



## 9468 - CONTAMINAÇÃO POR FERRO EM POÇO ARTESIANO-SOLUÇÃO DO PROBLEMA DE ABASTECIMENTO NO BAIRRO COLÔNIA

### **Eliete Conceição da Silva<sup>(1)</sup>**

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade São Judas Tadeu. Colaboradora da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP.

### **Marcia Cecília G. S. Costa<sup>(2)</sup>**

Bacharel em Química pela Universidade de São Paulo, diplomada em 1991. Empregada da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, desde 1992. Atualmente é Gerente da Divisão de Controle Sanitário Sul na Superintendência da Unidade de Negócio Sul da Diretoria Metropolitana da SABESP.

### **Richard Welsch<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia Mauá Diplomado em 1991 e Pós Graduado em Administração de Empresas pela Universidade Paulista Diplomado em 1993. Empregado da SABESP-SP desde 1992, atualmente como Gerente da Operação de Água e Controle de Perdas da Unidade de Gerenciamento Regional Interlagos na Unidade de Negócio Sul da Diretoria Metropolitana.

### **Endereço<sup>(1)</sup>**

Avenida Interlagos, 6935 – Interlagos – São Paulo – SP – CEP: 04777-001 – Brasil – Tel.: (11) 5660-5030 – e-mail: [elieteconceicao@sabesp.com.br](mailto:elieteconceicao@sabesp.com.br)

## **RESUMO**

Os poços tubulares profundos são cada vez mais utilizados como forma de abastecimento ou complemento em situações atípicas. A água subterrânea pode apresentar contaminações por agentes externos, quando há má operação e execução, ou por razões intrínsecas à sua formação geológica. A água pode apresentar níveis de compostos químicos, como Ferro (Fe) e Manganês (Mg) por exemplo, acima do estabelecido pelo Ministério da Saúde. Estes compostos podem não apresentar perigo do ponto de vista toxicológico, mas sim organoléptico e estético (louças manchadas e água avermelhada) para a população, além de problemas operacionais para a Companhia (ex.: incrustações, corrosão). O presente trabalho vem relatar a solução encontrada para o caso do Poço Colônia localizado no distrito rural de Parelheiros, São Paulo. O poço apresentou níveis de ferro e manganês com projeções preocupantes no ano de 2017. Logo, iniciou-se estudos para propor soluções para o problema. A solução encontrada foi desativar o poço e realizar o abastecimento da região pelo Sistema Integrado Metropolitano (SIM) através da interligação com o reservatório de Parelheiros. As análises físico-químicas e bacteriológicas realizadas logo após a desativação do poço apresentaram 100% das amostras em conformidade com os parâmetros necessários, comprovando a eficácia da solução adotada.

**PALAVRAS-CHAVE:** poço tubular profundo.

## **INTRODUÇÃO**

O planeta terra possui cerca de 1.386 milhões de quilômetros cúbicos de água. Apenas 2,5% são de água doce, dos quais 68,7% são de água congelada nas calotas polares e 31,3% na forma de rios, lagos e água subterrânea, porém apenas 0,007% é o que efetivamente está disponível para consumo humano (ANEEL, 2000). Infelizmente por muito tempo acreditou-se, devido ao ciclo hidrológico da água, que esta seria um bem renovável, porém essa concepção mostrou-se errada, pois devido as atividades humanas como desmatamento, emprego indiscriminado de defensivos agrícolas, assoreamento de rios e nascentes, impermeabilização dos solos, poluição da atmosfera, ocupação de mananciais, etc., a disponibilidade de água potável vêm sendo alterada. Consequentemente, a população mundial têm sofrido com o grande aumento da escassez.

Os poços tubulares profundos são cada vez mais utilizados como alternativa de abastecimento durante esses períodos de escassez ou em lugares onde o abastecimento por água superficial não é possível. Segundo a CETESB, no Estado de São Paulo cerca de 80% dos municípios são abastecidos total ou parcialmente por águas subterrâneas, atendendo mais de 5,5 milhões de habitantes.

As águas subterrâneas apresentam maior proteção contra contaminantes que as águas superficiais (PICANÇO *et al.*, 1988). Porém, a contaminação ainda pode ocorrer devido à falhas de construção de poços, negligência humana ou por ocorrência natural, o que acontece com a presença de elementos como ferro (Fe) e Manganês (Mn). Assim, o



tratamento e a fiscalização da qualidade da água subterrânea são necessários para que a qualidade seja mantida e a população não seja prejudicada.

## **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **AQUÍFEROS**

As águas subterrâneas também fazem parte do ciclo hidrológico, já que uma parcela da água precipitada se infiltra no solo até os aquíferos. A água encontra-se nos poros e fissuras das rochas, formando os aquíferos. Qualquer tipo de rocha, sedimentar, ígnea ou metamórfica podem constituir um aquífero se for porosa e permeável e capaz de reter e permitir o movimento da água (TSUTIYA, 2005).

De acordo com a permeabilidade das camadas limitantes, os aquíferos podem ser classificados em:

- Livres (ou não confinados): são parcialmente saturados, onde a camada superior é permeável e a camada inferior é impermeável, sendo assim, a pressão da água é igual a pressão atmosférica.
- Artesianos (ou confinados): são completamente saturados e a água se encontra em uma formação permeável ou semipermeável entre duas camadas limitantes impermeáveis. A pressão da água geralmente é maior que a pressão atmosférica e, quando perfurados, a água sobe para nível superior ao limite do aquífero.
- Semi confinados: são aquíferos saturados, com a camada superior semipermeável (aquitarde) e limitado por uma base também semipermeável ou impermeável.
- Suspensos: são originados por uma rocha de baixa permeabilidade que retém a água que se infiltra no solo e não permite a transmissão da água para outras rochas.

De acordo com a formação geológica das camadas limitantes podem ser classificados em:

- Fissurados: ocorrem em rochas cristalinas e a água se encontra armazenada nas fraturas, fissuras ou outros sistemas de fraquezas.
- Porosos: ocorre em rochas sedimentares consolidadas. Devido a sua ocorrência em grandes extensões e a grande capacidade de armazenamento constituem o tipo mais importante de aquífero. A água percola pelos poros em todas as direções e isto ocorre devido às propriedades isotrópicas das rochas sedimentares.
- Cársticos: formado em rochas calcáreas ou carbonáticas. A água circula pelas fraturas ou outras descontinuidades. As aberturas podem atingir grandes dimensões, porém são aquíferos heterogêneos e descontínuos.

A recarga dos aquíferos ocorre através da infiltração das águas de chuva e do fluxo de base dos rios e lagos pela zona de alimentação. A quantidade e a velocidade da água infiltrada depende do tipo do solo, permeabilidade da superfície e tipo de vegetação. A descarga acontece através de nascentes de rios e da perfuração de poços. Geralmente, a área de recarga do aquífero é maior que sua área de descarga.

Embora uma parcela da recarga do aquífero seja pela infiltração do fluxo de base dos rios, o aquífero contribui para manter estável o nível dos rios e lagos em épocas de seca e evita o transbordamento absorvendo o excesso da água de chuvas intensas. Além disso a água pode ser utilizada como alternativa de abastecimento em épocas de poucas chuvas.

A água subterrânea está mais protegida contra agentes contaminantes que a água superficial devido à proteção da camada pouco permeável acima de sua superfície, porém, ainda sim está sujeita a contaminação. Quando ocorre, impossibilita a utilização de grande extensão do aquífero. A vulnerabilidade do aquífero depende das características litológicas e hidrogeológicas de suas camadas limitantes e dos gradientes hidráulicos que determinam o fluxo e o transporte de substâncias principalmente nas zonas de recarga. A contaminação pode se dar por fossas sépticas, infiltração de efluentes industriais, fugas da rede de esgoto e galerias de águas pluviais,



aterros sanitários e lixões, pesticidas utilizados na agropecuária e poços construídos e desativados de forma inadequada.

## POÇOS TUBULARES

Para a exploração das águas subterrâneas são utilizados os poços tubulares. Estes podem ser rasos, para a retirada de água dos aquíferos livres ou podem ser profundos, para a retirada de água dos aquíferos artesianos, sendo chamados, conseqüentemente, de poços artesianos. Através dos poços também é possível observar o comportamento dos aquíferos para determinar suas características hidrodinâmicas.

Todo o comportamento do aquífero depende das propriedades do fluido (densidade e viscosidade por exemplo) e das propriedades do meio (permeabilidade e porosidade). A hidráulica dos meios porosos é baseada na Lei de Darcy. Onde foi verificado experimentalmente por Darcy em 1850, que fatores como a distância de percolação da água, tamanho da camada e tamanho dos grãos influenciam na vazão da água. Sendo assim a vazão da água depende do coeficiente de permeabilidade do solo (velocidade de percolação) e do gradiente hidráulico (relação entre a carga que se dissipa na percolação e a distância ao longo da qual a carga se dissipa).

Para o bombeamento da água do poço é necessário o conhecimento das características do aquífero, tais como os níveis estático (NE) e dinâmico (ND), que correspondem a pressão neutra e o nível de lençol de água no momento do bombeamento, o rebaixamento, que é a diferença entre o NE e o ND, a vazão específica, que serve como indicador do rendimento do aquífero, o coeficiente de armazenamento e armazenamento específico que são a capacidade de armazenamento do aquífero, e a transmissividade, que corresponde à quantidade de água que pode ser transmitida horizontalmente.

Outro fator importante que deve ser conhecido e observado no momento do bombeamento é o raio de influência, que é a distância do centro do poço até o ponto em que a superfície do “cone de depressão” tangencia o prolongamento horizontal do NE (TSUTIYA, 2005). O cone de depressão ou cone de rebaixamento se forma quando a água é retirada de um poço. O nível da água em volta do bombeamento é rebaixado e a água começa a escoar para dentro do poço com perdas de energia, diminuindo a pressão ao longo do fluxo de escoamento. Assim a superfície da água se aprofunda formando o cone. Com a evolução do cone, o volume a ser consumido é o volume de armazenamento, caracterizando um regime transitório. O regime de equilíbrio ou permanente só ocorre quando a recarga se iguala à taxa de exploração, ou seja, quando a evolução do cone atingir um fonte de contribuição externa, seja de corpos superficiais ou de drenagem de outros aquíferos.

A liberação da água em um aquífero confinado ocorre devido a dois fatores: a expansão da água devido à redução de pressão e a redução dos vazios do meio poroso. Isto ocorre porque a pressão do aquífero é maior que a pressão atmosférica e, quando perfurado a água começa a sair dos vazios da rocha, a pressão diminui e as camadas geológicas superiores passam a se apoiar na rocha diminuindo seus vazios.

Os poços quando bem projetados, construídos e monitorados são uma forma segura e econômica de abastecimento. Porém, se construídos e operados de forma inadequada podem ser responsáveis pela má qualidade da água captada e até mesmo pela contaminação de sua fonte. Além disso, pode-se comprometer a vida útil e aumentar a periodicidade da manutenção nos poços, elevando seu custo. Para isso, os projetos de construção de poços devem seguir as recomendações das Normas ABNT NBR 12.212/2017 – Projeto de poço tubular para a captação de água subterrânea e a NBR 12.244/2006 – Construção de poço tubular para captação de água subterrânea.

Segundo Tsutiya, o primeiro passo para realizar um projeto de perfuração de poço profundo é realizar a investigação do terreno. Primeiro é realizada a sondagem preliminar do terreno para conhecer as características das camadas litológicas (tipo de material, granulometria e profundidade) e simultaneamente são realizados furos para medir a permeabilidade, condutividade hidráulica e eletro-resistividade do solo e também coletar amostras de água para análises físico-química e bacteriológica para garantir a qualidade da água para o consumo. A partir da análise do solo é determinado o tipo de sistema de perfuração do poço mais eficiente (rotativa ou percussiva) e é iniciada a perfuração dos poços testes para determinar o nível piezométrico da área em teste e a taxa de infiltração de águas de corpos próximos no momento do bombeamento. E então, com base nos resultados obtidos o poço é dimensionado para atender a demanda desejada e executar o poço definitivo.

Alguns problemas comuns em poços tubulares são o revestimento e a cimentação. O revestimento tem como principal função sustentar as paredes do poço. Este pode estar sujeito a ação de águas erosivas, corrosivas e



incrustantes, que podem afetar os pontos de solda na junção de tubos e levar ao colapso ou contaminação da água. A cimentação é requerida sempre que se perfure um poço. Pode ser por necessidade técnica, construtiva ou para proteger o manancial subterrâneo contra futuros problemas de poluição. A falta de cimentação adequada pode ser a principal causadora de poluição dos poços e aquíferos.

Além do correto processo de execução, outros fatores são muito importantes para a vida útil de um poço que são a manutenção, monitoramento e utilização. É importante realizar o monitoramento contínuo para que se determine os momentos de manutenção necessária e para que esta seja feita rapidamente. A utilização deve ser realizada de modo sustentável para que seu uso seja garantido por muitos anos e não prejudique recursos hídricos próximos.

## ÁGUAS SUPERFICIAIS

As águas superficiais são consideradas uma das principais fontes de abastecimento de água potável do planeta. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), estima-se que o Brasil possui 12% de toda a reserva hídrica do planeta, com 180.000 km<sup>3</sup>/s, representando uma disponibilidade hídrica de 47.000m<sup>3</sup>/habitante/ano, porém toda essa água não está distribuída de maneira uniforme pelo território brasileiro, causando a escassez e a desigualdade de oferta e demanda em algumas regiões.

A fonte de água para o abastecimento é chamada de Manancial, este é constituído por rios, córregos, represas e lagos. A água do manancial deve apresentar quantidade suficiente para atender a demanda sem esgotar os recursos e ter parâmetros mínimos de qualidade física, química e bacteriológica. Por ser superficial, possui grande vulnerabilidade devido principalmente a urbanização e a deficiência no processo de coleta e tratamento de esgotos, o que pode encarecer o processo de tratamento ou até mesmo inviabilizar o uso. Assim, se faz extremamente necessário medidas de controle de mananciais para evitar sua poluição, preferencialmente de caráter preventivo.

A captação é realizada por meio de um conjunto de estruturas e dispositivos alocados junto ao manancial e que devem ser executados de maneira a garantir o abastecimento ininterrupto durante todo o tempo, a qualidade e a quantidade necessária da água distribuída e facilitar o acesso para a operação e manutenção do sistema.

O conjunto de estruturas e dispositivos é chamado de Sistema de Distribuição de Água (SDA). O SDA é formado pelos reservatórios, estações de tratamento (ETA), estações elevatórias (EEA) e rede de distribuição. O sistema é implantado para funcionar com máxima eficiência hidráulica para obter os níveis de pressão, vazão e qualidade da água satisfatórios.

De acordo com a SABESP, na região metropolitana de São Paulo o sistema de abastecimento é integrado (SIM – Sistema Integrado Metropolitano). Existem 8 grandes complexos responsáveis pela produção de água, são eles: Alto Cotia, Baixo Cotia, Alto Tietê, Cantareira, Guarapiranga, Ribeirão da Estiva, Rio Claro e Rio Grande. De acordo com a SABESP, abastecem 39 municípios, cerca de 20 milhões de habitantes. Nesse tipo de sistema é possível realizar a interligação entre os reservatórios, isso possibilita a continuidade no abastecimento mesmo em situações atípicas.

As redes de distribuição de água (RDA) são compostas por redes primárias, que são as tubulações com maiores diâmetros e são responsáveis por levar a água das ETAs ou unidades de bombeamento até a área a ser abastecida e redes secundárias, que geralmente possuem diâmetros menores e são responsáveis por levar a água das redes primárias até os pontos de abastecimento.

As redes podem ter três tipos de configurações: ramificada, malhada ou mista. As redes malhadas possuem grande flexibilidade operacional, visto que as tubulações formam anéis possibilitando o abastecimento à um ponto por mais de um caminho, diminuindo o número de interrupções durante manutenções ou consertos, além de melhorar a qualidade da água, pois é possível o escoamento da água nos dois sentidos e não há formação de pontas mortas. A rede ramificada apresenta várias pontas secas ou mortas, aumentando a probabilidade de acúmulo de material e estagnação da água, fazendo-se necessário instalações e operação de dispositivos de descarga para garantir a qualidade da água distribuída. A rede mista possui redes malhadas e ramificadas e é o tipo predominante nos sistemas de abastecimento de São Paulo.



O sistema deve ser sempre monitorado pois está sujeito à agentes externos e internos que podem alterar a quantidade e a qualidade da água distribuída como por exemplo, ruptura da infraestrutura, vazamento de conexões e corrosão. Estas podem causar a contaminação da água e incrustações que diminuem a vazão da água.

Os estudos e projetos para implantação de sistemas de distribuição de água devem seguir as recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 12.218 – Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público, NBR 12.211 – Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água – Procedimento e a NBR 12.217 – Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público – Procedimento.

O tratamento das águas superficiais é realizado nas Estações de Tratamento de Água (ETA). No estado de São Paulo são 237 ETAs, sendo a população da região metropolitana atendida por 28 estações e as outras 209 atendem às cidades do litoral e interior.

## QUALIDADE DAS ÁGUAS

A qualidade da água é composta por parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos. É monitorada durante todo o processo de construção e utilização do poço ou sistema de abastecimento. Para o monitoramento são realizadas análises não só para garantir a qualidade da água para consumo humano, mas também visando os danos causados ao sistema construtivo.

O ferro (Fe) é o segundo metal mais comum na crosta terrestre, pode ser encontrado de diversas formas químicas na água subterrânea sendo, geralmente, associado ao manganês (Mn) (OLIVEIRA *et al.*, 2003). O ferro e o manganês são encontrados, frequentemente, em águas subterrâneas por ocorrência natural ou caso esta sofra contaminação por negligência humana, falhas construtivas na vedação de poços, resíduos e efluentes industriais e aterros mal operados que podem contaminar a água dos aquíferos. A ocorrência natural acontece porque a água dissolve estes elementos ao se infiltrar no solo e nas rochas.

A água pode ter ação química erosiva, corrosiva ou incrustante, dependendo de suas características. Água com teor de ferro superior a 2,0 mg/l e de manganês superior a 1,0 mg/l tem maior potencial de incrustamento, o que compromete a eficiência do poço do ponto de vista hidráulico e sanitário. A incrustação interna aumenta a perda de carga e diminui a seção de entrada do poço refletindo diretamente no atendimento à demanda em função da redução da vazão e pelo aumento da cor acima dos padrões permitidos e mudança no sabor, além de aumentar a periodicidade das manutenções elevando o custo de operação.

Os poços geralmente possuem água com pH e oxigênio em níveis baixos, assim a água confinada que contém ferro e manganês tende a ser translúcida pois os elementos se encontram na forma dissolvida, porém quando exposta ao ar, o ferro e o manganês reagem com o oxigênio, se oxidando e se tornam substâncias coloridas e se tornam materiais suspensos. O ferro apresenta cor marrom avermelhada e o manganês cor negra.

A qualidade da água superficial pode variar de acordo com as chuvas, as descargas que recebe e as mudanças sazonais. As bacias hidrográficas próximas de áreas urbanas ou áreas com atividade agrícola intensa tem maior possibilidade de contaminação por efluentes industriais e domésticos e de produtos como pesticidas, agrotóxicos e fertilizantes.

Os parâmetros que devem ser observados na água superficial são os coliformes, cloro residual, turbidez, cor aparente, bactérias heterotróficas, ferro total, manganês, alumínio, nitrogênio total, fósforo total, potencial hidrogeniônico (pH) e demanda química de oxigênio (DBO). Estes podem ser provenientes de contaminação por efluentes industriais e domésticos ou de ocorrência natural devido às características do meio em que a água se encontra.

Devido ao contato com o ar e à presença de algas que realizam fotossíntese e liberam O<sub>2</sub>, os níveis de oxigênio dissolvido na água superficial são altos. Essas condições da camada superior são aeróbicas e, conseqüentemente, os organismos existem ali em suas formas mais oxidadas: o carbono como CO<sub>2</sub>, o nitrogênio como NO<sub>3</sub> e o ferro como Fe (OH)<sub>3</sub> insolúvel (OLIVEIRA *et al.*, 2003).

A qualidade da água superficial é importante não só para a prevenção de doenças mas também para a manutenção da vida aquática. Deve ser monitorada ainda na represa para que possam ser tomadas medidas preventivas e/ou corretivas.



## TRATAMENTO DAS ÁGUAS

As águas superficiais e subterrâneas precisam de tratamento e controle sanitário para melhorar suas características físicas, químicas, organolépticas e bacteriológicas. Para isso são realizados processos de cloração, filtração e fluoretação.

O cloro possui alta reatividade e por isso é utilizado para desinfecção e oxidação no processo de tratamento da água. O processo consiste em utilizar produtos químicos a base de cloro para inativar os microrganismos e oxidar substâncias orgânicas e inorgânicas, como por exemplo, ferro e manganês. Os principais produtos à base de cloro utilizados para realizar a desinfecção são: cloro gasoso, cal clorada, hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio.

O produto que contém cloro, reage com a água formando o ácido hipocloroso (HOCl) que é o agente desinfetante. Dependendo do pH da água, o ácido hipocloroso se dissocia formando o íon hipoclorito (HOCl<sup>-</sup>), que é um desinfetante menos eficaz que o ácido hipocloroso. Água com pH ácido (menor que 7) tem maior formação de ácido hipocloroso, enquanto água com pH alcalino (maior que 7) tem maior formação de íon hipoclorito, assim o processo deve ser feito em água com pH ácido, o que geralmente não é problema em águas subterrâneas, já que normalmente apresentam pH baixo.

Para a remoção de ferro e manganês são utilizados os processos de suspensão e filtração associados ao uso de oxidantes como o cloro. Em conjunto ao agente oxidante pode ser utilizado o ortopolifosfato, que solubiliza os metais e os mantém em suspensão, impedindo a incrustação e agindo também como inibidor de corrosão formando uma camada protetora nas paredes da tubulação. A filtração pode ser realizada com meio filtrante a base de zeólitos, que são produtos naturais compostos por minerais de alumínio silicatos hidratados.

Além de atuar como inibidor de corrosão e auxiliar na suspensão dos metais presentes na água, o ortopolifosfato também atua como inibidor de reações secundárias. Estas reações ocorrem porque os componentes químicos da água que saem do tratamento, mesmo dentro dos parâmetros de potabilidade, podem reagir com o novo ambiente e a precipitação de certos compostos pode ocorrer, podendo estes componentes precipitados ter reações corrosivas ou incrustantes (WEIGERT e RATTMAN, 1997).

Na etapa de fluoretação é utilizado o ácido fluossilícico (H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>), um composto líquido que é o mais utilizado, pois devido a forma líquida facilita a aplicação e o controle das dosagens. O fluoreto é adicionado na água de abastecimento público para ajudar na prevenção de cárie dentária, tornando os dentes mais resistentes à ação de bactérias.

## OUTORGAS E REGULAMENTAÇÃO DE QUALIDADE DA ÁGUA

Para a utilização de águas subterrâneas e superficiais para fins de captação para processos industriais, irrigação, lançamento de efluentes, construção de barragens, canalização de rios, execução de poços profundos, etc., é necessário solicitar uma outorga (licença ou autorização) ao Poder Público. A outorga de direito de uso ou interferência de recursos hídricos determina tempo, finalidade e condições de exploração.

No Estado de São Paulo cabe ao gestor de recursos hídricos, DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica), o poder de concessão das outorgas através do Decreto 41.258, de 31/10/96, de acordo com o artigo 7º das disposições transitórias da Lei 7.663/91.

A avaliação da qualidade da água deve ser feita verificando os indicadores de contaminação causada por esgotos domésticos e substâncias tóxicas como metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos, protozoários patogênicos e substâncias com propriedades organolépticas como ferro e manganês por exemplo.

Existe a presença de diversos elementos químicos no corpo humano e estes são essenciais para o bom funcionamento do organismo. A ausência ou excesso desses elementos podem gerar um funcionamento inadequado do organismo, gerar doenças ou até mesmo levar a morte. O ferro, por exemplo, atua na formação da hemoglobina, cuja principal função é transportar o oxigênio dos pulmões para os demais tecidos do corpo humano, porém sua carência pode causar anemia e seu excesso pode aumentar a incidência de problemas cardíacos e diabetes. As concentrações de ferro encontradas na água geralmente não representam perigo do ponto de vista toxicológico, mas sim do ponto de vista organoléptico. O acúmulo de ferro no fígado, no pâncreas



e no coração pode levar a cirrose e tumores hepáticos, diabetes mellitus e insuficiência cardíaca, respectivamente (MAHAN, 2000). Além disso altas concentrações de ferro e manganês podem ter o inconveniente de causar manchas em louças e tecidos.

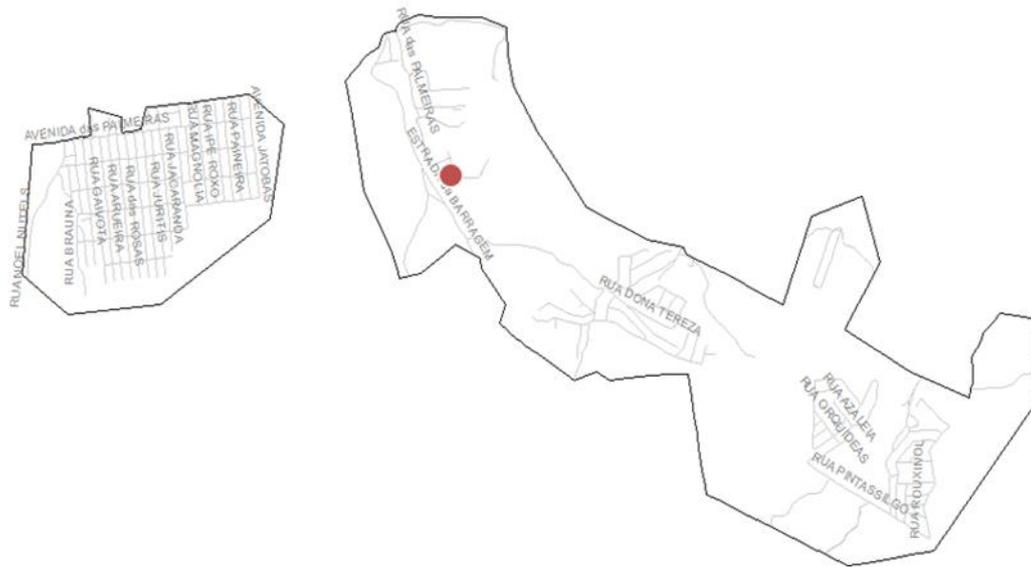
Os padrões de qualidade da água são definidos pela Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, Anexo XX do Ministério da Saúde, ela define o limite máximo dos elementos presentes na água para que não tenha riscos à saúde. O número de amostras e a frequência com que devem ser feitas são definidos na portaria nº1469/MS e o monitoramento da qualidade da água em São Paulo é realizado pela CETESB.

### **APLICAÇÃO DA METODOLOGIA – ESTUDO DE CASO**

A área em estudo localiza-se no setor Colônia, no extremo sul da cidade de São Paulo no distrito rural de Parelheiros e possui, atualmente, 5600 ligações de água.



**Figura 1: Localização do Distrito Colônia.**



**Figura 2: Localização do Poço Colônia.**

O poço colônia pertence ao Aquífero São Paulo, do tipo fissurado e foi perfurado em 1988. O poço Colônia possui o seguinte perfil litológico:

Profundidade (m)	Descrição Litológica	
0 -4	Solo marrom, acizentado arigoloso, plástico.	
4-9	Rocha alterada muito quartzosa, pouco micacea.	
9-19	Gnaise de granulação fina, pouco alterada, apresentando foliação intensa. Bandamento definido por minerais máficos e felsicos. Composto por quartzo, feldspato e mica.	
14-24	Rocha pouco mais alterada de coloração amarelo-esverdeada de granulação média e grossa com muita mica.	
24-36	Gnaise com foliação acentuada, tendendo a xisto, apresentando porções com cristais de muscovita bem desenvolvidos.	
36-88	Gnaise muito foliado de granulação média.	
88-130	Gnaise contendo muita mica (pouca biotita) muito duro.	
		27,5m/10"
		25m/14"
		27,5m/12"
		62m/10"
		130m/8"

**Figura 3: Perfil litológico do poço Colônia.**

O poço possui 130 metros de profundidade e tem vazão máxima de 134,60 m<sup>3</sup>/h, porém a vazão máxima outorgada para o poço colônia foi de 80m<sup>3</sup>/h durante 17 horas por dia.

A SABESP utiliza o filtro de zeólito para realizar a remoção de Ferro e Manganês após oxidação com o hipoclorito de sódio. O sistema de filtração teve um investimento inicial de R\$500.000 e a limpeza do filtro é realizada com retrolavagens.

O custo com material para tratamento e energia elétrica para a operação do poço perfazem o valor de R\$ 132.806,87 por ano para tratar de 189.486m<sup>3</sup>/ano de água.



No ano de 2017, o sistema de filtração do poço Colônia começou a apresentar falhas, perdendo sua eficiência. Imediatamente ao perceber que os números mostravam projeções preocupantes, foi acionado um plano de estudo que buscou alternativas de abastecimento. Devido à proximidade do setor Parelheiros já pertencente ao Sistema Integrado Metropolitano e à capacidade de atendimento ao setor Colônia, a solução adotada foi a desativação do poço e a integração ao Sistema Integrado Metropolitano (SIM) com o abastecimento sendo realizado através do reservatório de Parelheiros e o tratamento da água pela Estação de Tratamento de Água Alto da Boa Vista (ETA ABV).

A ETA ABV tem capacidade de tratar 444 milhões de m<sup>3</sup>/ano de água com um custo de material para tratamento e energia elétrica de R\$ 27.500.000,00 por ano

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos com os ensaios de qualidade da água no Poço Colônia antes e depois da desativação em novembro de 2017 são apresentados na Tabela 1 e 2.

**Tabela 1: Ensaio de qualidade da água do Poço Colônia.**

Valores Máximos Permitidos - Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde				0,2 a 2,5 mg/L	5 NTU	15 CU	Ausente	Ausente		0,30 mg/L	0,30 mg/L	0,10 mg/L
Data	Hora	ENDERECO	Amostra	Cloro Residual Livre mg/L	Turbidez NTU	Cor Aparente CU	Coliformes Total em 100 mL	Escherichi coli em 100 mL	pH	Ferro Total mg/L	Ferro Total mg/L	Manganês Total mg/L
08/05/2017	10:36	COLÔNIA R Noel Nutels nº s/n	11919/2017	2,05	3,31	28	Ausente	Ausente	7,1	24,7	1,44	0,14
08/06/2017	11:38	COLÔNIA R Noel Nutels nº s/n	14587/2017	1,99	4,88	18	Ausente	Ausente	7,1	24,5		
06/07/2017	11:26	COLÔNIA R Noel Nutels nº s/n	16962/2017	1,86	4,9	25	Ausente	Ausente	7,1			
03/08/2017	11:41	COLÔNIA R Noel Nutels nº s/n	19493/2017	1,82	3,57	28	Ausente	Ausente	7			
28/08/2017	11:40	COLÔNIA R Noel Nutels nº s/n	21332/2017	2,05					6,9		1,3	0,13
11/09/2017	11:19	COLÔNIA R Noel Nutels nº s/n	22221/2017	1,92	2,69	23	Ausente	Ausente	7,1		1,14	0,14
03/10/2017	10:17	COLÔNIA R Noel Nutels nº s/n	24442/2017	1,52	5,42	19	Ausente	Ausente	7,2	22,1		
07/11/2017	13:29	COLÔNIA R Noel Nutels nº s/n	26962/2017	1,15	4,12	27	Ausente	Ausente	7			

**Tabela 2: Ensaio de qualidade da água na rede de distribuição após a desativação do Poço Colônia.**

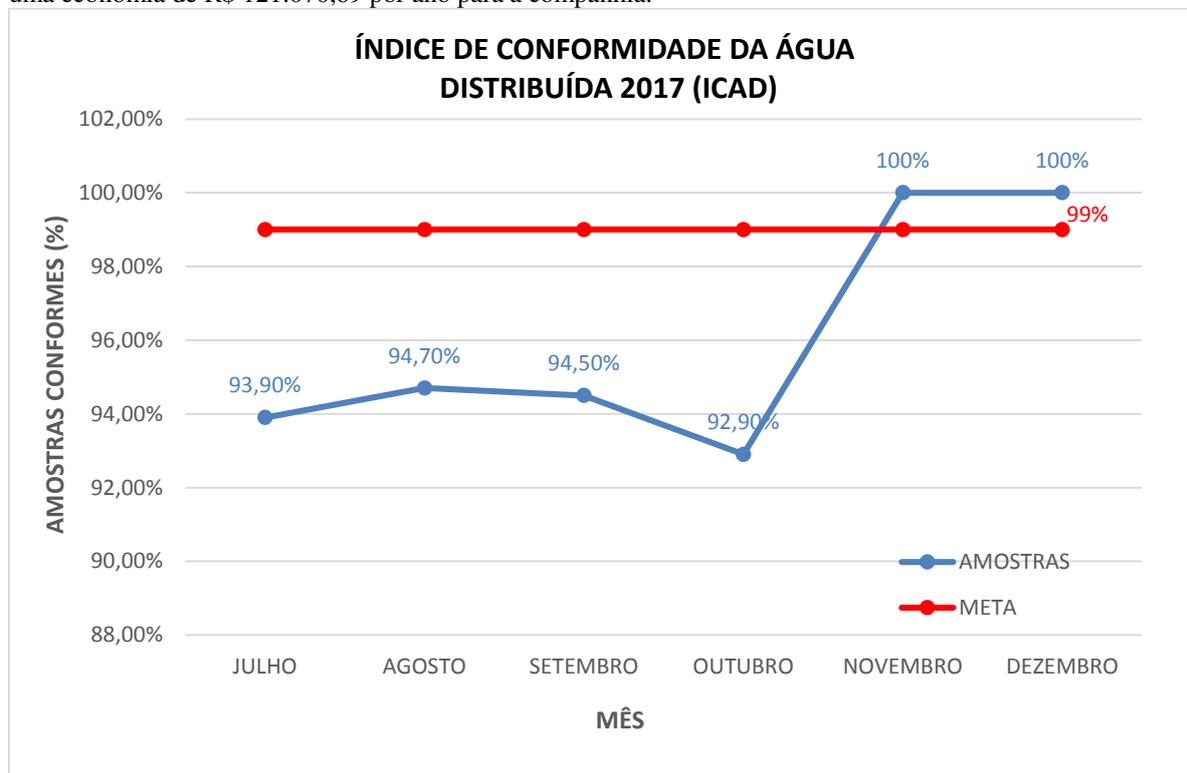
Data	Hora	ENDERECO	Amostra	Cloro Residual Livre mg/L	Turbidez NTU	Cor Aparente CU	Coliformes Total em 100 mL	Escherichi coli em 100 mL	Bactérias Heterotróficas UEC	Ferro Total mg/L	Manganês Total mg/L	Alumínio mg/L	Fluoreto
23/11/2017	12:09	R Eduardo Collier Filho nº 64	26996/2017	0,28	0,33		Ausente	Ausente					
13/11/2017	11:25	R Luis Inacio Maranhao Filho nº 19	27460/2017	0,45	0,46	< 5	Ausente	Ausente					
13/11/2017	11:32	R Helenira Rezende de S Nazareth nº 33	27461/2017	0,58	1,07	< 5	Ausente	Ausente					
16/11/2017	10:26	R Eduardo Collier Filho nº 64	27822/2017	0,97	0,26	< 5	Ausente	Ausente					
20/11/2017	13:10	R Issami Nakamura Okano nº 02	28125/2017	0,59	1,18		Ausente	Ausente					
20/11/2017	13:06	R Joao Massena Melo nº 01	28126/2017	0,41	0,31		Ausente	Ausente					
29/11/2017	11:28	R Eduardo Collier Filho nº 64	28646/2017	0,23	1,49		Ausente	Ausente					

Para o monitoramento da qualidade da água é utilizado o Índice de Conformidade da Água Distribuída (ICAD), que é obtido através de amostras que analisam, por exemplo, níveis de elementos químicos, cor aparente, turbidez, coliformes totais, etc. No mês de outubro de 2017 foram realizadas 113 análises para verificar a qualidade da água no Poço. O resultado obtido do ICAD se mostrou abaixo da meta de 99% de conformidade esperada para o referente mês. Já no mês de novembro, após a desativação do poço, as 105 análises da água do sistema integrado do reservatório Parelheiros realizadas apresentaram ICAD com 100% de conformidade.



Conforme observado no Gráfico 1, houve significativa melhoria na qualidade da água imediatamente após a desativação do poço Colônia no mês de novembro de 2017. A integração no sistema integrado reduziu os índices de ferro, manganês e cor aparente da água, atendendo a demanda da região e preservando a saúde da população atendida.

Além disso, analisando o custo de operação da ETA ABV com o custo de operação do poço Colônia, obteve-se uma economia de R\$ 121.070,69 por ano para a companhia.



**Gráfico 1: Evolução do ICAD 2017.**

## CONCLUSÕES

As ações conjuntas da desativação do poço colônia e a interligação no Sistema Integrado Metropolitano mostraram-se eficazes do ponto de vista da qualidade de atendimento à população e do ponto de vista financeiro. O problema na qualidade da água no setor de abastecimento Colônia foi resolvido, atendendo aos requisitos do Ministério da Saúde e, o mais importante, evitando problemas de saúde causados pelo consumo contínuo desses elementos para a população e proporcionando economia financeira significativa para a companhia.

No caso estudado a decisão de desativar o poço foi devida às condições do poço e à proximidade à região do Setor de abastecimento Parelheiros, pertencente ao SIM. Para casos que não houver rede integrada próxima, a manutenção do poço e a revisão do tipo de tratamento utilizado podem ser alternativas para a resolução do problema.

O poço colônia foi desativado conforme a instrução técnica DPO nº 10 e a NBR 12.244/2006 e ainda pode ser utilizado em eventual necessidade hídrica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. TSUTIYA, MILTON TOMOYUKI. Abastecimento de água. 2ª Edição. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005, 643p.
2. BERTOLO, R; HIRATA, R; CONCELLI, B; SIMONATO, M; PINHATI, A; FERNANDES, A; Água subterrânea para abastecimento público na Região Metropolitana de São Paulo: é possível utilizá-la em larga escala? Revista DAE, v. 63, p. 6-17, 2015.



3. Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo, coordenação geral Gerônimo Rocha. – DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. IG – Instituto Geológico. IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. CRPM Serviço Geológico do Brasil, 2005.
4. RICHTER, C.A.; NETO J. M. A. Tratamento de Água, tecnologia atualizada. Ed. Edgard Blucher. 1991
5. CRPM. Companhia de pesquisa de Recursos Minerais, Hidrogeologia: conceitos e aplicações/ Coordenadores: Feitosa F. A. C. & Filho, J. M. Fortaleza: CRPM, LABHID-UFPE, 1997.
6. MAHAN, B. M. Química: um curso universitário. 4 Ed, São Paulo: Ed Blucher, 2000.
7. OLIVEIRA, DANIELA ALVES; SCHMIDT, GILDA; FREITAS, DIOGO MACEDO; Avaliação do teor de ferro em águas subterrâneas de alguns poços tubulares, no plano direto de Palmas –TO. 2003.
8. PRIANTI JUNIOR, N.G., AROUCA, J.; LACAVALA, P.M. Redução de ferro e manganês na água: solução para o consumidor. Revista Meio Filtrante. Ano1, nº3. Out/nov/dez/2003.p.8-9.
9. CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade das Águas doces no Estado de São Paulo 2016 – Apêndice E – Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade. São Paulo, 2017. Disponível em <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>>. Acesso em: mar. 2018.
10. WEIGERT, WILMAR; RATTMAN, CARLOS ANTONIO. (Utilização de orto-polifosfato no tratamento de água para eliminação de água suja (água vermelha). 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Ano: 1997. p. 1491-1501.
11. Portal ABAS. ABAS – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. Disponível em: <<http://www.abas.org>>. Acesso em fev. 2018.
12. Outorgas. Portal do Departamento de Águas e Energia Elétrica. Disponível em: <[http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com\\_content&id=68:outorga](http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com_content&id=68:outorga)>. Acesso em: fev. 2018.
13. RUBIM, CRISTIANE; A beleza do tratamento da água. Revista TAE – Especializada em tratamento de água e efluentes. Edição Nº 8 - agosto/setembro de 2012 - Ano II. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/4579-noticias>>. Acesso em: Fev. 2018.
14. PINTO, CARLOS DE SOUSA. Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas. 3ª Edição. São Paulo: Oficina de textos, 2006.
15. JOSÉ MORENO, NIZAR QBAR, REGINA MEI ONOFRE, ROSEANE Mª GARCIA LOPES DE SOUZA. Manual de controle da qualidade e operação do sistema de abastecimento de água. 1ª Edição. São Paulo, 2012. AESABESP – Associação dos Engenheiros SABESP.
16. Tratamento de água em Estações de Tratamento SABESP. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=47>>. Acesso em: mar. 2018.
17. Portal da Qualidade das Águas: Indicadores de Qualidade - Índice de Qualidade das Águas (IQA). Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: mar. 2018.
18. PIKANÇO, F. E.; LOPES, E. C. & SOUZA, E. L. Fatores responsáveis pela ocorrência de ferro em Águas subterrâneas da região metropolitana de Belém/PA. São Paulo: ABAS, 1988.
19. ARNALDO AUGUSTO SETTI, JORGE ENOCH FURQUIM WERNECK LIMA, ADRIANA GORETTI DE MIRANDA CHAVES, ISABELLA DE CASTRO PEREIRA. Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos. 2ª ed. – Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000. 207 p.
20. ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos / Arnaldo Augusto Setti, Jorge Enoch Furquim Werneck Lima, Adriana Goretti de Miranda Chaves, Isabella de Castro Pereira. 2ª ed. – Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000. 207 p. : il. ; 23 cm.