Os sedimentos deste Grupo possuem espessura máxima de 200 m. A Formação Caiuá é constituída por arenitos finos a médios, bem selecionados, com tons arroxeados, portando estratificações cruzadas de grande a médio porte. A Formação Santo Anastácio é constituída por arenitos finos a médios, mal selecionados. A Formação Adamantina é constituída por arenitos finos a muito finos, com cimento carbonático, portando estratificação cruzada plano-paralela, siltitos, argilitos com tons róseos, e nódulos de carbonato. A Formação Marília é constituída por arenitos finos a grosseiros e conglomerados, com cimento carbonático, mal selecionados e com concreções carbonáticas.

A Formação Santo Anastácio é constituída por arenitos, formados entre 80 e 90%, por grãos de quartzo, e até 10% por grãos de feldspatos (principalmente microclínio). Ocorre, entre grãos, cimento carbonático constituído por calcita.

A Formação Adamantina é constituída por arenitos, formados entre 70 e 80% por grãos de quartzo e, subordinadamente, feldspatos (microclínio e plagioclásios). A matriz (cerca de 20%) é constituída por argilas autigênicas (caulinita). Ocorre, entre grãos, cimento carbonático constituído por calcita (FERNANDES, 1992).

As características que distinguem a Formação Santo Anastácio da Formação Adamantina são que, esta última, tende a apresentar sedimentos mais finos e bem selecionados, freqüentemente com mica e mais raramente feldspato, sílica amorfa e opacos. Possui, também, maior variedade de estruturas sedimentares. São características que indicam maior maturidade textural e mineralógica, deposição em sistema fluvio-lacustre mais organizado, que aquele da Formação Santo Anastácio (IPT, 1981).

O sistema aquífero Bauru representa uma das principais fontes de exploração de água subterrânea no Estado de São Paulo (CAMPOS, 1988). É representado por sedimentos cretáceos de litologia variada. Suas águas possuem teores salinos baixos, e pertencentes, predominantemente, a dois tipos básicos: bicarbonatadas cálcicas ou bicarbonatadas calco-magnesianas. São águas incrustantes mas que podem também ser, eventualmente, corrosivas. O aquífero Bauru constitui, regionalmente, um aquífero livre (DAEE, 1979a, 1979b).

INCRUSTAÇÃO E DESINCRUSTAÇÃO

A qualidade da água tem uma relação direta com a ocorrência ou não de incrustações.

A percolação da água subterrânea na formação geológica, ocorre de forma muito lenta, fazendo com que esta permaneça em contato prolongado com os minerais contidos nestes materiais. Este contato é suficientemente prolongado a ponto de proporcionar 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).

Nos poços, a incrustação resulta normalmente da precipitação de carbonatos 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 atinge preferencialmente os filtros e as áreas próximas, onde 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.

O exemplo clássico da formação de um precipitado de carbonato de cálcio a partir de bicarbonato de cálcio é mostrado a seguir:



onde, Δp é a variação de pressão (DRISCOLL, 1995).

Para se remover as incrustações formadas por carbonato de cálcio é necessário que se quebre esta molécula e que os íons se mantenham solúveis possibilitando a sua remoção. Desta forma optou-se por um composto a base de ortofosfatos de características ácidas, que possuem esta propriedade, e possibilitam que a operação seja realizada com pH na faixa de 2,0 a 2,4.

DESCRIÇÃO DO POÇO TRABALHADO

O poço onde foram realizados os trabalhos pertence à Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, sendo denominado com Presidente Prudente – Sede PPS 13, localizado no Balneário da Amizade – Presidente Prudente – São Paulo.

As coordenadas do local, são: UTM 7556,25 km NS e 454,55 Km EO (Figura 3).

Perfil Geológico e Construtivo (vide Figura 4):

0 a 12 m	Solo areno-siltoso avermelhado, com fração arenosa predominantemente fina, ligeiramente argiloso.
12 a 20 m	Siltito arenoso castanho claro, com cimentação carbonática, maciço, duro.
20 a 30 m	Lamito castanho médio a castanho esbranquiçado, duro, maciço, intercalado, localmente com os siltitos arenosos acima descritos.
30 a 44 m	Siltito argiloso castanho médio, pouco arenoso, calcífero, maciço, duro.
44 a 142m	Arenito fino à muito fino, vermelho, grãos mal a regularmente selecionados, subarredondados a subangulares, com grãos médios arredondados dispersos na amostra. Localmente, entre 76 e 80 m, apresenta intercalações de siltito arenoso castanho claro, com cimentação carbonática.

- 142 a 146 m Siltito arenoso castanho claro, com cimentação carbonática, compacto, maciço intercalado com arenito avermelhado como descrito acima.
- 146 a 180 m Siltito arenoso castanho claro, como descrito acima, intercalado com siltito argiloso esverdeado, pouco calcífero, compacto e também com lamito castanho avermelhado, maciço.
- 180 a 202 m Arenito avermelhado, fino a médio, também muito fino, polimodal, grãos subangulares a subarredondados, seleção má a regular, com intercalações de siltito argiloso castanho médio, calcífero, duro.
- 202 a 230 m Argilito arenoso castanho avermelhado, com grãos de areia muito fino a fino.
- 230 a 234 m Basalto alterado castanho escuro.

Perfil Estratigráfico: 0 a 50 m - Formação Adamantina
50 a 230 m - Formação Santo Anastácio
230 a 234 m - Formação Serra Geral

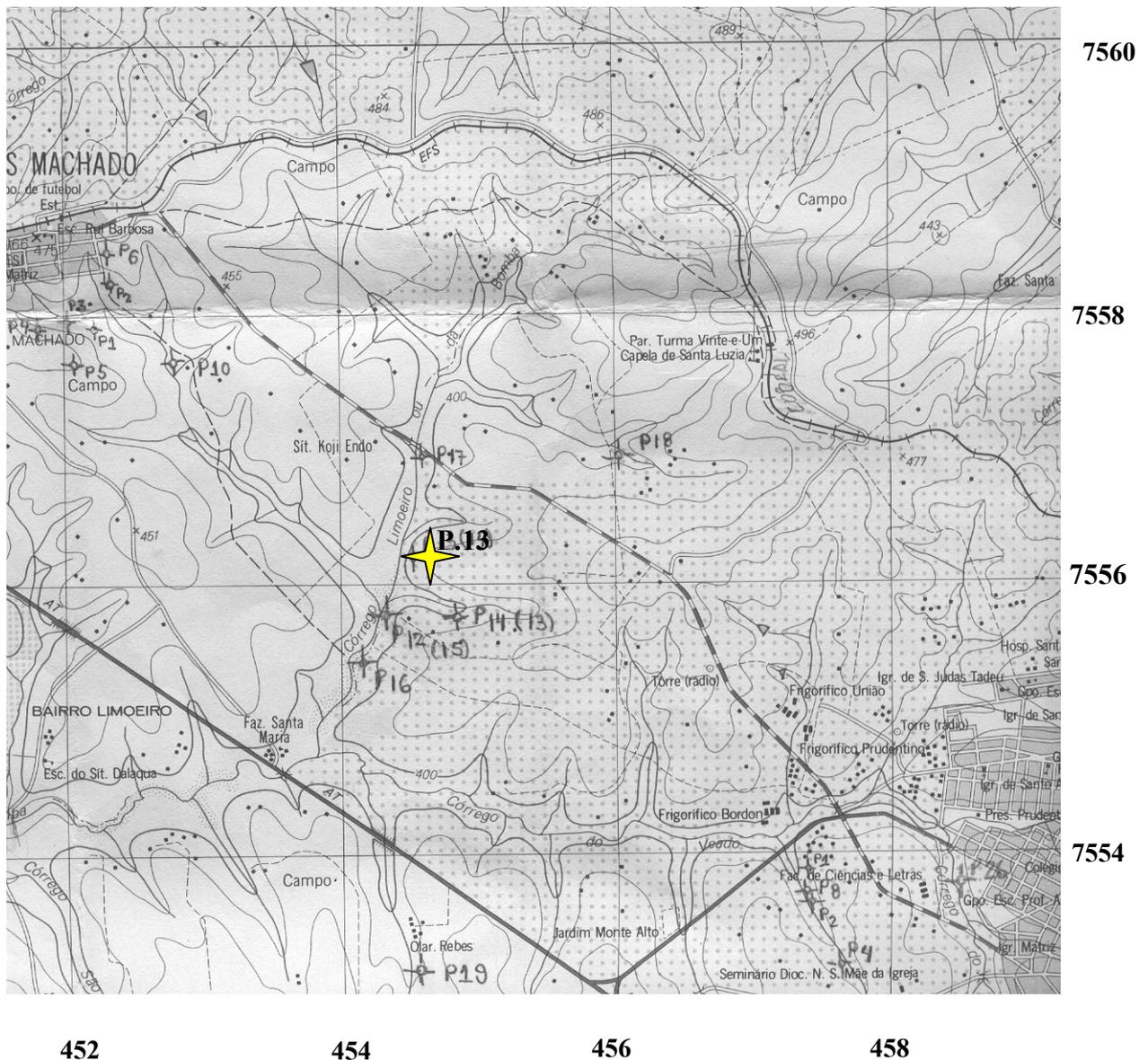


Figura 3. Localização do Poço da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP – PPS 13 – Sede, Município de Presidente Prudente – SP, Folha Topográfica SF22-Y-B-III-1, 1974, escala 1:50.000

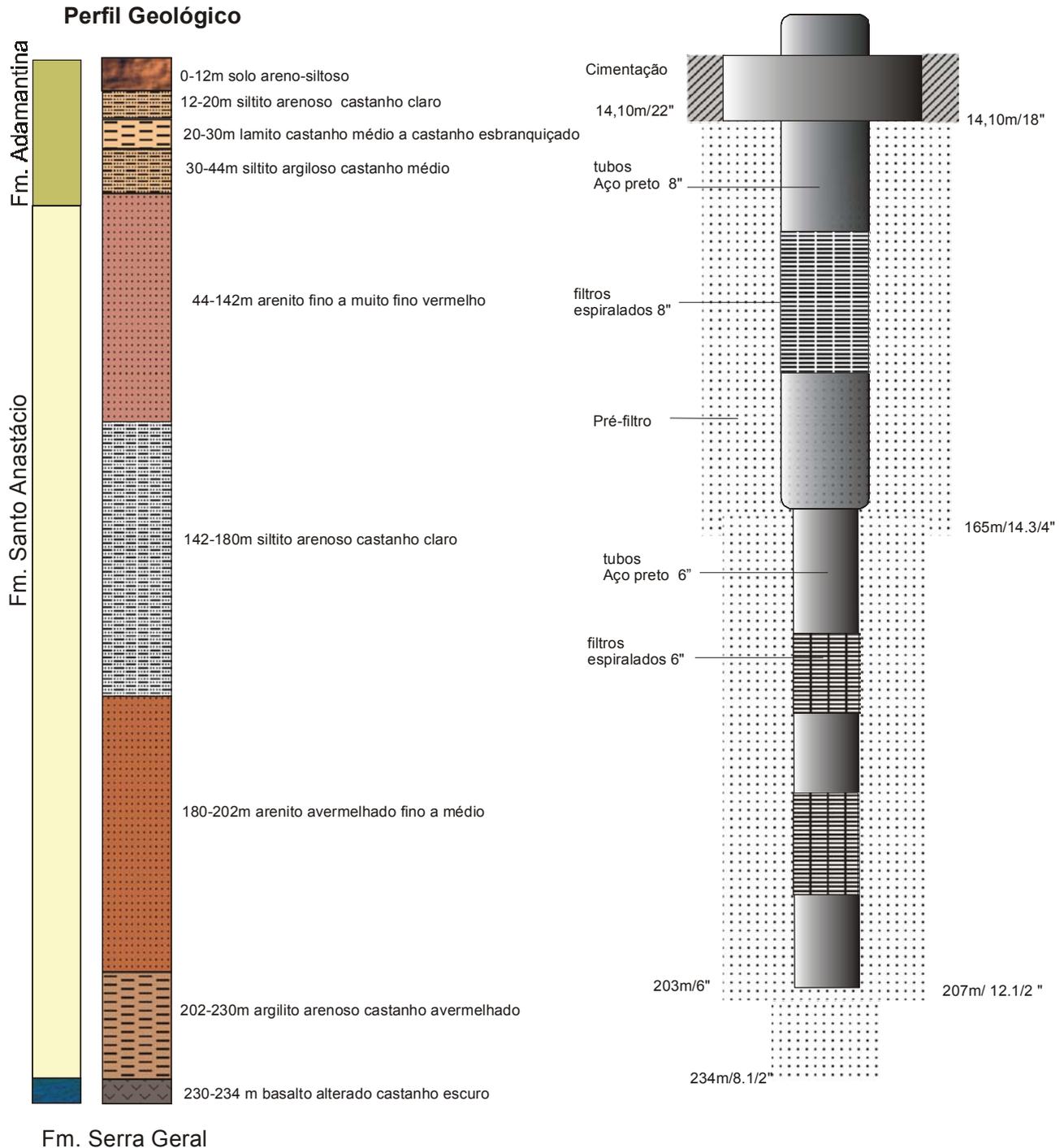


Figura 4. Perfil Geológico e Construtivo do Poço da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo- SABESP – PPS 13 – Sede, Município de Presidente Prudente – SP.

DESCRIÇÃO DO CASO E METODOLOGIA DE TRABALHO

Em Março de 2001, o poço apresentava queda de vazão e níveis, sendo prevista uma manutenção e troca do conjunto bombeador, porém no momento da retirada da bomba, de 8", esta apresentou aprisionamento em alguns pontos do poço. Sua retirada teve que ser forçada e não permitiu a reinstalação da outra bomba programada, ficando o poço paralisado a partir deste momento.

A tubulação de adução em 4" se encontrava incrustada interna e externamente (Figura 5), mostrando espessuras de incrustação de até 5,5 mm (Figura 6), reforçando a indicação que o poço apresentava um alto índice de incrustação inclusive com a diminuição do diâmetro interno.

Devido ao aumento de demanda de água na região circunvizinha ao poço, foi proposta, em Março de 2002, a reativação do mesmo, sendo necessário para isto que se efetuasse uma operação de desincrustação química que removesse as incrustações internas do poço e atuasse nas do pré filtro e da formação, permitindo assim a reinstalação do conjunto bombeador em 8" e a reabilitação da vazão.



Figura 5. Detalhe dos fragmentos de incrustação retirados da parte externa da tubulação de adução.

O agente escolhido para realização dos trabalhos de desincrustação, foi um composto a base de ortofosfatos com características ácidas, contendo inibidores de corrosão, estabilizantes e isento de metais pesados, aplicado em conjunto com um agente bactericida. 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.

Estes agentes mostraram ser capazes de solubilizar os depósitos de carbonato de cálcio com grande velocidade, mantendo o pH baixo e os íons metálicos solúveis, possibilitando sua rápida remoção ao término dos trabalhos. DOMENICO & SCHWARTZ (1998) citam que os metais são muito mais móveis nas águas subterrâneas com pH baixo.

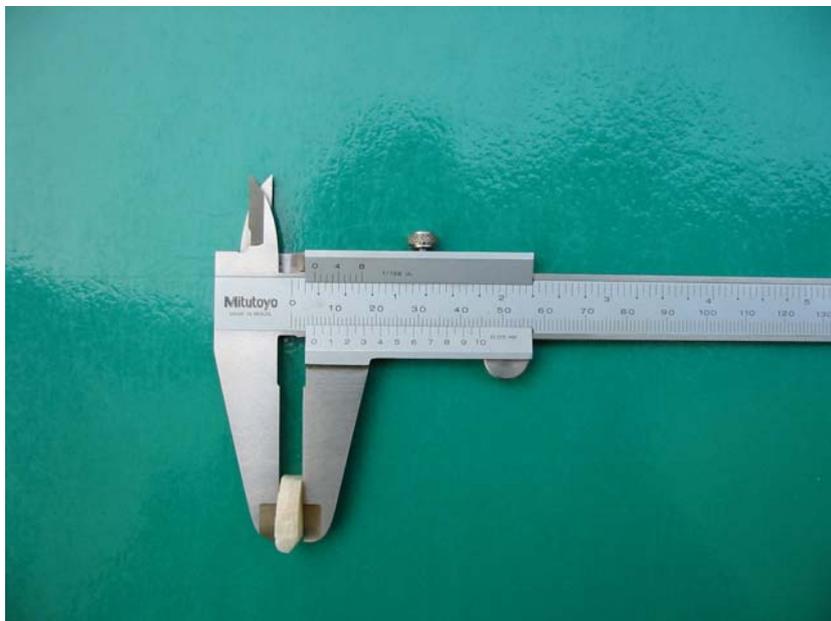


Figura 6. Detalhe da espessura da incrustação encontrada na tubulação de adução (máxima de 5,5mm).

Os fragmentos de carbonato de cálcio retirados da tubulação de adução, foram usados em ensaios práticos de dissolução, que ajudaram a ajustar a metodologia aplicada e a calibrar os volumes dos reagentes a serem utilizados no poço. Sua densidade média foi de 2,95 g/cm³.

Um cálculo teórico obtido pela multiplicação de uma espessura média da incrustação de 3,0 mm pela área interna dos filtros, indicou que poderiam estar presentes somente na parte interna do poço, aproximadamente 350 kg de carbonato de cálcio.

O volume de reagentes a ser aplicado foi calculado em 2,5% do volume estático do poço, levando-se em conta, também, a área aberta do pré-filtro em todo o intervalo saturado. Este valor de concentração adotado mostrou-se bastante efetivo para a desincrustação dos carbonatos.

Foi realizada uma perfilagem óptica do poço antes e após a realização dos trabalhos, mostrando que, grande parte dos filtros se encontrava incrustada por carbonatos, que foram removidos durante a operação de desincrustação química (vide: Figura 7, antes dos trabalhos e, Figura 8, após os trabalhos de desincrustação).



Figura 7 . Filtros aos 113,64 m, antes da operação.



Figura 8. Filtros aos 113,64 m, após os trabalhos de desincrustação.

A aplicação dos agentes se deu através de um sistema de circulação de fluídos montado a partir de uma nova bomba instalada no poço. Como as incrustações no poço não permitiam a descida de uma bomba de 8” optou-se pela instalação de uma bomba de 6” colocada em seu intervalo inferior (onde existem tubos e filtros de 6”). Desta forma pode-se efetuar uma distribuição homogênea dos agentes em toda a extensão do poço, com uma ação mais efetiva em todo o intervalo filtrante.

Ao termino da montagem do sistema de circulação, foi adicionado ao poço 40% do volume total calculado do reagente desincrustante, até se obter o pH na faixa de 2, pois com se sabe, soluções ácidas possibilitam a manutenção de íons metálicos na forma solúvel, e tendem a dissolver os carbonatos e as argilas (BOULDING,1995).

O passo seguinte foi o de homogeneização da solução dentro do poço, sendo o poço colocado em repouso em seguida. Para medição de pH da solução e controle das reações, o poço era colocado

em circulação. Mais agente foi adicionado a medida que as reações de desincrustação ocorriam, pois, sabe-se que com a dissolução dos carbonatos incrustados ocorre uma elevação de pH e consumo do reagente. Desta forma, exerceu-se um controle efetivo para que o reagente produzisse o efeito desejado.

Já nesta primeira fase da operação foi observada uma forte geração de CO₂, que demonstrou a atividade de dissolução dos carbonatos com a liberação deste gás. A liberação de CO₂ tem efeito benéfico no processo, favorecendo 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.

Esta primeira etapa teve uma duração de 6 horas. Após este tempo, o poço esteve parado e recebeu uma dose adicional de reagentes.

Para favorecer uma ação mais profunda e efetiva dentro da formação geológica, foi utilizado o recurso de incremento da carga hidráulica, através da adição de água logo após a aplicação dos reagentes desincrustantes que, desta forma, forçou ainda mais a penetração destes nos sedimentos. Após estes procedimentos o poço permaneceu em repouso durante 12 horas (à noite). Na manhã seguinte a água contida no poço foi circulada por mais duas horas, com controle de pH.

A etapa final do processo de desincrustação consistiu no descarte da solução do poço, que estava altamente enriquecida com elementos dissolvidos (Figura 9). Esta etapa durou 7 horas, tendo sido determinado seu término quando o pH retornou aos valores anteriores ao tratamento.



Figura 9. Detalhe da solução de descarte enriquecida com elementos, mostrando coloração esbranquiçada.

Nesta operação final de descarte, o pH se manteve próximo de 2,7 durante aproximadamente 2,0 horas, o que, para uma vazão média de 20,00 m³/h, perfaz um total descartado de 40,00 m³ de solução, ou seja, pelo menos 05 vezes o volume interno do poço. Este valor de pH baixo mostrou o quanto os reagentes penetraram na formação.

Para reforçar a ação bactericida, foi efetuada nova desinfecção, aproveitando-se o sistema de circulação montado para aplicação dos reagentes.

Ao término dos trabalhos o poço foi filmado, e reinstalada uma bomba igual ao modelo que apresentou problemas na retirada, já servindo este de gabarito para o poço. Sua instalação permitiu a determinação dos resultados e retomada da operação do poço.

O resultado obtido quanto à recuperação de vazão, é mostrado nas Figuras 10 e 11. A recuperação de vazão proporcionou significativa redução do consumo de energia elétrica na extração de água, e este resultado é demonstrado no gráfico da Figura 12.

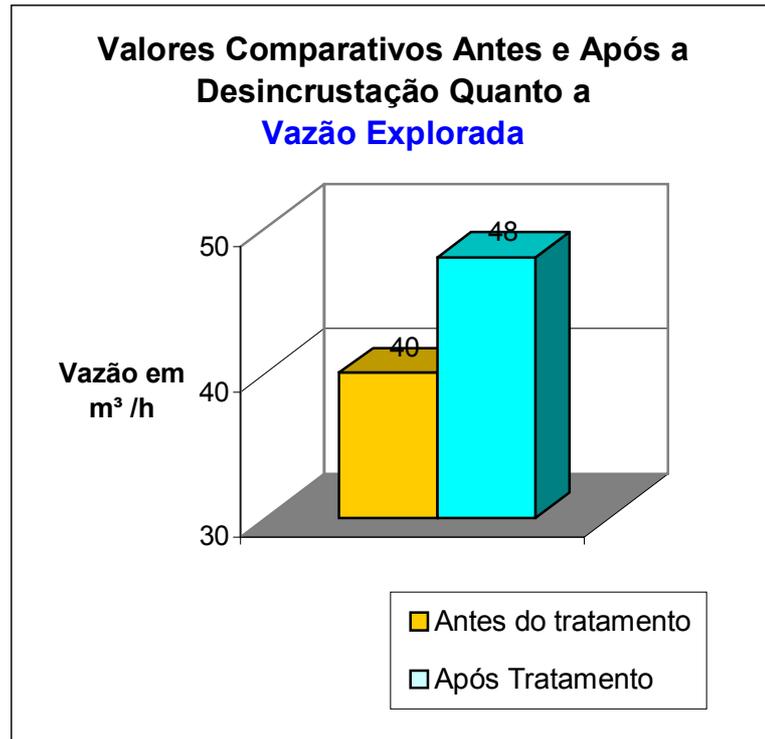


Figura 10. Gráfico de resultados quanto à vazão explorada, antes e após os trabalhos de desincrustação.

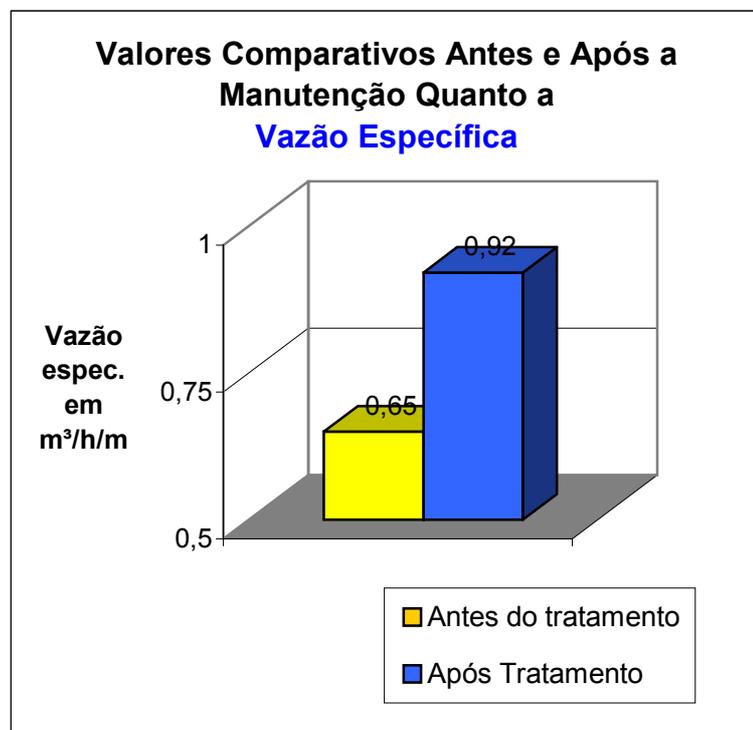


Figura 11. Gráfico de resultados quanto à vazão específica antes e após os trabalhos de desincrustação.

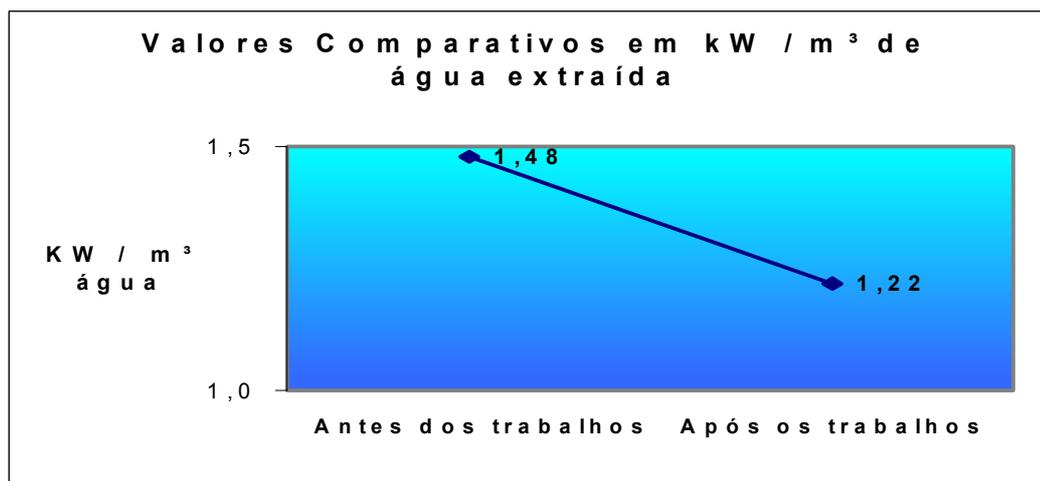


Figura 12. Gráfico de resultados quanto à redução do consumo de energia elétrica, da ordem de 21,31%, mostrando o consumo real de energia, antes e após os trabalhos de desincrustação.

CONCLUSÕES

A metodologia empregada, de aplicação e homogeneização dos reagentes, através da utilização de um sistema de circulação de fluidos a partir de um conjunto bombeador submerso, se mostrou eficiente, rápida e com baixo custo operacional.

A utilização do composto desincrustante a base de ortofosfatos com características ácidas, mostrou-se bastante seguro na aplicação e em relação a agressividade aos metais, e muito eficaz na solução dos problemas de queda de vazão e redução do diâmetro do poço.

Com esta operação de desincrustação foi possível a retomada de operação do poço, com a instalação de um novo conjunto bombeador de 8", além da recuperação de vazão, sendo demonstrado um aumento de 20,0% na vazão explorada, passando esta de 40,0 m³/h para 48,0 m³/h.

A vazão específica do poço passou de 0,65 m³/h/m para 0,92 m³/h/m, mostrando um aumento de 41,53%.

Esta significativa recuperação de vazão, proporcionou uma redução de 21,31% no consumo de energia elétrica utilizado para se extrair o mesmo volume de água que era retirado anteriormente do poço.

O cálculo estimado da quantidade de carbonatos a ser removida, coincidiu com os valores obtidos em campo, de carbonatos efetivamente removidos durante a operação. Esta verificação foi realizada com a determinação da concentração do cálcio presente nas amostras de solução retiradas durante o descarte (vazão x tempo). Estes resultados indicam que a operação retirou do poço uma massa superior a 350 kg de carbonato de cálcio.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F.F.M.; MELO, M.S. 1981. A bacia do Paraná e o vulcanismo mesozóico. **In:** Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000. Divisão de Minas e Geologia Aplicada, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A, São Paulo, vol.I – texto, p.46 – 81.
- BOULDING, J.R. 1995. *Practical Handbook of soil, vadose zone, and ground-water contamination assessment, prevention, and remediation*. Lewis Publ. CRC Press, ISBN 1-56670-051-5, Washington, 948 p.
- CETESB. 1978. *Água subterrânea e poços tubulares*. Tradução do original norte-americano publicado pela Johnson Division UOP, Inc. em 1972, CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo, 482 p.
- CAMPOS, H.C.N.S. 1988. Contribuição ao estudo hidrogeológico do Grupo Baurú no Estado de São Paulo. IV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, ABAS, setembro de 1988, São Paulo. *Anais...*, São Paulo, p.122-132.
- DAEE. 1979a. *Estudo de águas subterrâneas, região administrativa 10 e 11 (Presidente Prudente e Marília)*. Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, Diretoria de Planejamento e Controle, Divisão de Planejamento e Recursos Hídricos, São Paulo, setembro de 1979, vol. 1, texto, 220 p.
- DAEE. 1979b. *Estudo de águas subterrâneas, região administrativa 10 e 11 (Presidente Prudente e Marília)*. Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, Diretoria de Planejamento e Controle, Divisão de Planejamento e Recursos Hídricos, São Paulo, setembro de 1979, vol. 1, anexos, 408 p., 2 mapas.
- DOMENICO, P.^a; SCHWARTZ, F.W. 1998. *Physical and Chemical hydrogeology*. 2^a Ed., John Wiley & Sons, Nova York, 506 p.
- DRISCOLL, F.G. 1995. *Groundwater and wells*. 2^a Ed., Johnson Screens, St. Paul, Minnesota, 1089p.
- FERNANDES, L.A. 1992. *A cobertura cretácea suprabasáltica no Paraná e Pontal do Paranapanema (SP) – os Grupos Bauru e Caiuá*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da USP, São Paulo, 129 p.
- IPT. 1981. *Mapa geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000*. Divisão de Minas e Geologia Aplicada, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A, São Paulo, vol.II – 2 mapas.
- MELLO, M.S.; STEIN, P.P.; ALMEIDA, M.A. 1982. Aspectos litoestratigráficos do Grupo Baurú. 1º Encontro de Geologia e Hidrogeologia, ABAS-SBG, São Paulo, p.1-19.
- SINELLI, O. 1971. Água subterrânea no Município de Ribeirão Preto. XXV Congresso Brasileiro de Geologia, SBG, São Paulo, setembro de 1971. *Anais...*, São Paulo, p.17-34.