

PROCESSO DE COMPLEXAÇÃO DO FERRO EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS – UMA PROPOSTA DE MUDANÇA DA PORTARIA 36 DO MINISTÉRIO DA SAÚDE

Anésio Rodrigues de Carvalho

Resumo - O presente trabalho propõe como solução viável para o tratamento dessas águas, o processo de Complexação, que consiste na utilização de poliortofosfatos que envolvem o Fe no interior de uma grande e resistente molécula, a qual isola aquele elemento do meio ambiente, impedindo assim sua oxidação pelo ar. O sistema consiste na instalação de uma bomba dosadora e um pequeno reservatório para o complexante. Esta bomba liga-se automaticamente assim que a bomba entra em funcionamento. A dosagem do complexante é injetado na água na proporção devida, em seguida, se necessário, efetua-se a cloração para desinfecção da água. O processo de complexação é indicado para águas cujo teor por litro seja de até 4 mg; e sua utilização elimina aqueles fatores organolépticos, arrolados pelo Ministério da Saúde como único impeditivo ao uso das águas ferrosas com teor maior a 0.3 ppm.

Abstract - The present work proposes as viable solution for the treatment of those waters, the process of Complexação, that consists of the poliorthophosphate use that you/they involve the Faith inside a great and resistant molecule, which isolates that element of the environment, impeding like this your oxidation for the air. The system consists of the installation of a bomb dosadora and a small reservoir for the complex. This bomb calls automatically as soon as the bomb he/she enters in operation. The dosage of the complex is injected in the water at the proper proportion, soon after, if necessary, he/she occurs the cloração for disinfecting of the water. The complexação process is indicated for waters whose tenor for liter is of up to 4 mg; and your use eliminates those factors organolépticos, inventoried by ministry of Health as only impediment to the use of the ferrous waters with larger tenor to 0.3 ppm.

Palavras-Chave - Águas subterrâneas; ferro; fósforo; processo de complexação; portaria 36(MS).

Words Key - Underground waters; I iron; match; complexação process; entrance 36(MS).

INTRODUÇÃO

O presente trabalho trata de uma questão candente no que se refere às preocupações ambientais e à sobrevivência do ser humano: a água, sua escassez e as alternativas de uso e abastecimento que se colocam a partir dessa realidade.

Sabe-se que o volume de água existente na Terra é de 1.360 milhões de km cúbicos, dos quais 97% são águas salgadas e 2,2% estão imobilizados em geleiras e nas calotas polares. Resta então 0,8% de água doce utilizável, sem a necessidade de processos sofisticados para transformá-la em água potável. Desse total, 97% encontra-se em aquíferos subterrâneos e somente 3% localizam-se nos rios e lagos (RICHTER;NETTO, 1991: 1). É essa a água disponível para os seres vivos em geral; inclusive o homem, os animais e os vegetais.

O Brasil dispõe de 8% do total de água doce superficial do planeta. Porém a maior parte da mesma - cerca de 80% - está localizada na região amazônica. Os 20% restantes se distribuem desigualmente pelo país, atendendo 95% da população.

Em relação ao planeta, desde 1900 houve uma quadruplicação da população mundial, mas o consumo de água quase que decuplicou no mesmo período. Segundo estimativas da Organização das Nações Unidas (ONU), no começo do séc.21, cerca de um terço dos países do globo terá escassez permanente de água.

Como se percebe, a água, líquido já chamado de “sangue da vida”, e tão precioso quanto aquele, é, na verdade, um recurso finito e vulnerável. No entanto, o homem parece ainda não ter se dado conta disto, pois a degradação ambiental provocada pela poluição dos recursos hídricos, acaba por contribuir para um agravamento no problema da escassez da água, representado pelas dificuldades de abastecimento das grandes cidades e áreas industriais, do fornecimento da água para irrigação, óbices esse que vez ou outra pode associar-se a períodos de estiagem.

Um ponto crucial está associado à contaminação da água, por solventes de todo tipo utilizados pelo homem. Nas últimas décadas o nível de poluição tem aumentado em ritmo exponencial, e já não se encontra água suficiente para o abastecimento dos grandes centros urbanos. Dessa forma, as empresas de abastecimento estão sendo obrigadas a trazer água de grandes distâncias, começando a pairar os fantasmas da falta de água, bem como do alto custo o que constitui séria e real ameaça à população.

Relatórios da ONU apontam duas sugestões básicas para diminuir a escassez da água: aumentar a sua disponibilidade e utilizá-la mais eficientemente. No que concerne ao aumento da disponibilidade da água, são sugeridos o aproveitamento de geleiras, a dessalinização da água do mar e a intensificação do uso dos estoques subterrâneos(lençóis e aquíferos). As duas primeiras alternativas são altamente custosas, sendo a terceira alternativa bastante viável.

No Brasil, tem-se como elemento dificultador da efetivação desta “terceira via”, o fato das próprias empresas de distribuição não possuírem uma política de controle e estímulo a linhas de financiamento que favoreçam uma estratégia natural, que poderia ser a dos próprios, médio e grande porte de consumidores perfurarem seus poços tubulares (os chamados poços artesianos) liberando assim grande parte da água potável à distribuição pública.

Cabe aqui destacar alguns fatores que favorecem de forma inequívoca a exploração das águas subterrâneas: possuem um alto grau de qualidade (no que tange aos aspectos bacteriológicos), pois o próprio solo incumbe-se de purificar a água, tornando os mananciais subterrâneos fontes ideais de suprimento de água doce. Essa qualidade é determinada principalmente pelas características dos materiais rochosos por onde a água percola-se. A maioria das águas subterrâneas contém minerais dissolvidos, que muito raramente são prejudiciais à saúde, mas que conferem gosto agradável ou desagradável à água. Na verdade, os processos químicos, biológicos e físicos que ocorrem no solo podem remover a maior parte das impurezas da água. Até mesmo os trechos contaminados de aquíferos podem ser recuperados, obviamente desde que sejam eliminadas as fontes poluidoras. A habilidade natural do solo acaba por devolver a qualidade da água, desde que não haja contaminação química ou infiltração de agrotóxicos e metais pesados por exemplo.

As águas superficiais - rios, lagos e reservatórios - já não têm essa defesa natural e estão muito mais sujeitas à poluição ambiental. As águas subterrâneas, estando protegidas e isoladas abaixo da terra, estão relativamente menos propensas à poluição.

Os reservatórios subterrâneos naturais apresentam outras vantagens. Eles são sistemas livremente disponíveis para armazenamento de água, sem que necessite o gasto de um centavo para a construção. Possuem, em geral, grande capacidade volumétrica e não ficam associados ou saturados de argilas e algas, como os lagos. A perfuração do poço é relativamente barata. Não há praticamente nenhuma perda d’água por evaporação, sendo o seu aproveitamento rápido. Num curto espaço de tempo, alguns dias é possível utilizar diretamente a água do poço para o abastecimento público ou industrial. Quanto a água de superfície necessita completar toda uma série de eventos, desde o projeto até a construção da barragem, tomadas d’água, estação de tratamento, casa de bombas, adutoras e linhas de distribuição para que possa ser utilizada. E neste caso o retorno do capital investido só pode acontecer após a conclusão de todas as obras, o que pode levar alguns anos. Utilizando-se a água subterrânea a amortização do capital investido é muito mais rápida. A questão de tempo é também fundamental, quando se pensa no custo social da obra. A saúde e o bem-estar das populações devem ser sempre as prioridades para as administrações sensíveis não adiando soluções.

Por outro lado a prática de utilização das águas subterrâneas tem possibilitado soluções emergenciais, com resultados imediatos. Em épocas de seca, a recarga natural do aquífero através

do solo é reduzida. Mas mesmo nessas épocas, enquanto as águas de superfície minguam ou desaparecem, os poços continuam suprindo as populações. O uso planejado e racional de água subterrânea torna esse tipo de manancial inesgotável.

Existem poços construídos em locais propícios à captação das águas subterrâneas que podem fornecer cerca de um milhão de litros d'água por hora, como por exemplo, os poços de Jales, em São Paulo, e do Vale da Gurgéia, no Piauí (GIAMPÁ, 1978: 5).

Várias cidades de grande adensamento populacional conseguem suprir a necessidade de água através de poços. Nos Estados Unidos podem ser citadas Nova York, Indianápolis, Houston e Miami; no Brasil destacam-se, entre outras, Natal, Maceió, Campo Grande, Bauru, São José dos Campos, Recife e Ribeirão Preto (GIAMPÁ, 1978: 6).

Por essa série de motivos, malgrado a falta de planejamento já antes mencionada, observa-se que um grande número de empresas está investindo na construção de poços tubulares profundos.

A propósito há um problema que se apresenta aí: devido ao tipo geológico do solo brasileiro, onde se verifica uma grande presença de minerais como o ferro, manganês e outros; e também pela contaminação dos aquíferos (provocada pela falta de saneamento básico), é comum as águas apresentarem problemas de contaminação bacteriana. Esse fator, na grande maioria dos casos tem solução relativamente simples, que consiste na cloração correta dessas águas. Contudo o ferro proporciona nas mesmas um gosto metálico, além de tingir a água com a cor ferrugem, tão logo esta entre em contato com o oxigênio do ar, provocando manchas nas louças sanitárias. Dependendo da quantidade presente desse elemento, forma pequenos grãos que se precipitam nos reservatórios e tubulações em forma de lama, impedindo o uso das águas para a maioria das aplicações, além de servir de meio para o crescimento de muitas formas de bactérias.

É neste contexto que a efetivação do tratamento dessas águas se impõe. Existem processos consagrados que permitem remover o ferro (Fe) e o manganês (Mn) da água (este último é menos abundante que o ferro, mas quando ocorre, aparece sempre associado àquele. O Mn assemelha quimicamente ao ferro e mesmo quanto a sua ocorrência em águas sub-superficiais e subterrâneas). Todavia, são métodos de alto custo, e por vezes inócuos.

Para sua implantação é necessária a construção de uma Estação de Tratamento de Água (ETA). Esse é o caso dos processos de aeração com oxidação, com posterior floculação e decantação; o de abrandamento químico; o da troca iônica, bastante dispendiosos, ou da filtração por filtros de carvão ativado (antracito), que além de ser dispendioso revela-se inoperante depois de um curto tempo de utilização.

FERRO E MANGANÊS NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Praticamente todas as águas potabilizáveis contêm certa concentração de ferro. Esse teor de ferro é de considerável interesse porque pequenas quantidades afetam seriamente a utilidade da água para algumas finalidades domésticas e industriais. Os padrões do USPHS (Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos) sugerem que o teor de ferro da água potável não exceda 0,3 ppm. O mesmo limite é fixado pela legislação sanitária brasileira. Não é por razões fisiológicas que esse limite é fixado, considerando que muitas vezes esse teor não é maléfico nem ao homem nem aos animais. Realmente o corpo humano requer 5 a 6 miligramas de ferro por dia, correspondentes a um volume de 17 a 20 litros de água com 0,3 ppm.

Convém notar que 0,3 ppm é uma quantidade menor que a considerada como meros traços de outros minerais que raras vezes são determinados na análise da água.

O ferro contido na água causa mancha nas instalações sanitárias e nas roupas lavadas, incrustações nos filtros de poço e obstrução nas canalizações. Teores acima de 0,5 ppm são incômodos. Alguns processos industriais não admitem mais que 0,1 ppm. Concentrações de 1 a 5 ppm na água subterrânea são comuns. Após a aeração, o teor pode cair a 0,1 ppm.

A água pode adquirir ferro pelo contato com o revestimento do poço, partes da bomba e encanamentos. Quanto mais corrosiva, mais dissolve o ferro das superfícies com as quais estabelece contato.

A água acumulada em um poço que permaneceu inativo acusa maior teor de ferro que o da água do aquífero. Na colheita de amostras, portanto, a bomba deve ser operado um tempo o bastante para remover toda a água que permanecia estacionária. Quando a água se tornar completamente límpida, a amostra é colhida o mais próximo possível da descarga da bomba antes que a água entre em contato com o ar.

A química do ferro na água é complexa. Duas espécies de cátions ferro ocorrem comumente. Um é o ferroso e outro é o férrico. O íon ferroso tem a carga de dois elétrons e o férrico, a de três. O ferro no estado ferroso é instável em presença do ar, mudando para o estado férrico quando a água que o contém é exposta ao ar: os íons ferrosos se oxidam, tornando-se férricos. O íon ferroso pode dissolver-se em quantidade de 50 ppm. aproximadamente, em água neutra, e em maior proporção, se a água é levemente ácida. Ao contrário, o íon férrico é quase completamente insolúvel em água alcalina ou fracamente ácida.

Isso esclarece o problema causado pelo ferro na água. Em contato com o ar, o ferro dissolvido, no estado ferroso, passa para o estado férrico e sai da solução. Os compostos assim formados são o óxido férrico e o hidróxido férrico, que são os mesmos conhecidos como ferrugem comum.

A água de poço contendo ferro em porção apreciável pode ser completamente límpida e incolor logo após o bombeamento. Detida por algum tempo em contato com o ar, o ferro dissolvido é afetado. A água começa a se turvar e mais tarde um depósito cor de ferrugem ter-se-á formado no fundo do recipiente.

Águas contendo ferro favorecem a proliferação das bactérias do ferro, como as Crenothrix. A proliferação é tão abundante nos encanamentos de água, nos sistemas de recirculação e em outros lugares, que promovem uma notória ação obstrutiva e a redução da vazão. Frequentemente as proliferações se rompem, desprendendo-se em grandes massas.

As bactérias do ferro são de muitas espécies, sendo a Crenothrix a mais comum, são circundadas de um revestimento filamentosos. Os filamentos crescem presos às paredes do poço e condutos, às galerias de infiltração e nos vazios do material aquífero.

Os organismos podem transformar certas formas de ferro solúvel em outras de ferro insolúvel, que são retidas no invólucro do organismo ou nos vazios da areia. O invólucro, que se desenvolve quando a bactéria se multiplica, é uma espécie de geléia viscosa que pode obstruir seriamente os poros da formação aquífera e as aberturas do filtro do poço. As bactérias do ferro prosperam melhor no escuro; são encontradas mais frequentemente nas águas que contém pouco ou nada de oxigênio e considerável quantidade de dióxido de carbono junto com o ferro dissolvido.

Quando o teor de ferro é excessivo o tratamento da água se faz necessário. Nos casos em que os teores de ferro e dióxido de carbono da água subterrânea são moderadamente baixos, e não havendo outro tratamento, o inconveniente pode ser minimizado evitando-se a aeração. Esse tópico será melhor aprofundado nos itens que se seguem.

Quanto ao manganês, ele se assemelha quimicamente ao ferro e na sua ocorrência nas águas naturais. É menos abundante que o ferro. Em consequência, sua presença na água é menos comum e a sua concentração, em geral, muito menor que a do ferro.

O bicarbonato manganoso decompõe-se de forma idêntica ao bicarbonato ferroso, abandonando a água sob a forma de um depósito negro de aspecto fuliginoso ao se desprender o gás carbônico. A reação exige oxigênio retirado do ar.

Bactérias, formando viscosidades como as do ferro, podem, também, oxidar os compostos de manganês tornando-os insolúveis (MANUAL TÉCNICO DO D.E.F.A.N.A., 1971: 195).

PADRÕES DE POTABILIDADE DA ÁGUA

Chamam-se Padrões de Potabilidade às normas de qualidade para as águas de abastecimento (as destinadas ao consumo humano).

Internacionalmente as normas vigentes foram elaboradas pela O.M.S. - Organização Mundial de Saúde e os Guias para a Qualidade de Água Potável, da mesma organização. (RICHTER; NETTO, 1991: 1).

Em âmbito nacional, a mais recente portaria que versa sobre a questão é a Portaria nº36/GM de 19 de Janeiro de 1990 do Ministério do Estado da Saúde.

Segundo os padrões acima estabelecidos, o teor do ferro da água potável deve limitar-se a até 0,3 ppm. Este limite não tem origem num possível dano que uma quantidade maior poderia causar à saúde, como já o explicamos acima, mas pelos chamados fatores organolépticos, ou seja, os que afetam sua qualidade pela cor aparente, odor, sabor e turbidez.

Conforme bem expõe Richter e Netto, isto resulta em que “a água ferrosa pode:

- manchar tecidos, roupas, utensílios, aparelhos sanitários, etc;
- causar sabor desagradável, “metálico”;
- prejudicar a preparação de café e chá;
- interferir nos processos industriais (fabricação de papel, tecidos, tinturaria e cervejarias);
- causar depósitos e incrustações, possibilitando o desenvolvimento de bactérias ferruginosas nocivas. (1991: 50).

O COMPLEXANTE

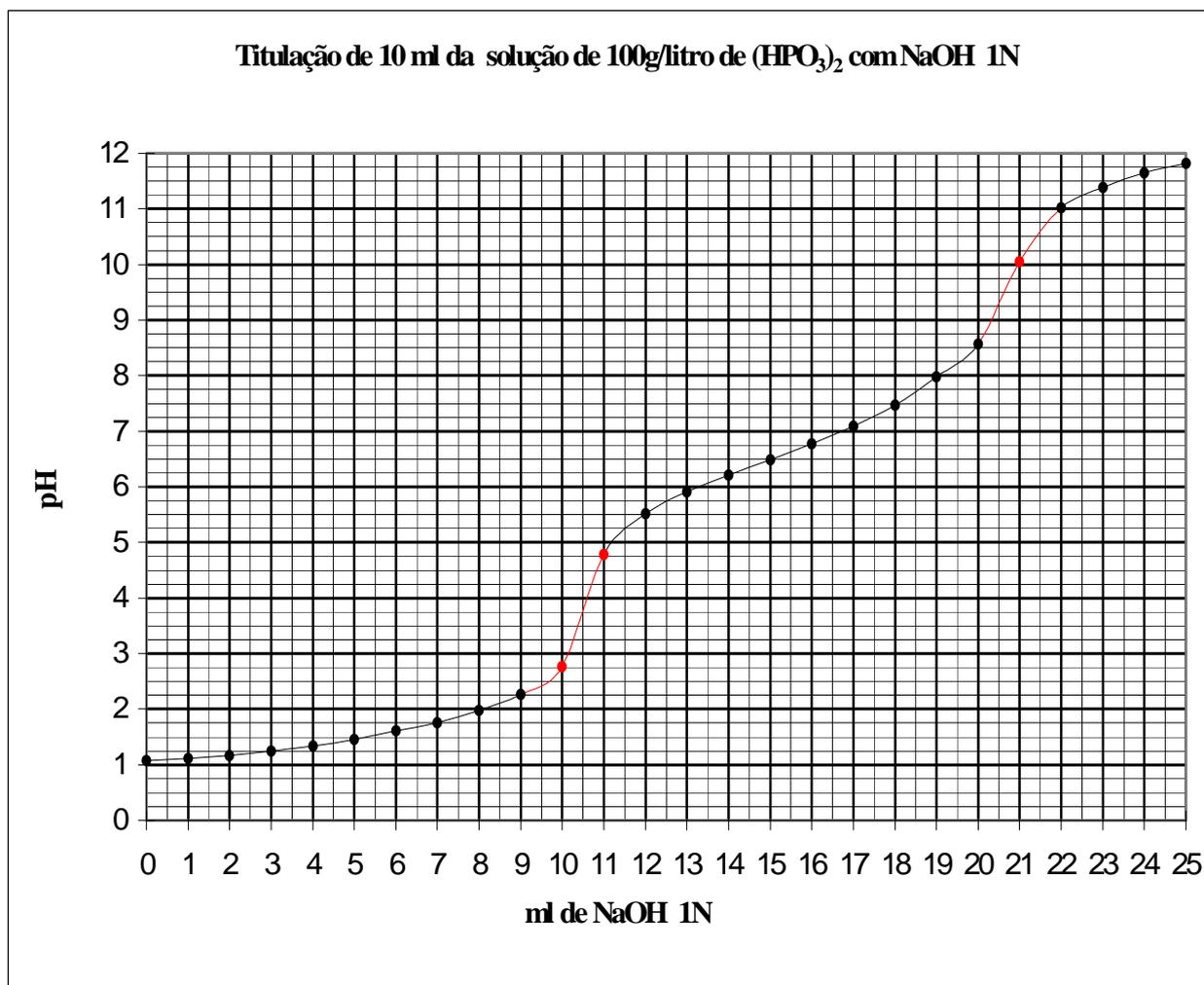
Aquecer o ácido fosfórico (H_3PO_4) entre 350 a 380 °C, em recipiente de cerâmica isenta de metais, pelo tempo mínimo de 6 horas após atingir a temperatura mínima.

A conversão do ácido fosfórico em ácido metafosfórico HPO_3 pode ser verificada pelos seguintes métodos qualitativos:

Ao se adicionar uma gota de nitrato de prata a 0,1 mol em uma solução de 1 gota de ácido metafosfórico diluído em 50 ml de água destilada, deverá ser formado um precipitado branco, indicando a presença de fosfato como PO_3 . Caso a cor seja ligeiramente amarela, fica indicada a presença de fosfatos como PO_4 .

Em 50 ml de água, adicionar uma gota de ácido metafosfórico e após completa solubilização, adicionar 5 ml de uma solução de albumina de ovo. A turbidez formada indica a presença do ácido metafosfórico, esta turbidez não se forma com os ácidos fosfórico e pirofosfórico.

O ácido meta fosfórico é um polímero que pode variar de acordo com o método de fabricação, e dependendo das condições de tempo de aquecimento, da temperatura atingida ou da ação catalítica de alguns metais, apresenta as características de um ácido diprótico de pequena polimerização, podendo ser escrito como $H_2P_2O_6$ ou $(HPO_3)_2$. Este fato pode ser confirmado pela titulação com hidróxido de sódio, conforme demonstra o gráfico acima.



NEUTRALIZAÇÃO PELO HIDRÓXIDO DE SÓDIO

Para cada 1 mol de ácido dimetafosfórico $(\text{HPO}_3)_2$, adicionar 1 mol de hidróxido de sódio, formando-se o sal NaHP_2O_6 . Esta reação é bastante violenta, e o calor gerado pode provocar queimaduras graves dependendo da quantidade de produto utilizada.

PREPARO DO COMPLEXANTE

Pesar exatamente 160 gramas do ácido dimetafosfórico anidro e diluir em 350 ml de água destilada. Verter cuidadosamente em uma solução de 1 mol de hidróxido de sódio ou 80 gramas da solução comercial a 50%, diluído em 350 ml de água destilada.

NOTA: O ácido dimetafosfórico ao esfriar-se em ambiente aberto absorve água, adquirindo a densidade em torno de $1,5\text{g/cm}^3$, com aproximadamente 80% de $(\text{HPO}_3)_2$. Esta correção deve ser feita quando não se toma as devidas precauções para evitar a hidratação.

AJUSTES

Como não se sabe exatamente o quanto de água foi absorvida pelo ácido ao esfriar, a concentração de 80%, foi escolhida com base na média já preparada, de forma a permitir ajustes finais pela adição de água.

Ajustar o pH, que deverá estar entre 2 a 3, com hidróxido de sódio para $4,00 \pm 0,05$ (a especificação de desvio máximo é de 3,5 a 4,5) valores que podem ser visualizados no gráfico de titulação do ácido dimetafosfórico, ponto de neutralização do primeiro H^+ .

Titular uma amostra desta solução conforme descrição abaixo e efetuar as correções necessárias.

Repetir a titulação que deverá ser exatamente 1 X 1 (volume titulante gastos na bureta = volume de Fe^{+3} titulado), caso contrário efetuar nova correção.

MÉTODO QUANTITATIVO

Reagentes:

1) Solução padrão 0,01 mol de ferro II

Pesar aproximadamente 5 gramas de sulfato ferroso heptahidratado e secar por 24 horas em dessecador de sílica gel. Após este tempo, pesar exatamente 2,780 gramas e dissolver em 400 ml de água destilada; acrescentar 5 ml de ácido nítrico puro e avolumar para 1000 ml com água destilada em um balão volumétrico.

2) Solução oxidante:

Peróxido de hidrogênio a 50% (200 volumes), acondicionado em frasco conta-gotas.

3) Solução acidificante:

Ácido nítrico a 1x2, dissolver uma parte de ácido nítrico em duas partes de água destilada e acondicionar em frasco conta-gotas.

4) Solução indicadora:

Diluir 100 mg de Eriochrome Cyanine R em 50 ml de álcool etílico desnaturado com 50% de água destilada, acondicionar em frasco conta-gotas.

5) Solução 0,01 mol de complexante:

Dissolver 10 ml de complexante puro em 500 ml de água destilada e avolumar para 1000 ml em um balão volumétrico com água destilada

PADRONIZAÇÕES

Padronização da solução de ferro pelo EDTA padronizado.

NOTA: o uso do EDTA com os reagentes especificados para a medição de poliortofosfatos servem como padronização da solução de ferro e referência para o método, demonstrando a viragem de cor correspondente ao momento da completa complexação do ferro. Conhecendo-se a quantidade de ferro desta solução, é possível calcular-se com razoável exatidão a quantidade de material complexante contida na solução titulante deste poliortofosfato ou de qualquer outro poliortofosfato comercial, independente do seu peso molecular, densidade ou aparência física e calcular a concentração de materiais complexantes oferecida por Kg ou litro de produto.

PROCEDIMENTO

Em um erlenmeyer de 150 ml, colocar 5 ml da solução de ferro II, 10 gotas da solução de peróxido de hidrogênio, homogeneizar, acrescentar 75 ml de água destilada, aguardar alguns segundos para completa oxidação do ferro e adicionar 3 gotas da solução de ácido nítrico, adicionar em intervalos de 30 segundos uma ou mais gotas da solução indicadora até que se forme um colorido azul violáceo intenso.

Transferir a solução de EDTA 0,01 mol para a bureta e titular até 4 ml na razão de 30 gotas/minuto; aguardar durante 2 minutos para que a reação se complete, após o qual se reinicia a titulação gota a gota até que a solução adquira a cor amarela, e algumas gotas a mais não altere significativamente a cor.

CALCULO DA MOLARIDADE

Volume gastos na bureta multiplicado pela molaridade do EDTA divididos pelo volume da solução de ferro = molaridade da solução de ferro.

Exemplo:

Volume gasto da solução de EDTA = 4,8 ml

Molaridade da solução de EDTA = 0,0101

Volume utilizado da solução de ferro II = 5 ml

$(4,8 \times 0,0101) : 5 = 0,0097$ mol/litro

MEDIÇÃO DA CAPACIDADE DE COMPLEXAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DO POLIORTOFOSFATO REATIVO PROCEDIMENTO

Em um erlenmeyer de 150 ml, colocar 5 ml da solução de ferro II, 10 gotas da solução de peróxido de hidrogênio, homogeneizar, acrescentar 75 ml de água destilada, aguardar alguns segundos para completa oxidação do ferro e adicionar 3 gotas da solução de ácido nítrico, adicionar

em intervalos de 30 segundos uma ou mais gotas da solução indicadora até que se forme um colorido azul violáceo intenso.

Encher a bureta de 20 ml com a solução diluída 1/100 de poliortofosfato, conforme o item 5, e titular até 4 ml na razão de 30 gotas/minuto, aguardar durante 2 minutos para que a reação se complete, após o que reinicia-se a titulação gota a gota até que a solução adquira a cor amarela, e algumas gotas a mais não altere significativamente a cor.

CALCULO DA MOLARIDADE

Volume utilizado da solução de ferro multiplicado pela sua molaridade, divididos por ml gastos da bureta = molaridade do poliortofosfato.

Exemplo:

Volume da solução de ferro = 5 ml

Molaridade da solução de ferro = 0,0097

Volume gasto da solução de poliortofosfato = 4,7 ml

$(5 \times 0,0097) : 4,7 = 0,0103$ mol/litro

Como a solução de poliortofosfato foi diluída a razão de 1/100, este valor de 0,0103 deverá ser multiplicado por 100 para determinar a concentração do produto puro, sendo neste caso de 1,03 mol/litro.

NOTA: Este processo é de grande utilidade para a medição quantitativa da capacidade complexante de qualquer poliortofosfato, e para a maioria dos produtos capazes de complexar o ferro, é também ideal na padronização de soluções diluídas de poliortofosfatos.

IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

A bomba dosadora (figs. 10a e 10b) utilizada para injeção do complexante na água dos poços é ligada em paralelo, com a bomba do poço.

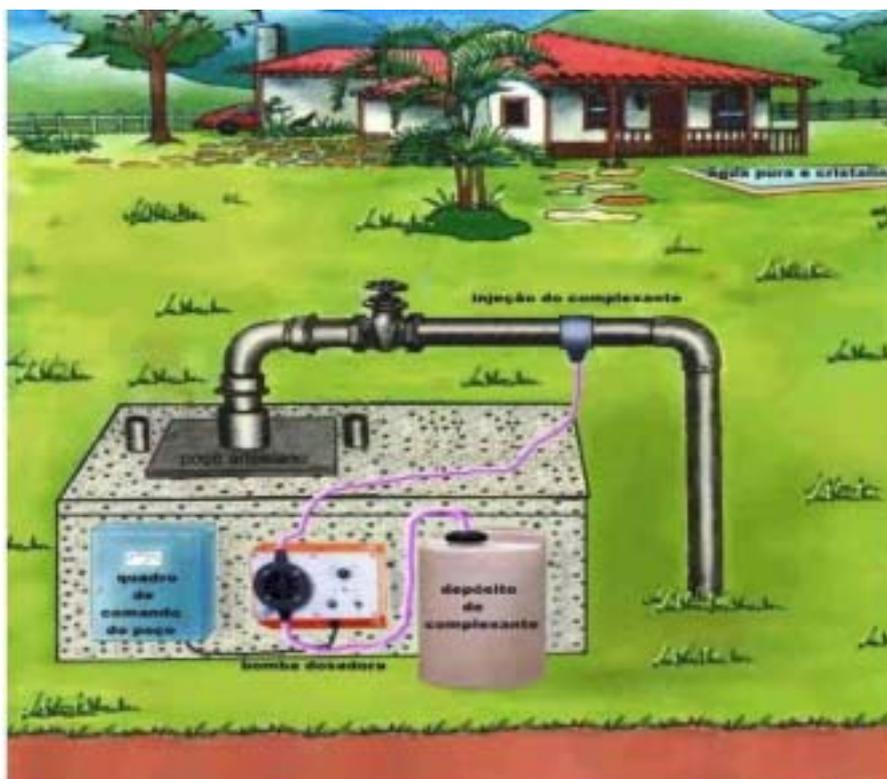


Figura - Poço com bomba dosadora

Essa bomba é dotada de um artifício de regulação de vazão, e conforme pode ser verificado no tópico 4.1. Pesquisa 1, utilizou-se do cálculo de vazão variável nos limites de 0 a 1 L/h., para determinar a porcentagem do complexante que deve ser usado em cada caso.

Para o cálculo, usamos:
$$\frac{(\text{teor do ferro} + \text{teor do manganês}) \times \text{vazão}}{55,8}$$

onde: 55,8 é o peso molar do ferro e vazão em metros cúbicos por hora

Assim que temos, por exemplo, no caso do Poço 1:

Cálculo de consumo de complexante:

$$(\text{teor de ferro} + \text{teor de manganês}) \times \text{Vazão} / 55,8 = (2,7 + 0) \times 2,6 / 55,8 = 0,126$$

Dosagem de complexante: 0,126 litros / hora

PESQUISA 1- PESQUISAS REALIZADAS E SEUS MÉTODOS

POÇO	Profundidade (m)	Diâmetro (pol.)	Vazão (m ³ /h)	Teor de Ferro (ppm)	Teor de Manganês (ppm)	Consumo de Complexante (l/h)	Dosagem de complexante (l/h)
1	124	6	2,6	2,7	0	0,126	0,126
2	130	6	15	0,7	0,09	0,212	0,212
3	97	4	9	3,9	0,92	0,777	0,777
4	150	6	3,2	3	0	0,172	0,172
5	113	6	1,9	0,5	0	0,017	0,017
6	126	6	3,5	1,3	0	0,082	0,082
7	50	4	1,5	4	0	0,108	0,108
8	42	4	1,5	3,5	0,2	0,099	0,099
9	145	6	14	0,6	1,4	0,502	0,502
10	170	6	9	0,4	0,25	0,105	0,105
11	108	6	11	0,3	0,12	0,083	0,083
12	53	4	1,5	0,4	0,2	0,016	0,016
13	90	6	3	3,1	0	0,167	0,167
14	28	40	1	1,3	0	0,023	0,023
15	160	6	7,5	0,4	0,01	0,055	0,055
16	60	6	2	4	0	0,143	0,143
17	200	6	15	2,2	0,7	0,780	0,780
18	50	4	1,5	4	0	0,108	0,108
19	180	6	3	0,15	0,1	0,013	0,013
20	220	6	4	4	0	0,287	0,287
21	60	4	0,15	4	0	0,011	0,011
22	120	6	9	1,4	0	0,226	0,226
23	100	6	5	2,1	0	0,188	0,188
24	180	6	10	0,8	0,12	0,165	0,165
25	180	8	45	0,6	0	0,484	0,484
26	80	6	5	1,6	0,03	0,146	0,146
27	60	4	2	0,8	0	0,029	0,029
28	120	6	4,5	3,7	0,02	0,300	0,300
29	150	6	3	1,3	0	0,070	0,070
30	90	6	35	0,85	0	0,533	0,533
31	85	6	3,6	0,8	0	0,052	0,052

Obs.: as análises corretas, associadas aos cálculos exatos nos proporcionam, consumo do complexante é igual a dosagem do mesmo.

PESQUISA 2 - QUANTIDADES DE FOSFATOS LANÇADOS NA REDE DE ESGOTOS

Poço	Fosfato (l/h)	Vazão (m ³ /h)
1	0,126	2,6
2	0,212	15
5	0,017	1,9
7	0,108	1,5
10	0,105	9
12	0,016	1,5
13	0,167	3

MÉDIA DAS QUANTIDADES DE FOSFATOS LANÇADOS NA REDE DE ESGOTOS:

$$(0,126 + 0,212 + 0,017 + 0,108 + 0,105 + 0,016 + 0,167) / 7 = 0,107$$

MÉDIA = 0,107 litros por hora

USO DO PRODUTO E CONOTAÇÃO SANITÁRIA DO FERRO NA ÁGUA

A Portaria nº 36/GM, de 19 de janeiro de 1990, do Ministério do Estado de Saúde, é o documento mais recente que trata das normas e do padrão de Potabilidade da Água destinada ao Consumo Humano no País. De acordo com essa portaria, pode-se verificar, através da Tabela I, que o Ferro consta como componente que afeta a qualidade organoléptica da água (como já foi referido anteriormente, estão aí inclusos os fatores: cor aparente, odor, sabor e turbidez) se ultrapassado o limite de 0,3 mg/L.

Nessa mesma Tabela I, tem-se a classificação de componentes orgânicos e inorgânicos que afetam a saúde. O Ferro não está inscrito neste rol.

Com isso pode-se deduzir que este limite de 0,3 mg/L recomendado para o ferro nas águas para consumo humano liga-se à questão estética da mesma, e não ao fato de um teor maior trazer malefícios à saúde.

O produto complexante permite o tratamento de águas com até 4 mg de ferro.

Foram empreendidos dois laudos, um de um instituto público, o do Instituto Adolf Lutz, ligado à Secretaria de Estado da Saúde e um de um instituto privado, o do TECAM - Tecnologia Ambiental Ltda. Os testes efetuados foram os de Toxidade Oral Aguda para Ratos.

O resultado dos mesmos aponta para a verificação de que o produto complexante pode ser considerado não tóxico, de acordo com o protocolo internacional (OECD, 1987), e dentro das especificidades e condições estipuladas pelo teste.

Com isso se depreende, levando em conta conjuntamente as Pesquisas 2 A e 2 B anteriormente discutidas, que o processo de complexação, e o uso do complexante pela quantidade de fosfato exigida para purificação de águas ferrosas, não traz malefícios ao meio ambiente (não concorrendo para o processo de eutrofização), nem tampouco à saúde nos limites máximos em que se pretende trabalhar com o ferro, qual seja, o de até 4 mg/L.

CONCLUSÃO

O interesse inicial deste trabalho deveu-se ao fato de o autor trabalhar há cerca de quinze anos com a perfuração de poços de águas subterrâneas. Nesse período vivenciou as várias

problematizações vinculadas à questão da disponibilidade de água para consumo humano, especialmente nos grandes centros urbanos.

Devido aos altos teores de ferro presentes nas águas do território brasileiro, começou-se por questionar e pesquisar possíveis métodos que tornassem viáveis o uso dessas águas para além do limite de 0,3 mg/L convencionado pelos órgãos mundiais e nacionais.

A idéia era possibilitar o maior uso dessas águas, levando em conta os fatores de conotação sanitária e a proteção do meio ambiente, numa configuração mundial que aponta para a escassez da água, e para os graves danos perpetrados ao meio ambiente, por conta da poluição e contaminação crescente de suas águas.

Na primeira parte da dissertação, contextualizou-se a água no processo ambiental, e situando o valor das águas subterrâneas como opção vantajosa para consumo humano, em suas várias vertentes.

Também tratou-se da perfuração dos poços e das características gerais que norteiam esse método. A seguir aprofundou-se nos conhecimentos das características físico-químicas das águas subterrâneas.

Na segunda parte, focalizou-se os elementos Ferro e Manganês, suas ocorrências e características nestas águas.

Depois foram definidos os Padrões de Potabilidade da água para consumo humano e quais os processos consagrados existentes para a purificação das águas ferrosas, sua viabilidade e efetividade.

Na terceira parte, Material e Métodos, procurou-se apresentar os fundamentos teóricos que nortearam a pesquisa do complexante. Aí são especificadas quimicamente as premissas que definem este Processo de Complexação, e suas leis internas.

O mesmo método é seguido para se focar os três elementos fundamentais do processo: o Fosfato; pois ele é o componente principal do Complexante, o Ferro e o Manganês, pela ocorrência dos mesmos nas águas a serem tratadas.

A partir daí, apresentou-se o que consiste o Complexante (sua química para fabricação), e como se dá, em termos práticos, a implantação do sistema.

Na quarta parte, Pesquisas Realizadas e seus Métodos, arrolou-se com base em todos os dados técnicos a implantação do sistema em 31 poços, ocorridas nos últimos 21 meses, além de serem relatados os resultados de cada um deles após o início do funcionamento.

Procurou-se demonstrar através de uma pesquisa seguinte - Média da Quantidade de Fosfatos lançados na rede de esgotos e Média das Vazões, os valores do fosfato residual decorrente do uso do complexante.

A partir destas pesquisas, procurou-se demonstrar, em Resultados e Discussões, e com o cotejamento de tabelas e documentos, se o uso do complexante traz malefícios à saúde e ao meio ambiente.

O que norteou esta pesquisa, no que se refere ao complexante foram quatro questões básicas:

1. O complexante funciona efetivamente, no tratamento das águas ferrosas?
2. O uso do produto é viável e aponta como alternativa aos métodos já consagrados?
3. O complexante pode, no seu uso, provocar danos ao meio ambiente ou ao homem, pelo fosfato residual que o mesmo gera?
4. As águas ferrosas complexadas sendo utilizadas até o limite de 4 mg/L poderiam ter efeitos danosos à saúde?

O resultado das pesquisas permitem as seguintes conclusões:

Pela pesquisa efetuada nos 31 poços com o uso do sistema implantado, pode-se verificar que os resultados são satisfatórios, a saber; para o uso de águas ferrosas com teor-limite 4 mg/L, sendo as águas purificadas, demonstrando que o produto possui estabilidade, e por conseguinte efetividade.

Existe relativa simplicidade e baixo custo do sistema quando comparado aos métodos consagrados. Além disso há a possibilidade de ser usado concomitantemente à desinfecção por cloração, caso esta seja necessária.

O processo não apresenta danos no que se refere à saúde, pois o fosfato, como visto, não apresenta óbices sanitários, e o ferro, ainda que se considere os padrões das Normas Sanitárias (Portaria nº36/GM do Ministério da Saúde) só possui componentes que afetam a qualidade organoléptica, não constando do rol de componentes que afetam a saúde.

Outro importante fator positivo refere-se ao fato do complexante para o ferro e manganês ser produzido exclusivamente com ortofosfatos de pureza “grau alimento”, não possuindo nenhum aditivo orgânico. Também sua molécula possui um número bastante reduzido de átomos de fósforo, o que representa uma menor capacidade para eutrofizar as águas servidas. Assim, o fosfato residual proveniente do complexante não acarreta, devido ao seu baixíssimo teor, danos ao meio ambiente, ou seja, não contribuirá para o fenômeno da eutrofização.

Em vista das verificações antes arroladas, concluí-se que o uso do complexante pode ser uma alternativa viável, com ausência de riscos, para a problemática do uso das águas ferrosas para consumo humano.

Nesse sentido se propõe que a atual Portaria 36/GM do Ministério da Saúde que regula as normas para utilização das águas para consumo humano, proceda estudos e discussão para alterar o limite atualmente estipulado como padrão no uso das águas ferrosas. A sugestão é de que 0,3 mg/L, aumente-se a tolerância, para o teor de 4 mg/L, pois como visto, o fator impeditivo para o uso de

águas com teor acima de 0,3 mg/L, está associado apenas a fatores estéticos (organolépticos), e não à conotação sanitária (danos à saúde).

Esta alteração, naturalmente viria com a ressalva de que tais águas fossem purificadas com vistas a não ferir o tóxico fatores organolépticos.

Essa medida aumentaria em muito o potencial de uso de águas até então impeditivas, devido a seus fatores estéticos, principalmente no contexto dos grandes centros urbanos, onde a oferta de água, já escassa, tende a tornar-se mais e mais um problema de difícil solução que pede alternativas novas e que não predatórias à espécie humana e ao ecossistema em geral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BASSET, J; DENNEY, R.C; JEFFERY, G.H. et al. Análise orgânica qualitativa. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1964.
- [2] BATALLHA, B.L. Glossário de engenharia ambiental. (s.l.): (s.n.), 1986.
- [3] FACULDADE de Saúde Pública - Universidade de São Paulo- SUBIN - USAID - BNH. (Traduzido do DEPARTAMENTO DE SAÚDE DO ESTADO DE NOVA YORK). Manual para operadores de estações de tratamento de água. São Paulo: Editora Gráfica Niamar, 1971. 328 p.
- [4] GIAMPÁ, Carlos Eduardo Quagia. Introdução à hidrogeologia e noções de construção de poços tubulares. São Paulo: (s.n.), 1978. 76p.
- [5] HENN, Victo Hugo Issamendi. Manual de manutenção preventiva de poços profundos. São Paulo: Haupt São Paulo, (s.d.). 220p.
- [6] IMHOFF, Karl; IMHOFF, Klaus R. Manual de tratamento de águas residuárias. São Paulo. Edgard Blücher, 1996. 301p.
- [7] JOHNSON Division, Universal Oil Products Co. Ground water and wells. (s.l.): (s.n.), 1972.
- [8] KRAUSKOPF, Konrad B. Introdução à geoquímica. São Paulo: Edusp; Polígono. 1972. 2v.
- [9] NETTO, José M. de Azevedo. Manual de Hidráulica. 6ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1977. 2v.
- [10] NETTO, José M. de Azevedo; HESS, Max Lothar. Tratamento de águas residuárias. Curso de tratamento de águas residuárias. [Revista DAE - Departamento de Águas e Esgotos]. São Paulo: DAE, nº 46-68. 1971.
- [11] PROGRAMA de Publicações Didáticas Agência Norte-Americana para o Desenvolvimento Internacional - USAID. Poços - Manual Técnico do D.E.F.A.N.A. Departamentos do Exército e da Força Aérea Norte-Americana. Rio de Janeiro: Aliança para o Progresso, 1967. 262p.

- [12] RICHTER, Carlos A.; NETTO, José M de Azevedo. Tratamento de água - Tecnologia atualizada. São Paulo: Edgard Blücher, 1991. 332 p.
- [13] SIENKO, Michell J.; PLANE, Robert A. Química. 4^a ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1974.