

Comparação entre os métodos de medição de oxigênio dissolvido por sensor eletroquímico (membrana) e óptico, quanto ao seu desempenho em sistemas de tratamento de esgotos

A comparison between electrochemical and luminescence oxygen dissolved sensors, and their performance in wastewater treatment

Ana Lúcia Silva (*)

Engenheira Química. Mestre em Engenharia Civil e Doutora em Saúde Pública pela USP. Engenheira da Superintendência de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação da SABESP.

Everton Marquezini

Técnico em sistemas de saneamento na Unidade de Negócio Baixo Tietê e Grande, SABESP.

Francisco Novais

Bacharel em ciências com habilitação em química e extensão em química tecnológica pela Escola Superior de Química Oswaldo Cruz. Químico do Depto de Desenvolvimento Operacional - RJO da Unidade de Negócio Capivari/Jundiaí, da SABESP.

Jefferson Alexandre Aguiar

Químico. Mestre em Biotecnologia em Ciências Ambientais pela UNICAMP. Gerente de divisão da ETE Barueri, SABESP.

Rubens Celso Vieira Nin

Engenheiro Civil. Coordenador de engenharia da Graneisa Equipamentos Ltda.

Endereço para correspondência (*):

Departamento de Execução de Projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação – UFMG; Rua Costa Carvalho, 300, Pinheiros, São Paulo, SP, CEP: 05429-000. Tel. (011) 3388-9541 E-mail: anasilva@sabesp.com.br

Data de entrada: 23/11/2010 **Data de aprovação:** 15/06/2011

RESUMO

A presente nota técnica compara o desempenho de duas tecnologias para medição de oxigênio dissolvido (OD) em uso em estações de tratamento de esgoto (ETE): sensores com membrana (eletroquímicos) e com luminescência (ópticos). A precisão na medição da concentração do OD é essencial para o controle de vazão dos aeradores, o que influencia diretamente na eficiência do processo de tratamento e na qualidade do efluente final. Além disso, os aeradores representam até 50% do consumo total de energia elétrica em uma ETE. Os sensores por luminescência apresentam resultados bastante satisfatórios, melhores do que os sensores com membrana. Entretanto recomenda-se um acompanhamento de médio a longo prazo, devido ao seu uso ser muito recente não só no Brasil como no mundo.

ABSTRACT

This technical note compared two different technologies to measure Dissolved Oxygen (DO) in wastewater

treatment: electrochemical (membrane) and optical (luminescence) sensors. The accuracy in measuring the concentration of DO is essential for controlling the flow aerators, which directly influence the process efficiency and quality of final effluent. The aerators are the biggest consumers of electricity within a wastewater treatment plant, and it may reach to 50% of total consumption. The study showed that the luminescence sensors have presented greater efficiency than the membrane ones. However, the luminescence sensor technology is new implanted and a accompanying is recommended.

PALAVRAS-CHAVE: Oxigênio dissolvido, sensores ópticos, sensores por membrana

KEY-WORDS: dissolved oxygen; optical sensors; electrochemical sensors.

INTRODUÇÃO

O monitoramento das concentrações de OD é prática usual em atividades de diversas áreas, tais como a alimentícia, médica, aquíicultura e ambiental, por ser um importante parâmetro indicador da condição do processo. No saneamento, o tratamento biológico de esgotos utiliza a aeração para a promoção de um ambiente que propicie um maior crescimento de microorganismos específicos para a degradação da matéria orgânica. O processo de aeração é o responsável pelo maior consumo de energia elétrica em uma ETE, o qual se estima, represente entre 40% a 50% do consumo total. O efetivo controle e otimização permitem uma considerável economia e maior eficiência no processo de tratamento (Hirata, 2007), e a concentração de OD é um dos principais parâmetros utilizados para o controle de vazão dos aeradores. As principais características desejáveis para esses sensores são:

- baixo custo de produção, aquisição e manutenção;
- baixo impacto na leitura, ocasionado por interferentes presentes no meio analisado;
- compactidade;
- precisão, alta velocidade de resposta, estabilidade, reprodutibilidade e durabilidade;
- sensibilidade a baixas concentrações de OD.

A presente nota técnica teve como objetivo avaliar o funcionamento destes sensores em escala real, quanto ao seu desempenho durante o período em que se encontra em funcionamento, e de forma comparativa entre as duas alternativas tecnológicas: com membrana, tradicionalmente o mais utilizado; e com luminescência, recentemente adquirido em algumas unidades de tratamento. Desta forma pretendem-se expor as atuais necessidades de melhoria, ou seja, as oportunidades de inovação tecnológica para esses equipamentos.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A aeração mecânica dos esgotos tem por objetivo reproduzir de forma acentuada a transferência de gás ar-água, ou seja, a transição entre o estado gasoso na atmosfera e o estado dissolvido na água. Este fenômeno ocorre naturalmente nos ciclos biogeoquímicos de numerosas substâncias, tais como o nitrogênio, o gás carbônico e o oxigênio. A variação da concentração de OD na água depende de vários fatores físicos e químicos do meio e de diversos processos, entre os quais podemos citar: a temperatura ambiente e a temperatura da água, a produção fotossintética, a reaeração natural (atmosférica), a concentração de matéria orgânica, a pressão atmosférica, entre outros (Janzen et al, 2008). Nos sistemas aquáticos o OD é um fator limitante para manutenção da vida aquática e dos processos de autodepuração.

Já no processo de tratamento de esgotos, trata-se de um importante indicador, e o controle da concentração de OD em determinadas etapas requer sensores capazes de medir concentrações geralmente baixas, visando garantir que processos biológicos ocorram. Em processos por lodos ativados a remoção de nitrogênio ocorre através da nitrificação-desnitrificação em três estágios: a conversão do nitrogênio orgânico para amônia (amonificação), a oxidação da amônia a nitrato na presença de OD (nitrificação) e por fim, a conversão de nitrato a nitrogênio gasoso, na ausência de OD (desnitrificação). Na fase de nitrificação ocorre um lento crescimento de bactérias autotróficas aeróbias, e é necessária grande quantidade de OD e alcalinidade. Já na desnitrificação é importante assegurar que as concentrações de OD sejam praticamente inexistentes. O fenômeno de transferência interfacial ar-água é extremamente complexo, e não será objeto de discussão nesta nota técnica.

A medição do OD através de sensores permite estimar essa transferência e os seus mecanismos, avaliar de forma indireta a eficiência de uma tecnologia de aeração em relação a sua disposição na planta de tratamento, acionar ou desativar os aeradores mecânicos de forma a otimizar sua ação, e a prevenir alterações no processo de tratamento de esgotos (Hirata, 2007; EPA, 2010; Hope, 2005).

O método por membranas é baseado na célula de Clark, onde uma membrana permeável separa o eletrólito interno e

os eletrodos do meio externo e a concentração de oxigênio é correlacionada com a corrente entre os eletrodos (Ferreira, 2007). Este método é normatizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, para uso em água (ABNT NBR 11958:1989).

A literatura apresenta como principais interferentes para esses sensores por membrana a presença de algumas substâncias típicas em esgotos, tais como amônia, sulfetos e algas em alguns processos de tratamento nos quais são comumente encontradas, de forma que se torna necessária uma maior frequência de manutenção. A agitação da amostra é necessária, pois ocorre consumo do oxigênio pela membrana próxima ao eletrodo durante a leitura (ACT, 2004; Lewis, 2006; Ferreira, 2007). No entanto, altas velocidades no fluxo da amostra podem interferir no resultado final (Johnston e Williams, 2006).

O método por membrana encontra-se aprovado no *Standard methods for the examination of water and wastewater* (2005), sendo considerado um método confiável para medição de OD quando na ausência de interferentes e dentro das faixas típicas de medição previstas pelo fabricante. Mais recentemente surgiram no mercado os sensores ópticos para medição de OD em sistemas aquáticos, constituído basicamente por: um indicador luminescente sensível ao oxigênio - podendo ou não estar impregnado em uma membrana ou um sol-gel - e um sistema óptico com uma fonte de excitação, filtros ópticos com comprimentos de onda, fibra ótica, fotodetectores e um sistema de controle e processamento do sinal (Xiao *et al.*, 2003 apud Ferreira 2007). O sensor por luminescência emprega um diodo emissor de luz a qual ao ser emitida faz com que o composto químico atinja um estado de excitação. Após a dissipação da energia de excitação um comprimento de onda é liberado (luminescência). Aqui se dá a influencia do OD, uma vez que este atua como supressor da fluorescência, isto é, uma maior concentração do mesmo implica em menor luminescência (Figura 1). A magnitude do comprimento de onda emitido pelo indicador ou a meia vida da luminescência é medida por um sensor, sendo inversamente proporcional à concentração de OD no meio (Lewis, 2006; Ferreira, 2007).

Os dados da literatura e os fornecedores em geral atribuem a esse sensor as seguintes características: não interferência por substâncias que tipicamente afetam os sensores por membrana; alta seletividade; não necessitam consumir o oxigênio do meio para realização da leitura; não requer agitação da amostra; não necessitam de um eletrodo de referência; imunidade ao campo elétrico exterior (Choi e Xiao, 2000 apud Ferreira, 2007); precisão próxima ao método Winclker; e baixa sensibilidade à presença de H₂S (Ferreira, 2007). Também apresentariam maior estabilidade e menor periodicidade de manutenção. Como limitação há a influencia negativa da temperatura, que interfere no processo de luminescência utilizado para medição do OD, requerendo um sensor compensatório. Um incremento na temperatura está relacionado à supressão por colisão das moléculas, ou seja, um aumento na temperatura aumenta a

movimentação molecular do indicador de oxigênio, causando um decréscimo da energia total das moléculas e um erro da leitura de concentração (Guibault, 1990 apud Ferreira, 2007). Esta interferência pode ser eliminada a partir de uma seleção de materiais poliméricos apropriados, mas é importante que seja considerada esta configuração quando na aquisição deste tipo de sensor. O método já foi incluído no *Standard Methods for Dissolved Oxygen in Water*, em 2006, mas ainda não se encontra incorporado no *Standard Methods for examination of Water and Wastewater* (Ferreira, 2007).

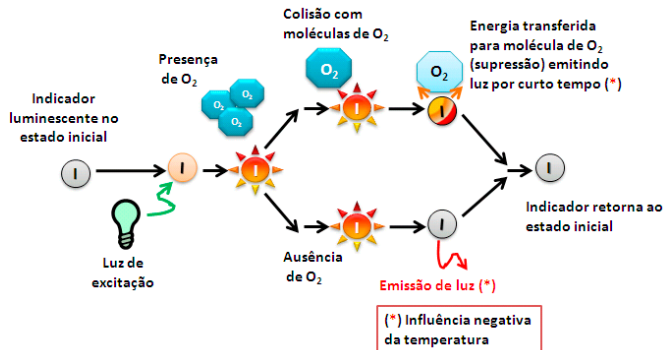


Figura 1: Princípio de funcionamento do sensor de oxigênio óptico. Adaptado de Tengberg (2004, apud Ferreira, 2007).

Outros métodos utilizados para medir OD, embora de forma não contínua ou em tempo real, são o método colorimétrico e o de Winckler. O método de Winckler, também conhecido como método iodométrico, possui alta sensibilidade de medição. No entanto, os resultados podem ser afetados por contaminantes presentes na amostra (tais como sulfetos, tiosulfato, mercaptanas, cloro livre, cor e turbidez intensas) e o resultado pode ser influenciado pelo tipo de amostragem. Por serem considerados mais precisos geralmente são utilizados para validar dados coletados em campo por sensores de medição contínua.

Sensores de OD e sua aplicação nos recursos hídricos

A *Alliance for Coastal Technologies* (ACT) é uma parceria de instituições de pesquisa, gestores e empresas do setor privado dedicado a promover o desenvolvimento e a adoção de sensores e plataformas oceânicas. Em 2004 a ACT realizou um Workshop para o desenvolvimento e a aplicação de sensores de OD, em Savannah, Estados Unidos, no qual foi feita uma avaliação do estado da arte no assunto e geradas recomendações de melhorias e necessidades de desenvolvimento tecnológico. As principais observações foram:

- Os sensores por membrana deverão continuar sendo utilizados devido ao investimento já realizado. Entretanto, existem problemas associados a esta tecnologia que precisam ser sanados, tais como meios para redução de incrustação biológica (biofouling), aumento da vida útil da bateria, melhora do tempo de resposta e da compensação automática;
- A tecnologia óptica precisa aumentar a confiabilidade de calibração e o intervalo de manutenção; aumentar a velocidade de resposta; desenvolver melhores tecnologias para

compensação automática; integrar resultados de OD com outros parâmetros.

A partir de uma pesquisa simples pode-se observar que a integração das análises de OD a outros parâmetros já foi incorporada, e na prática, o intervalo de calibração tem ultrapassado 1 ano. Outras observações advindas do workshop: a tecnologia por membranas é mais precisa em comparação a tecnologia óptica quando há uma variação grande de OD, embora os sensores ópticos apresentem maior precisão em baixa amplitude de variação e concentrações menores (ACT, 2006).

A USGS comparou o desempenho de ambos os sensores durante 3 semanas no Rio Tualatin, Oregon, EUA (Johnston e Williams, 2006). Os resultados demonstraram que os sensores ópticos apresentaram melhor desempenho quanto à precisão dos resultados (o método para validação foi o de Winckler). Destaca-se ainda que os sensores ópticos mantiveram a sua calibração por mais tempo. Apesar disso, a USGS ainda não considera viável a substituição da tecnologia atualmente utilizada, que é por membrana, por dois motivos: (1) ausência de histórico de dados que permita avaliar de forma ampla a tecnologia óptica; e (2) o investimento já realizado na implantação da tecnologia por membranas em diversos pontos monitorados (Radtke *et al.*, 2006).

Sensores de OD e sua aplicação em sistemas de tratamento de esgoto

A *Environmental Protection Agency* (EPA), em seu último relatório sobre eficiência energética em sistemas de tratamento de água e esgoto (EPA, 2010) considera que o uso da tecnologia óptica em sistemas automatizados é a solução mais eficiente para a otimização dos aeradores em ETEs, resultando em uma significativa economia do consumo de energia elétrica, devido principalmente a sua maior precisão para baixas concentrações de OD (< 2,0 mg/L).

Um estudo de viabilidade econômica desenvolvido em uma ETE no Tennessee, *Bartlett Wastewater Treatment Plant #1*, demonstrou que o investimento para substituição dos sensores por membrana pelos ópticos apresentou um pay-back foi de 1,5 anos, devido às economias geradas no consumo de energia elétrica, com reduções de 13% ao ano. Hope (2005) apresenta uma visão bastante otimista quanto ao uso dos sensores por luminescência. A partir da sua experiência como diretor do sistema de tratamento no *Main Street Water Reclamation Facility*, em Gainesville, Flórida, EUA, o autor defende a substituição dos sensores por membranas pela tecnologia óptica devido a menor periodicidade de manutenção e conseqüente economia de mão-de-obra, ausência de impactos por interferentes e maior precisão de medição para baixas concentrações de OD. O autor destaca a diferença de custos entre as tecnologias, considerando os parâmetros: frequência

de calibração, manutenção, equipe técnica e custos com energia elétrica.

Enquanto no uso de membranas os custos anuais totalizavam US\$ 1.338.992,00, a partir da implantação dos sensores ópticos estes custos passaram para US\$ 977.300,00. A economia ocorreu principalmente nos gastos com manutenção dos sensores, que não foi necessária durante todo o período de um ano da implantação. Nos demais itens, a economia também foi bastante significativa. Schuyler *et al.* (2009) relatam sua experiência com sensores de medição de OD em uma planta de tratamento de esgotos na Califórnia. Os problemas apontados eram a baixa precisão na medição de baixas concentrações de OD pelos sensores por membrana e a necessidade de calibrações constantes. A substituição por sensores ópticos melhorou bastante a confiabilidade do processo, a qualidade do tratamento e diminuiu o número de manutenções. Novas tecnologias para medição de OD vêm sendo desenvolvidas: Mistilberger *et al.* (2010) apresentam um projeto de pesquisa que consiste no uso de sensores magnéticos por macroesferas (*Magnetic sensor macrospheres – MagSeMacs*) – esferas de aço inoxidável revestidas com sensores químicos ópticos, que produzem um campo ferromagnético. As vantagens dessa tecnologia são: substituições rápidas do sensor sem necessidade de contato direto; diminuição no tempo de resposta da leitura; maior intensidade de sinal; e, manuseio simplificado.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa realizada junto aos técnicos da SABESP teve como objetivo identificar os principais métodos utilizados na empresa para medição de OD no tratamento de esgotos, e a avaliação sobre o desempenho destes sensores. A SABESP atua na área de saneamento dentro de um modelo administrativo baseado em Diretorias e Unidades de Negócio. Das 6 Diretorias existentes, duas delas atuam diretamente na operação e tratamento de água e esgoto, sendo uma do interior do Estado de São Paulo e outra da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), e juntas totalizam 475 ETEs. O processo de tratamento por lodos ativados é mais comum na RMSP, enquanto no interior o tratamento por lagoas é bastante comum. Para a definição dos critérios a serem avaliados quanto à eficiência de cada tipo de sensor foram consideradas as especificações definidas no *Workshop on dissolved oxygen sensors* da ACT (2004), resultando em um questionário encaminhado para equipes técnicas SABESP. O questionário apresentava questões que focavam:

- Os critérios adotados para a opção de implantação da tecnologia em uso na planta;
- Características de manutenção;
- Eficiência na medição de OD;
- Interferentes físicos e químicos;
- Características construtivas.

Os técnicos que participaram do presente trabalho atuam diretamente na manutenção desses sensores, com experiência de longa data no processo de tratamento de esgotos.

RESULTADOS

O encaminhamento do questionário permitiu constatar que apenas duas ETEs, ambas no interior do Estado de São Paulo, utilizam sensores por luminescência: uma no município de Cardoso e outra em Paulínia. As demais plantas que monitoram o OD em seus processos utilizam sensores por membrana. Para comparação do desempenho dos sensores por luminescência foi escolhida a ETE Barueri, localizada no município de Carapicuíba. Entretanto, a equipe que realizou a avaliação utilizou a experiência adquirida nos outros grandes sistemas de tratamento de esgotos da RMSP. A avaliação da eficiência de medição dos sensores segue um procedimento interno da empresa onde é realizada a comparação do resultado emitido pelo sensor com o resultado obtido para uma mesma amostra em teste de bancada. Esta comparação é repetida inúmeras vezes, os dados são comparados estatisticamente e o erro admissível é considerado. Estas informações permitem, aos técnicos, avaliar a necessidade de calibração ou manutenção, assim como a confiabilidade do resultado obtido.

ETE Barueri

As ETEs da RMSP realizaram investimento para a aquisição de sensores com membrana em uma época em que os sensores ópticos não eram comuns. Os sensores por membrana da ETE Barueri (Figuras 2 e 3) apresentam as seguintes características:

- (a) Necessidade de manutenção mais de uma vez por mês;
- (b) Baixa reprodutibilidade, instabilidade e resultados similares aos obtidos pelo método de Winckler em apenas 75% das amostras;
- (c) Interferência na presença de metais pesados;
- (d) Rápida velocidade de resposta.

ETEs de Paulínia e Cardoso

Na ETE Paulínia (Figura 4) foram utilizados à época, como critérios na opção de implantação do sistema por luminescência, o desempenho do sensor e as características de manutenção. Na prática, a frequência de manutenção do sensor tem se apresentado anual, e esta ocorre de forma relativamente mais simples que o sensor por membrana: trata-se essencialmente da remoção dos resíduos aderidos ao corpo do sensor. É importante ressaltar que a ETE Paulínia está em operação há pouco mais de um ano. Os sensores têm apresentado:

- (a) Estabilidade, reprodutibilidade e velocidade de resposta rápida;
- (b) Resultados similares em mais de 90% das amostras;
- (c) Não foram notadas interferências químicas, físicas ou por campos elétricos;
- (d) Alta sensibilidade para baixas concentrações de OD.



Figuras 2 a 4: (2 e 3) Sensor por membrana instalado na ETE Barueri. (4) Sensor por luminescência instalado na ETE de Paulínia.

O sensor implantado na ETE de Cardoso tem apresentado resultados similares aos da ETE de Paulínia. Encontrase instalado há 18 meses e até então não foi necessária a calibração.

Tabela 1 – Comparação de desempenho para os sensores de medição de OD por membrana e óptico.

Parâmetros	Equipamento	Referência metodológica *
Cor Aparente (uH)	Espectrofotômetro HACH DR/2010, $\lambda=455\text{nm}$	2120
Cor verdadeira (uH)	Filtração em membrana 0,45 μm , Espectrofotômetro HACH DR/2010 $\lambda=455\text{nm}$	2120
Turbidez (uT)	Turbidímetro HACH 2100P	-
Ferro (mg/L)	Espectrofotômetro HACH DR/2010	3500 Fe
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	Gravimétrico	2540
Coliformes totais (NMP/mL)	Colimétrico	9222.B
<i>Escherichia coli</i> (colônia de bactérias /100 mL)	Colimétrico	9260 F

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir da pesquisa bibliográfica realizada verificou-se uma tendência para a adoção da tecnologia de medição de OD

por sensores ópticos em sistemas de tratamento de esgotos de alguns Estados norte-americanos. Uma das principais motivações é a busca por sensores com capacidade de medição mais precisa, permitindo um melhor controle do processo de tratamento por aeração, com conseqüente melhor qualidade do efluente e melhor ajuste dos aeradores, além de aumento da economia de energia elétrica. Outra grande motivação é a busca por diminuição dos custos com manutenção. Os resultados práticos da aplicação da tecnologia óptica vêm demonstrando a possibilidade de atendimento a essas demandas, devido à eficiência para a medição de OD em concentrações baixas, o fato de não serem afetados por interferentes químicos geralmente presentes em esgotos, estabilidade e reprodutibilidade na leitura, entre outros. Atendem ainda ao quesito menor periodicidade de manutenção e calibração. A maior desvantagem que se observa é que a tecnologia óptica é bastante recente, o que prejudica a avaliação quanto ao seu desempenho a longo prazo. A SABESP adotou há pouco mais de um ano. A tecnologia por membranas apresenta uma série de limitações para o uso específico em tratamento de esgotos, dos quais se destacam a sensibilidade aos interferentes típicos do meio o que, entre outras coisas, gera a necessidade de uma maior frequência de manutenção. Entretanto, para uso em corpos d'água este sensor ainda pode ser uma solução mais interessante para o monitoramento.

AGRADECIMENTOS

Aos colegas da SABESP que colaboraram com o presente trabalho: Alan M. O. Manicardi, Carlos Almir C. Dias, Fernando S. Cunha, Fábio A. A. Moraes, Henrique F. Therezan, Marcelo K. Miki, Maurício Polezi e Maurício Tápia e Paulo César Prioto Ramos

BIBLIOGRAFIA

Alliance for Coastal Technologies (ACT). (2004) "State of technology in the development and application of dissolved oxygen sensors". Workshop. Georgia, USA.

Environmental Protection Agency (EPA). Evaluation of energy conservation measures for wastewater treatment facilities. EPA 832-R-10-005. 2010, september. 224 p.

FERREIRA, M.A.C. Desenvolvimento de sensores de oxigênio dissolvido utilizando métodos eletroquímicos e ópticos para monitoramento em tempo real da qualidade da água. Tese de doutorado: Escola politécnica da Universidade de São Paulo, SP. 2007, 156 pp.

HIRATA, A.Y. Eficiência energética de esgotos, SABESP. 2007. <http://www.agendasustentavel.com.br/images/pdf/000290.pdf>. Acesso em fevereiro de 2011.

HOPE, J.H. "Doing more with less". Jul 2005; Vol.17, Iss.7

JANZEN, J.G.; SCHULZ, H.E.; LAMON, A.W. Medidas da concentração de oxigênio dissolvido na superfície da água. Eng Sanit Ambient, vol. 13, nº 3, jul-set 2008, pp. 278-283.

JOHNSTON, M.W.; WILLIAMS, J.S. United States Geological Survey: Field comparison of optical and Clark cell dissolved oxygen sensor in the Tualatin river, Oregon. Open-file reported 2006-1047.

LEWIS, M. United States Geological Survey: Field measurements - Dissolved oxygen 6.2. Version 2.1, Chapter A6, 2006.

MISTLBERGER, G.; KOREN, K.; BORISOV, S.M.; KLIMANT, I. (2010) "Magnetically remote-controlled optical sensor spheres for monitoring oxygen or pH". Analytical

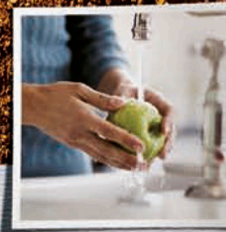
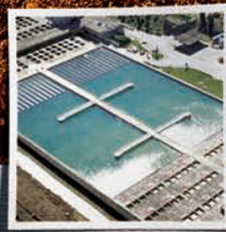
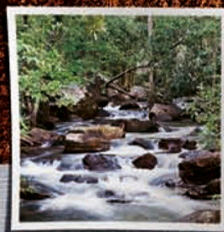
Chemics, 82, 2124-2128.

RADTKE, D.B.; WHITE, A.F.; DAVIES, J.V.; WILDE, F.D. (1998). "Dissolved oxygen—Chapter 6.2". U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations Reports Book 9, Chapter A6. Disponível em: http://water.usgs.gov/owq/FieldManual/Chapter6/6.2_contents.html Acesso realizado em fevereiro de 2011.

SCHUYLER, R.G.; TAMBURINI, J.R.; HOGG, S.; STAGGS, R. (2009). "How low is low?". Water Environment & Technology Vol 21 (6), pp: 32-39.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER (2005). 21th edition, method 4500-O.

Pelos canos da Sabesp, passa mais do que água.



A água sai das fontes, dos mananciais, para as estações de tratamento da Sabesp. Em seguida, passa por reservatórios antes de chegar às nossas casas. E, depois de utilizada, vai pelo esgoto, para ser novamente tratada. Isso é saneamento, que evita doenças e diminui a mortalidade infantil. Por isso, o Governo de São Paulo investiu mais de R\$ 2 bilhões em obras de saneamento em 2007/2008. Para levar uma vida melhor para todos.

**Se liga no saneamento.
Uma vida melhor passa por aqui.**

