Remoção de sulfeto de hidrogênio, ferro e manganês de águas de abastecimento por aeração e dessorção por ar

Hydrogen sulfide, manganese and iron removal from water by aeration and air stripping

Dayana Milena Agudelo Castañeda (*)

Engenheira Ambiental e Sanitária, Universidad De La Salle (Colômbia). Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Kamila Passos

Técnica em Química. Estudante de Licenciatura em Química, UFRGS. Bolsista de Iniciação Científica.

Antônio Domingues Benetti

Engenheiro Civil, UFRGS. MSc. Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, IPH – UFRGS. Ph.D. em Engenharia Ambiental, Cornell University. Professor Associado do IPH – UFRGS.

(*) Endereço para correspondência: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH). Av. Bento Gonçalves, 9500 - CEP 91501-970. Caixa Postal 15029 - Porto Alegre - RS. Telefone: +55 (51) 3308-6663. Fax (51) 3308-7291. Email: benetti@iph.ufrgs.br

Data de entrada: 31/12/2010 **Data de aprovação:** 30/08/2011

RESUMO

Os processos convencionais utilizados nas estações de tratamento de água apresentam limitações na remoção de alguns compostos que causam cor, gosto e odor na água. Entre estes, encontram-se as formas reduzidas de ferro, manganês e enxofre. Nesta pesquisa foi avaliada a eficiência de um sistema de aeração e dessorção por ar na remoção destes contaminantes. Os ensaios foram realizados em uma estação piloto instalada junto a uma estação de tratamento de água da cidade de Porto Alegre. A piloto operou com razões ar:água de 8 e 12 m³m⁻³. Os resultados mostraram reduções de ferro, manganês e sulfeto de hidrogênio de, respectivamente, 33%, 6-8% e 22-33%.

ABSTRACT

Conventional processes used in water treatment plants present limitations in the removal of some compounds that cause color, taste and odor in drinking water. Among them are the reduced forms of iron, manganese and sulfur. This research investigated the effectiveness of aeration and air stripping in removal of those contaminants from water. Essays were performed in a pilot plant assembled within a water treatment plant that supplies part of the drinking water to the city of Porto Alegre. The pilot plant operated at air to water ratios of 8 and 12 m³m⁻³. Removals of iron, manganese, and sulfide in the essays were, respectively, 33%, 6-8%, and 22-33%.

Palavras-chave: Gosto, cor e odor; ferro; manganês; sulfeto de hidrogênio; aeração; dessorção por ar.

Key words: Taste, color and odor; iron; manganese; hydrogen sulfide; aeration; air-stripping.

INTRODUÇÃO

Em muitas regiões do Brasil, a qualidade das águas superficiais e subterrâneas tem se deteriorado devido às descargas não controladas de contaminantes presentes em fontes pontuais e difusas. A piora na qualidade da água dos mananciais de abastecimento tem aumentado as dificuldades para a potabilização da água pelos métodos convencionais utilizados nas estações de tratamento de águas. Segundo Hoehn e Mallevalle (1995), o tratamento constituído por coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção com cloro não é efetivo na remoção de muitos compostos que causam gosto e odor na água. Ademais, várias estações de tratamento de água foram projetadas considerando uma qualidade da água diferente da atual, operando, assim, de maneira sobrecarregada (BENETTI, 2006). Algumas vezes, isto tem se refletido na distribuição de água com características indesejáveis de cor, gosto e odor, resultando em reclamações por parte dos consumidores e gerando desconfiança sobre a qualidade da água potável distribuída. Esta desconfiança tem se refletido no aumento substancial no consumo de água engarrafada, mesmo que esta tenha um custo muito superior ao custo da água proveniente da rede pública (ROYTE, 2008).

A presença de cor, gosto e odor em águas de abastecimento pode ser devida a diversos contaminantes, entre os quais ferro, manganês e sulfeto de hidrogênio. Suas formas reduzidas são características de ambientes redutores como o hipolímio de reservatórios e as águas subterrâneas. Estações de tratamento que captam água nestes locais frequentemente encontram dificuldades com estes compostos. O problema é aumentado em alguns mananciais devido às variações sazonais da qualidade da água (KOHL e MEDLAR, 2006; LALEZARY et al., 1984).

Ferro e manganês causam manchas em aparelhos sanitários, roupas e utensílios domésticos. Dependendo da concentração, o manganês produz uma cor característica que se assemelha a refrigerantes do tipo cola. O sulfeto de hidrogênio, por sua vez, produz um gosto característico de “ovo podre” (PRIANTI et al., 2005; WHO, 2006). Recente relatório da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo aponta ferro e manganês como dois dos principais contaminantes que causam não conformidade das águas subterrâneas em relação a potabilidade (SÃO PAULO, 2009).

Através da interface ar-água gases dissolvidos na água são transferidos para a fase gasosa e vice-versa, de acordo com o

equilíbrio definido pela Lei de Henry. Desta maneira, oxigênio do ar é introduzido no líquido, podendo haver remoção das formas reduzidas de ferro, manganês e sulfeto de hidrogênio por oxidação. Além disto, gases que se encontram dissolvidos na água, como sulfeto de hidrogênio, são transferidos para o ar. As Equações 1 a 3, constituídas a partir das semi-reações de redução (SAWYER et al., 2003), mostram as reações globais de oxidação-redução das formas reduzidas de ferro, manganês e enxofre pelo oxigênio.

Estas reações são válidas para as condições padrões (25°C, 1,0 atm) em que foram estabelecidos os potenciais. Observa-se que as reações de oxidação do ferro e do sulfeto de hidrogênio são favoráveis uma vez que apresentam potenciais elétricos positivos; já a reação do manganês encontra-se em equilíbrio ($E^\circ = 0,00\text{V}$) e só ocorrerá se as condições ambientais tornarem o potencial positivo.

As formas oxidadas de ferro e manganês [Fe(III) e Mn(IV)] são insolúveis na água, precipitando e sendo removidas por sedimentação e filtração. A oxidação torna-se mais difícil se ferro e manganês encontrarem-se complexados a compostos orgânicos presentes na água (DI BERNARDO e DANTAS, 2005; MWH, 2005).

A Equação 4 apresenta uma das formas de expressão da Lei de Henry (Nazaroff e Alvarez-Cohen, 2001).

$$C_{eq} = k_H \cdot P_g \quad (4)$$

sendo: C_{eq} = concentração de equilíbrio da espécie na água (M); P_g = pressão parcial de equilíbrio da espécie na fase gasosa (atm); k_H = constante da Lei de Henry (M atm⁻¹).

A constante da Lei de Henry para o sulfeto de hidrogênio é 0,115 M atm⁻¹. São considerados voláteis os compostos que apresentam constantes de Henry menores que 10 M atm⁻¹ (Nazaroff e Alvarez-Cohen, 2001).

Considerando a importância do tema com respeito à aceitabilidade da água potável pela população, o objetivo desta pesquisa foi avaliar os processos de aeração e dessorção por ar para remoção de ferro e manganês reduzidos (solúveis) e sulfeto de hidrogênio de águas de abastecimento.

METODOLOGIA

Os ensaios foram realizados em uma planta piloto de sistema de dessorção por ar que se encontra instalada na ETA Lomba do Sabão, próximo do reservatório do mesmo nome, na cidade de Porto Alegre. Este reservatório apresenta um histórico no qual, em determinados períodos do ano, os teores de manganês e ferro tornam-se elevados. Morandi (1987) mediu valores mínimos, médios e máximos de ferro e manganês de 0,20; 1,35 e 2,90 mg L⁻¹ e 0,020; 0,063 e 0,150 mg L⁻¹, respectivamente. Este reservatório também apresenta um histórico de florações de algas e cianobactérias devido à urbanização crescente em sua área de drenagem (PORTO ALEGRE, 1999; CYBIS et al., 2006). As alterações no ecossistema do reservatório têm ocasionado problemas de gosto e odor, tal como relatado em estudos realizados pelo Departamento Municipal de Água e Esgotos de Porto Alegre (TEIXEIRA et al., 1993; MAIZONAVE et al., 1999; MAIZONAVE et al., 2005).

A água utilizada nos ensaios era recalçada do reservatório Lomba do Sabão até um tanque de 2500 L, passando por um pré-filtro de areia para remoção de sólidos e filtro tipo Y para retenção de partículas maiores que 100 µm. A partir do reservatório de 2500 L a água era bombeada até a coluna de dessorção. Esta foi construída em acrílico, possuindo altura total e diâmetro de 1,97 m e 0,22 m, respectivamente. O enchimento da torre foi feito com anéis de polietileno do tipo "Pall Rings" com diâmetro de 5/8" (1,59 cm). A altura de

Figura 1: Planta piloto da torre de dessorção por ar instalada na ETA Lomba do Sabão (Zat, 2009)

enchimento com anéis era de 1,20 m. O sistema foi operado em regime de contra-corrente, com o ar sendo injetado na base da coluna a partir de um compressor de ar, e a água em seu topo. As vazões de ar e água eram controladas por rotâmetros instalados nas respectivas linhas. A turbulência proporcionada pelos “Pall Rings” aumenta a área de interface ar-água, favorecendo as trocas gasosas. A Figura 1 ilustra a planta piloto de dessorção instalada. A Figura 2 mostra o fluxograma de operação da planta.

Figura 2: Fluxograma de operação da planta piloto de dessorção por ar

Nos ensaios, a água natural da represa Lomba do Sabão era contaminada com soluções de ferro ferroso, manganês manganoso e sulfeto de hidrogênio, de modo a aumentar as concentrações afluentes à coluna de dessorção. A pressão de ar foi mantida em 200 kPa (1,97 atm), sendo usadas vazões de água de 4 e 6 L min⁻¹, correspondentes a razões ar para água de 12 e 8 m³ m⁻³, respectivamente. Estas razões ar:água foram utilizadas por Zat (2009) em ensaios para remoção dos compostos 2-metilisoborneol e geosmina por dessorção.

Foram realizados um total de 10 ensaios para cada razão ar:água, cada qual com duração de 4 horas e em dias diferentes. A temperatura média da água nos dias dos ensaios foi de 24,6±,6°C. As amostras do afluente eram tomadas em torneira localizada na metade da altura do reservatório de 2500 L. As amostras do efluente da coluna de dessorção foram formadas por alíquotas tomadas após uma hora e quatro horas do início dos ensaios. Cada alíquota contribuía com 50% em volume da amostra final, considerando que a vazão permanecia constante ao longo dos ensaios. As alíquotas eram coletadas antes da entrada no reservatório que recebia o efluente. Antes de cada ensaio os reservatórios do afluente e efluente eram esvaziados e limpos com água. Os ensaios foram monitorados com análises de cor, turbidez, pH, oxigênio dissolvido, ferro, manganês e sulfeto de hidrogênio. Os métodos de análise e equipamentos utilizados encontram-se descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Métodos e equipamentos utilizados no monitoramento da planta piloto

Parâmetro	Método ¹	Equipamento
Cor verdadeira	Método 2120-B. Comparação Visual	Colorímetro Orbeco-Hellige Aqua Tester modelo 611-10, Orbeco Analytical Systems
Turbidez	Método 2130-B. Método Nefelométrico	Turbidímetro de bancada Hach modelo 2100N
pH	Método 4500-H B. Eletrométrico	Sonda multiparâmetro Hach modelo H40d18
Oxigênio dissolvido	Método 4500-O B. Eletrométrico	Sonda multiparâmetro Hach modelo H40d18
Ferro	Método 3500-Fe B. Fenantrolina	Espectrofotômetro CARY UV-Vis Varian 1E, λ 510 nm
Manganês	Método 3500-Mn B. Persulfato	Espectrofotômetro CARY UV-Vis Varian 1E, λ 525 nm
Sulfeto de hidrogênio	Método 8131 Hach	Colorímetro DR/890 Hach

¹ Todos os métodos referem-se ao Standard Methods (AWWA et al., 2005), exceto o Método 8131 Hach, que é equivalente ao Método 4500S² do Standard Methods.

RESULTADOS

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios e desvios-padrão das características medidas no afluente e efluente do sistema de dessorção, para as razões ar:água de 8 e 12 m³ m⁻³. A Figura 3 mostra as concentrações no afluente e efluente da coluna de dessorção de seis variáveis monitoradas.

pH: Os valores de pH no efluente da coluna, para as duas razões ar:água testadas foram maiores que os valores no afluente. O acréscimo maior foi de 10% para razão ar:água de 8 m³ m⁻³.

Este aumento deveu-se, provavelmente, a perda de CO₂ para a atmosfera pela aeração (BINNIE e KIMBER, 2009).

Oxigênio dissolvido: As concentrações de OD no efluente da coluna elevaram-se em relação às concentrações no afluente. Os aumentos foram de 26% e 17%, respectivamente para 8 e 12 m³ m⁻³. O aumento na concentração de OD no líquido demonstra que a coluna proporcionou oxigenação da água por absorção através das interfaces ar-água criadas pelo movimento dos fluidos através dos anéis de polietileno da coluna.

Cor verdadeira e turbidez: As alterações nos valores de cor e turbidez foram mínimas no afluente e efluente da coluna. Aeração e dessorção não são processos importantes para a redução destas características da água.

Ferro: As concentrações de Fe(II) no efluente da coluna de dessorção foram 33% menores que no afluente, para as duas razões ar:água usadas.

Manganês: As reduções de Mn(II) na coluna de dessorção foram, respectivamente, 8% e 6% para as razões ar:água de 8 e 12 m³ m⁻³.

Sulfeto de hidrogênio: As concentrações médias de sulfeto no efluente da coluna foram 33% e 22% menores do que no afluente para as razões ar:água de 8 e 12 m³ m⁻³.

Tabela 2: Valores e concentrações de parâmetros do afluente e efluente dos ensaios de dessorção por ar (média±DP)

Parâmetro	Unidade	Local	Razão ar:água (m ³ m ⁻³)	
			8	12
pH	-	Afluente	7,5 ± 0,2	7,7 ± 0,2
		Efluente	8,2 ± 0,1	8,2 ± 0,4
Oxigênio Dissolvido	mg L ⁻¹	Afluente	6,5 ± 0,6	7,1 ± 1,3
		Efluente	8,2 ± 0,2	8,3 ± 0,7
Cor verdadeira	uC	Afluente	52 ± 5	42 ± 15
		Efluente	51 ± 8	40 ± 15
Turbidez	NTU	Afluente	11,5 ± 1,7	8,8 ± 2,4
		Efluente	11,4 ± 1,4	9,1 ± 2,6
Fe (II)	mg L ⁻¹	Afluente	0,21 ± 0,05	0,18 ± 0,10
		Efluente	0,14 ± 0,04	0,12 ± 0,04
Mn(II)	mg L ⁻¹	Afluente	1,12 ± 0,25	1,45 ± 0,44
		Efluente	1,03 ± 0,22	1,36 ± 0,48
H ₂ S	mg L ⁻¹	Afluente	0,018 ± 0,004	0,018 ± 0,008
		Efluente	0,012 ± 0,004	0,014 ± 0,011

A maior remoção do ferro em relação ao manganês é compatível com os potenciais das reações de oxidação-redução representadas pelas Equações 1 e 2, respectivamente. Além disto, a cinética da oxidação do manganês pelo oxigênio é extremamente lenta para pHs inferiores a 9 (DIXON et al., 2006; KOHL e MEDLAR, 2006). A taxa de oxidação do manganês é, também, bastante influenciada pela temperatura (KNOCKE et al., 1991), embora esta tenha se mantido com poucas variações nos períodos de realização dos ensaios.

As baixas reduções atingidas para as formas reduzidas de ferro e enxofre foram, até certo ponto, inesperadas, uma vez que aeração é mencionada na literatura como técnica eficaz para tratamento destes compostos (WHO, 2004; MWH, 2005). A oxidação do ferro e manganês é afetada pela complexação destes metais com a matéria orgânica natural, como os ácidos húmicos. Dixon et al. (2006) reportam um estudo em que a

complexação de Mn(II) a ácidos húmicos foi quantificada usando uma técnica com radiotraçadores. Mais de 90% do manganês com concentração 1,86 x 10⁻⁶ M foi complexado ao ácido. A faixa de pH de máxima complexação foi de 5,5 – 6,5. Di Bernardo e Dantas (2005) mostram exemplos de seis tipos de águas em que as concentrações de ferro e manganês de amostras digeridas foram sempre superiores às daquelas de amostras não digeridas, demonstrando haver formação de complexos com matéria orgânica. Dantas et al. (2011) realizaram experimentos cujos resultados mostraram complexação preferencial do ferro com moléculas de matéria orgânica dissolvida maiores que 5 kDa. Já manganês esteve presente principalmente em amostras filtradas na membrana de 5 kDa. A complexação do ferro e manganês na matéria orgânica natural não foi testada no presente trabalho.

Figura 3: Valores e concentrações de parâmetros monitorados nos ensaios na coluna de dessorção

A constante de Henry para sulfeto de hidrogênio ($0,115 \text{ M atm}^{-1}$) indicava que a aeração proporcionada pela coluna de dessorção teria um efeito maior do que o observado. As reduções medidas foram modestas, da ordem de 20% a 30%. É possível que razões ar:água diferentes das utilizadas neste trabalho possam apresentar eficiências superiores àquelas atingidas nestes ensaios, considerando a volatilidade do sulfeto.

As Figuras 4 a 6 apresentam os diagramas de caixas para as concentrações de ferro, manganês e sulfeto de hidrogênio,

com indicações dos valores máximos, mínimos, quartis (25% e 75%) e mediana (50%). Em geral, os valores das medianas e médias foram próximos. Quando se consideram as dispersões das medidas de tendência central (médias e medianas), pode-se considerar a possibilidade de que, em alguns casos, as concentrações de ferro, manganês e sulfeto no efluente tenham sido superiores às concentrações do afluente. Contudo, em nenhum dos ensaios realizados isto ocorreu. As concentrações no efluente foram sempre menores ou iguais às do afluente.

Figura 4: Variações nas concentrações de ferro no afluente e efluente da coluna de dessorção por ar para as razões ar:água de 8 e $12 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$

CONCLUSÕES

Nos ensaios realizados foram observados aumentos nos valores de pH e concentrações de oxigênio dissolvido, compatíveis com os processos de dessorção do CO_2 e absorção de O_2 . Os valores para cor e turbidez permaneceram relativamente constantes, confirmando que aeração e dessorção pouco afetam estes parâmetros. As reduções de ferro, manganês e sulfeto foram relativamente baixas. Em particular, os resultados para ferro e sulfetos contradizem as indicações encontradas na literatura sobre a eficiência da aeração e dessorção na remoção daqueles contaminantes. A presença de matéria orgânica

natural na água de abastecimento deve ter contribuído para a baixa redução de ferro e manganês, tendo em vista que reações de complexação tornam-os menos disponíveis para oxidação. Com relação a sulfetos, as razões ar:água utilizadas nos ensaios proporcionaram reduções menores do que as esperadas considerando a sua volatilidade.

Figura 5: Variações nas concentrações de manganês no afluente e efluente da coluna de dessorção por ar para as razões ar:água de 8 e 12 m³ m⁻³

Figura 6: Variações nas concentrações de sulfeto de hidrogênio no afluente e efluente da coluna de dessorção por ar para as razões ar:água de 8 e 12 m³ m⁻³

AGRADECIMENTOS

Este trabalho teve suporte financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, Edital MCT/CNPq N° 14/2008 – Universal. A primeira e segunda autoras receberam bolsas de mestrado e iniciação científica do CNPq, respectivamente. Agradecemos ao Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE) de Porto Alegre por permitir instalarmos os pilotos no interior da ETA Lomba do Sabão.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st. Washington: APHA, 2005.
- BENETTI, A. D. Impactos da eutrofização nos processos de tratamento de água. In: 1° Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste, 2006, Curitiba. Recursos hídricos e gestão integrada: anais. [Curitiba]: ABRH. 1 CD. 2006.
- BINNIE, C.; KIMBER, M. Basic water treatment. 4th ed. London: Telford, 2009.
- CYBIS, L. F.; BENDATI, M. M.; MAIZONAVE, C. R. M.; WERNER, V. R.; DOMINGUES, C. D. Manual para estudo de cianobactérias planctônicas em mananciais de abastecimento público: caso da represa Lomba do Sabão e Lago Guaíba, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro: ABES. (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, PROSAB 4), 2006.
- DANTAS, A. D.; PASCHOALATO, C. F. P. R.; FIGUEIREDO, J. O. Remoção de cor, de ferro e de manganês em água com matéria orgânica dissolvida por meio da pré-oxidação, coagulação, filtração e adsorção em carvão ativado granular. Revista DAE, n.186, p. 46-55, 2011.
- DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. Métodos e técnicas de tratamento de água. 2. ed. São Carlos: Rima, 2005.
- DIXON, D.; ANDERSON, N.; BOLTO, B.; CHISELL, B.; SLY, L.; HURSE, T.; CRAIG, K.; HAMILTON, G.; HUTCHINSON, B.; WEST, C.; WOOLLEY, R. The removal of manganese from drinking waters. Research Report No 26. Salisbury, Australia: The Cooperative Research Centre for Water Quality and Treatment, 2006.
- HOEHN, R.; MALLEVIALE, J. Treatment trains. In: SUFFET, I. H.; MALLEVILLE, J.; KAWCZYNSKI, E. (eds) Advances in taste-and-odor treatment and control. Denver, CO: American Water Works Association Research Foundation and Lyonnaise des Eaux, cap. 9, p. 351-385, 1995.
- KNOCKE, W. R.; VAN BENSCHOTEN, J. E.; KEARNEY, M. J.; SOBORSKI, A. W.; RECKHOW, D. A. Kinetics of manganese and iron oxidation by potassium permanganate and chloride dioxide. Journal American Water Works Association, v. 83, n.6, p. 80-87, 1991.
- KOHL, P. M.; MEDLAR, S. J. Occurrence of manganese in drinking water and manganese control. Denver, CO: AWWA Research Foundation; U.S. Environmental Protection Agency, 2006.
- LALEZARY S.; PIRBAZARI M.; McGUIRE M. J.; KRASNER S.W. Air stripping of taste and odor compounds from water. Journal of the American Water Works Association, v. 76, n. 3, p. 83-87, 1984.
- MAIZONAVE, C. M.; MORANDI, I. C.; JUNQUEIRA, I. C.; SOARES, P. R. Represa da Lomba do Sabão: qualidade da água e problemas operacionais no tratamento. Revista Ecos, Porto Alegre: DMAE, Ano 6, n. 15, p. 25-27, 1999.
- MAIZONAVE, C. R.; BENDATI, M. M.; WERNER, V. R.; CYBIS, L. F.; CARVALHO, E. Avaliação planctônica do reservatório Lomba do Sabão (Porto Alegre, RS) com ênfase na ocorrência de cianobactérias: implicações para o abastecimento público. In: 23° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005, Campo Grande, MS. Anais. Rio de Janeiro: ABES. 1 CD, 2005.
- MONTGOMERY WATSON HARZA (MWH). Water treatment principles and design. 2nd ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2005.
- MORANDI, I. C. Emprego do permanganato de potássio para remoção de ferro e manganês em águas destinadas ao abastecimento público. In: XIV Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1987, São Paulo. Anais trabalhos técnicos. São Paulo: ABES. p. 585-591, 1987.
- NAZAROFF, W. W.; ALVAREZ-COHEN, L. Environmental engineering science. New York: Wiley, 2001.
- PORTO ALEGRE. Departamento Municipal de Água e Esgotos. Qualidade da água e problemas de operação

de tratamento: relatório Lomba do Sabão. Porto Alegre: DMAE, 1999.

PRIANTI Jr, N. G.; CARMO, F. H.; GOMES DA NAVE, C.; LACAVA, P. M. Remoção e controle de ferro e manganês em águas para consumo humano. In: 35º Assembléia Nacional da ASSEMAE, 2005, Belo Horizonte. Anais. Jaboticabal: Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento, 2005.

ROYTE, E. Bottlemania. How water went on sale and why we bought it. New York: Bloomsbury, 2008.

SÃO PAULO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Painel da qualidade ambiental. Disponível em <<http://www.ambiente.sp.gov.br/pdf/painelambiental2008.zip>>. Acessado em 28 de junho de 2009.

SAWYER, C. N.; McCARTY, P. L.; PARKIN, G. F. Chemistry for environmental engineering and science.

5th ed. New York: McGraw-Hill, 2003.

TEIXEIRA, A. R.; MAIZONAVE, C. M.; MORANDI, I. C.; JUNQUEIRA, I. C.; SOARES, P. R. Estudos das águas represadas na Lomba do Sabão. Revista ECOS. Porto Alegre: DMAE, Ano 1, n. 0, p. 8 – 12, 1993.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for drinking-water quality: recommendations. 3rd ed. v. 1. Geneva: WHO, 2006.

ZAT, M. Remoção de compostos odoríferos de águas de abastecimento através de processos de aeração, dessorção gasosa e nanofiltração. Dissertação (mestrado). Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS. Porto Alegre, RS, 2009.

REVISTA DAE ONLINE

O PERIÓDICO PODE SER BAIXADO NA INTERNET

**Assine gratuitamente
o boletim eletrônico.
É só se cadastrar.**

www.revistadae.com.br

A *Revista DAE*, uma publicação científica da Sabesp voltada para a área de saneamento e meio ambiente, voltou a circular no mês de agosto de 2007 através de distribuição gratuita encaminhada exclusivamente para pessoas jurídicas, ONG's, universidades, institutos de pesquisas, enfim, para toda entidade e grupo representativo da área de saneamento e meio ambiente.

Temos uma tiragem limitada e, portanto, não podemos encaminhá-las para pessoas físicas. Mas todo o conteúdo da revista está disponível no nosso site www.revistadae.com.br. Há, inclusive, a possibilidade de impressão. O site da DAE foi remodelado para se tornar uma central de informações voltada para a área de saneamento e meio ambiente. Além das revistas, também disponibilizamos a leitura de todos os resumos dos artigos técnicos publicados desde a primeira edição da DAE, em 1936. Para ter acesso ao artigo completo basta fazer uma solicitação no próprio site que o texto completo é encaminhado. Temos muitas novidades para você. Façamos uma visita. Será um prazer recebê-lo (a).