

AVALIAÇÃO DO USO DA ÁGUA EM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA COM PROPOSTA E USO DE INDICADORES

Cali Laguna Achon¹; Marcelo Melo Barroso² & João Sérgio Cordeiro³

Resumo – Os Sistemas de Tratamento de Água (SiTAs) para abastecimento público tem funcionamento semelhante a uma indústria e como tal, geram resíduos, que na grande maioria são lançados nos corpos d'água sem tratamento. Assim, forma-se um círculo vicioso, pois os rios que são os principais fornecedores de água para o abastecimento público, também são receptores de resíduos, gerado muitas vezes pelo próprio SiTA. Esse trabalho visa a análise crítica do uso da água em SiTAs com aplicação de indicadores. Conclui-se que **há certa incoerência do uso da água em SiTAs, pois** apesar de estarem enquadrados em sistemas de saneamento, estão muito mais comprometidos com a qualidade de seu produto final do que com a qualidade ambiental, que é preconizado pelo termo saneamento. Os indicadores evidenciaram a ausência de tratamento de lodo e não-recuperação da água de lavagem de filtros, assim como inexistência de planos de proteção dos mananciais. Como indústrias de produção de água potável, os SiTAs não absorveram conceitos importantes, visando melhorias e sustentabilidade das empresas de água. Os impactos ambientais decorrentes da gestão inadequada desses sistemas refletem diretamente na poluição e contaminação das águas superficiais e subterrâneas, e conseqüente escassez dos recursos naturais.

Abstract – The Water Treatment Systems (WTS) for public supply is functionally similar to an industry and such as, generate waste, which the majority are released in water resource without treatment. Thus, form a vicious circle, because the rivers are the main source of water for public supply, also are the recipients of waste generated even by the own WTS. This paper aims at critical analysis of water use in WTS with application of indicators. In conclusion, there is some inconsistency in the use of water in WTS, because although they are framed in sanitation systems, are much more committed to the quality of your final product than to environmental quality, which is recommended for the term sanitation. The indicators highlighted the lack of sludge treatment and non-recovery of water for washing filters as well as lack of plans to protect water sources. As manufacturing industries of drinking water, the WTS did not absorb the important concepts, seeking improvements and sustainability of water utilities. The environmental impacts of improper management of these systems reflect directly on the pollution and contamination of surface and groundwater, and consequent scarcity of natural resources.

Palavras-Chave– Estação de Tratamento de Água (ETA), usos da água e indicadores.

¹ Afiliação: Engenheira Civil. Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos EESC/USP. Pós-Doutoranda do Departamento de Engenharia Civil da UFSCar. **Endereço:** Rua das Pitangas, 177 – Residencial Ipê. Bairro Mariluz III. São Pedro-SP, CEP:13520-000, Brasil. Tel: (19) 3481-5591. e-mail: caliachon@bol.com.br

² Afiliação: Engenheiro Civil. Mestre e Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos EESC/USP. **Endereço:** Rodovia Washington Luís, Km 235 – SP310 – UFSCar. São Carlos-SP, CEP:13565-905, Brasil. Tel: (16) 3351-9669. e-mail: marcbarroso@gmail.com.

³ Afiliação: Engenheiro Civil. Mestre e Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos EESC/USP. Professor do Departamento de Engenharia Civil da UFSCar. Ex- Presidente da Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE). **Endereço:** Rodovia Washington Luís, Km 235 – SP310 – UFSCar. São Carlos-SP, CEP:13565-905, Brasil. Tel: (16) 3351-9669. e-mail: cordeiro@ufscar.br

INTRODUÇÃO

O aumento populacional, principalmente em áreas urbanas, e o desenvolvimento tecnológico da sociedade, exigem, cada vez mais, processos de produção sofisticados de bens que garantam a sobrevivência, a saúde e o bem estar do ser humano, a fim de atender a demanda crescente, tanto em termos de quantidade como de qualidade.

Esse crescimento influencia os processos industriais e agropecuários, aumentando a demanda por água e a geração de resíduos, entre estes os líquidos, que, de forma geral, retornam as coleções superficiais de água e provocam decaimento na qualidade da mesma.

A água a ser distribuída para a população deve seguir os padrões de potabilidade. Com o aumento das concentrações de partículas nos mananciais superficiais, os sistemas de tratamento têm a necessidade de remover partículas suspensas e dissolvidas cada vez mais diversas e complexas, exigindo técnicas e tecnologias mais avançadas.

Os sistemas de tratamento de água devem atender critérios amplos de qualidade, seguindo padrões e legislação pertinentes. Assim, os gerentes desses sistemas devem estar atentos a diversas questões, considerando sempre a influência das etapas que compõe o sistema, principalmente concernente à eficiência do uso da água: matéria-prima dos Sistemas de Tratamento de Água (SiTAs).

A água é um recurso renovável, porém limitado. A possibilidade de utilização de novos recursos hídricos, cada vez mais distantes dos centros urbanos, é logicamente limitada e sem dúvida estaremos brevemente diante do esgotamento das alternativas disponíveis.

O abastecimento público é prioritário dentre a multiplicidade dos usos da água. Assim, cuidados redobrados devem ser tomados neste tipo de utilização, a fim de serem garantidas a qualidade e quantidade de água para o abastecimento público.

O Sistema de Tratamento de Água (SiTA) para abastecimento público compreende desde o manancial, onde se tem a captação de água bruta, a estação de tratamento de água (ETA) e o tratamento dos resíduos gerados, não abrangendo portanto, os dispositivos de reservatórios e redes de distribuição de água tratada que integram o Sistema de Abastecimento de Água (SAA).

As Estações de Tratamento de Água (ETAs) tem funcionamento semelhante a uma indústria onde uma determinada matéria prima (água bruta) é trabalhada, através de diversas operações e processos, resultando em um produto final (água tratada). Do mesmo modo, em diversas etapas geram resíduos, com as mais diferenciadas características. Assim, um dos problemas a ser equacionado nos SiTAs diz respeito aos resíduos gerados e sua destinação final. Os principais resíduos gerados são: água de lavagem de filtros (ALAVAF) e o lodo retido nos decantadores. Na maioria dos SiTAs esses resíduos são lançados nos corpos d'água sem nenhum cuidado em relação ao seu tratamento, desrespeitando a legislação ambiental vigente.

Salta aos olhos a contradição, em que os mesmos cursos d'água que funcionam como mananciais fornecedores de matéria prima para os SiTAs, também servem de local de descarte dos resíduos sólidos gerados por estes sistemas.

À vista disso, forma-se um círculo vicioso, pois os rios que são os principais fornecedores de água para o abastecimento público, também são receptores de todo e qualquer tipo de resíduo, gerado muitas vezes pelo próprio sistema de tratamento de água, interferindo de forma negativa no meio ambiente. A resultante degradação da matéria prima dos SiTAs, a água bruta, está na contra mão das mais diversas ações institucionais de programas de conservação e uso racional da água nos mais diversos níveis, tais como pode se observar no Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), em Decretos Estaduais e iniciativas de instituições privadas. Negligencia-se que o uso mais produtivo dos recursos naturais, a exemplo da água bruta, torna as companhias mais competitivas, alia a liderança ambiental e viabilidade econômica, resulta em oportunidade de investir na imagem das empresas e por fim, em benefício da saúde pública e do saneamento ambiental.

Nesse sentido, esse trabalho tem como finalidade a análise crítica do uso da água em Sistemas de Tratamento de Água (SiTA) para abastecimento público. Assim, propõe-se avaliar a eficiência no uso da água e aplicar indicadores em SiTAs, que mensurem a situação real e subsidiem a análise.

METODOLOGIA

O presente trabalho compreende três etapas principais: revisão da literatura, levantamento e sistematização de informação de campo com uso de indicadores, baseado em dados reais de SiTAs localizados no Estado de São Paulo, e análise dos resultados.

A revisão da literatura versou sobre as questões de gestão da matéria prima de SiTAs, o panorama atual, um breve resumo da ótica e práticas internacionais e os desafios. Quanto à gestão de resíduos, verificou-se a relação da geração e destinação com a eficiência ambiental do sistema, as perdas de água e os decorrentes impactos.

Adicionalmente, foi sistematizado informações e condições operacionais provenientes de cinco SiTAs localizados no Estado de São Paulo (A, B, C, D e E), que possuem tecnologia de tratamento de ciclo completo.

Primeiramente elaborou-se um formulário para diagnóstico e coleta de dados. Estes dados foram levantados através de entrevistas com os gerentes e/ou responsáveis pelo departamento, consulta a arquivos digitais, relatórios e anotações manuais em planilhas de controle. No Quadro 1 são apresentados os dados gerais dos cinco SiTAs.

Quadro 1- Dados gerais dos cinco SiTAs analisados.

SiTA	Tipo de administração	População abastecida	Vazão média anual de operação [l/s]	Coagulante utilizado
A	Autarquia municipal	79.000	359	Cloreto Férrico
B	Privada	260.000	675	Sulfato de Alumínio
C	Autarquia municipal	240.000	1.135	Sulfato de Alumínio
D	Autarquia municipal	112.200	411	Cloreto Férrico
E	Autarquia municipal	90.000	426	Sulfato de Alumínio

Após a fase de coleta de dados, iniciou-se a análise e sistematização, que convergiu para elaboração de indicadores e sua posterior aplicação nos cinco SiTAs, abordando os itens descritos a seguir:

- Controle e gestão dos mananciais.
- Indicadores relacionados ao tipo de água utilizada nas lavagens das unidades na ETA.
- Volume anual e indicadores de lodo gerado nos decantadores.
- Indicador de volume de ALAVAF por volume de água tratada.
- Indicadores de tratamento de lodo e ALAVAF.
- Controle de perdas de água nas estações de tratamento dos SiTAs.
- Controle da quantidade de água utilizada nas lavagens de filtros e decantadores.
- Indicadores de perdas de água nas lavagens de decantadores e filtro e na ETA.
- Indicadores de perda e produção per capita de água nas ETAs.
- Indicador de eficiência do controle da quantidade de lodo e ALAVAF.

Dessa forma, a realização da análise crítica foi subsidiada pela experiência no setor, balizada a partir da revisão bibliográfica sobre o tema e uso dos indicadores supracitados. A análise dos resultados e as discussões culminaram nas conclusões apresentadas neste artigo.

MANANCIAL: A MATÉRIA-PRIMA DOS SiTAS

O manancial de abastecimento deve ser protegido com o planejamento de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica da qual faz parte, para manutenção da qualidade da água bruta. Derisio (2000) cita que, toda e qualquer disposição de resíduos no meio líquido deve ser feita de maneira adequada, sendo observados todos os efeitos que conduzem à minimização da carga poluidora e, considerando os efeitos desta, em relação aos demais usos que a água tem a jusante do lançamento da fonte poluidora.

Cada vez mais se faz necessário aumentar e garantir dentro dos padrões de qualidade a produção de água potável e compatibilizar as estações de tratamento já instaladas com a qualidade dos mananciais que, em contrapartida, vêm sofrendo intensa degradação.

Quando a qualidade do manancial decai, uma das alternativas para que as ETAs mantenham a qualidade da água tratada é o uso de maiores dosagens de produtos químicos. Isso pode causar algumas conseqüências para as ETAs, como, por exemplo, aumento da quantidade de resíduos gerados e, conseqüentemente, maior perda de água para a lavagem dos filtros e decantadores; e aumento do consumo de recursos naturais usados na produção desses produtos químicos.

A manutenção das condições dos mananciais é de fundamental importância no processo de tratamento. Dessa forma, a aplicação de legislação ambiental na proteção de mananciais se torna imperativa.

Leite e Andreoli (2005) analisaram 38 sistemas de tratamento de água no estado do Paraná e destacaram que 100% (cem por cento) dos entrevistados consideram a questão, “conservação dos mananciais”, de extrema importância. Apesar disso, apenas 11, dos 38 sistemas, possuem algum tipo de programa para a conservação de mananciais, incluindo desde projetos de despoluição até planos de ações integradas entre órgãos. Os demais sistemas relataram não possuir programas específicos, sendo que, destas, apenas uma destacou o início de um Programa de Diagnóstico Ambiental e um Plano de Conservação de Mananciais. No Brasil, poucas ações efetivas são adotadas pelas empresas de saneamento em relação a conservação e diagnóstico de mananciais.

Ressalta-se que muitos gestores diretos dos sistemas reconhecem a necessidade de investimento em programas de conservação de mananciais, mas muitas vezes não encontram estrutura e respaldo econômico, por parte da administração superior ou incentivo de políticas de estado.

Em âmbito internacional podemos observar recomendações da OMS (Organização Mundial da Saúde), dos países da Europa e Estados Unidos para atenção maior na conservação da matéria-prima dos SiTAs. Esta preocupação também se refletiu no 5º Fórum Mundial da Água, no ano de 2009 em Istambul, na Turquia, cujo tema principal foi “*Superando a Escassez de Água, Rumo à Sustentabilidade*”.

Tomando como exemplo, um país europeu, Portugal, vimos que, nos últimos anos tem-se assistido a uma preocupação crescente, por parte das entidades gestoras portuguesas, em adotar, ainda que informalmente, metodologias de avaliação e gestão de riscos nos respectivos sistemas de abastecimento de água (Vieira e Morais, 2005). A experiência adquirida na elaboração e aplicação de um Plano de Segurança da Água (PSA) na empresa Águas do Cávado S. A. constitui um caso-piloto que, por parecer relevante, merece ser partilhada com outras entidades que dela podem se beneficiar (Vieira et. al, 2004).

O Plano de Segurança da Água para Consumo Humano, tal como preconizado pela terceira edição das GDWQ (Guidelines for Drinking-water Quality) da OMS publicado em setembro de 2004, é definido como um documento que identifica e prioriza riscos plausíveis que podem

verificar-se num sistema de abastecimento, desde a origem de água bruta até à torneira do consumidor, estabelece medidas de controle para reduzi-los ou eliminá-los e estabelece processos para verificar a eficiência da gestão dos sistemas de controle e a qualidade da água produzida. O seu principal objetivo é o de garantir a qualidade da água para consumo humano através da utilização de boas práticas no sistema de abastecimento de água, tais como: minimização da contaminação nas origens de água, redução ou remoção da contaminação durante o processo de tratamento e a prevenção de pós contaminação durante o armazenamento e distribuição da água. (WHO, 2006).

Essa também tem sido a perspectiva adotada nas legislações e instrumentos legais brasileiros que tratam da qualidade da água para consumo humano, conforme explicitado no Inciso III do Art. 9º da Portaria do MS Nº 518/2004:

“manter avaliação sistemática do sistema de abastecimento de água, sob a perspectiva dos riscos à saúde, com base na ocupação da bacia contribuinte ao manancial, no histórico das características de suas águas, nas características físicas do sistema, nas práticas operacionais e na qualidade da água distribuída” (Brasil, 2004).

No Brasil, seguindo as recomendações da OMS, o Ministério da Saúde vem buscando ampliar a experiência no país e incentivar a implantação de PSA. O SAAE de Viçosa–MG tem sido pioneiro e modelo para a elaboração do Plano de Segurança da Água (PSA), por meio de um projeto piloto financiado pelo Ministério da Saúde, com o apoio do *Center for Disease Control and Prevention* (CDC) e da *Environmental Protection Agency* (EPA); e desenvolvido por uma equipe multidisciplinar da Universidade Federal de Viçosa (UFV) (Oliveira et. al., 2008).

Contudo a implantação do PSA, como no caso de Viçosa-MG, são ações isoladas. Além disso, apenas o PSA não pode ser uma [panacéia](#) para a questão dos mananciais.

O descaso com a preservação dos recursos naturais acaba contribuindo para que determinados setores da sociedade estabeleçam a cultura do desperdício. As ações tomadas com o intuito de atenuar ou evitar efeitos negativos ao meio ambiente, causada pela ação do homem, necessitam de visão ampla que proporcione a compreensão dos problemas em sua totalidade.

USO DA ÁGUA: PERDAS E GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Nos sistemas de gerenciamento e gestão ambiental, insere-se, além do controle da qualidade d'água, aspectos relativos à quantidade.

O Relatório do Instituto Socioambiental (ISA, 2007) relata estimativas da quantidade de água que é perdida diariamente nos diferentes sistemas de produção de água existentes nas capitais brasileiras, considerando os dados disponíveis do Sistema Nacional de Informações do Saneamento (SNIS, 2005), referentes ao volume de água produzido (medido na saída das Estações de

Tratamento) e o volume de água consumido (volume micro medido por hidrômetros, o volume estimado para ligações desprovidas de aparelho de medição e o volume de água exportada, segundo o SNIS). A diferença entre o volume de água produzido e o consumido resulta nos volumes de água perdido pelos sistemas de distribuição de água. Esta perda pode acontecer por vazamentos na rede, por sub-medição nos hidrômetros e por fraudes, e equivale a aproximadamente 45% da água retirada diariamente dos mananciais que abastecem as capitais, que seria suficiente para abastecer 38 milhões de pessoas/dia (considerando para tal, o consumo per capita em 2004 de cada uma das capitais).

Nesse relatório as perdas de 45% referem-se a água retirada dos mananciais até o consumidor final, porém o cálculo desconsidera as perdas que ocorrem durante a produção de água, ou seja, no Sistema de Tratamento de Água. As perdas nos SiTAs localizam-se entre o manancial e saída da estação de tratamento e podem variar de 2% a 5% do volume de água produzido, conforme reportado na literatura. Estas perdas são decorrentes de vazamentos e perdas de água na lavagem de decantadores e filtros.

Os elevados índices de perdas d'água, nos sistemas de abastecimento de água, além de contribuírem para o aumento da escassez deste recurso natural tão precioso e indispensável à vida, indiretamente acabam contribuindo para o aumento da geração de resíduos e consumo de energia.

No processo de produção de água potabilizada, considerado como mais uma etapa da indústria da água, há geração de resíduos devido à presença de impurezas na água bruta e a aplicação de insumos (produtos químicos), entre outros. Muitas vezes esses resíduos apresentam características e propriedades diversas, e pior, geralmente desconhecidas.

O lodo pode ser classificado como “resíduo sólido” pela NBR-10.004 de março de 2004 (em vigor desde setembro de 1987) e, dessa forma, segundo a legislação, não pode ser lançado nos cursos d'água. Seu lançamento pode provocar um isolamento da camada bentônica dos rios, devido à presença de partículas de pequeno tamanho em sua composição; além de provocarem um aumento da quantidade de sólidos, assoreamentos indesejáveis, mudanças de cor, turbidez, composição química, etc (Cordeiro, 1993). Além disso, a concentração de metais nestes resíduos pode ultrapassar limites impostos pelo padrão de emissão (Barroso e Cordeiro, 2003).

O lançamento dos resíduos gerados em ETAs, em corpos d'água, é considerado crime ambiental devido aos efeitos diretos causados ao ambiente aquático do corpo receptor, provocando danos à fauna aquática. Constitui-se crime ambiental, de acordo com a Lei 9.605/98.

O Artigo 24 da Resolução do CONAMA N°357/2005 dispõe que

“os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e

desde que obedecem às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis”.

Analisando a legislação brasileira torna-se evidente as transgressões cometidas pelos SiTAs, quando do lançamento e disposição final inadequada dos resíduos gerados. Assim, deve-se exigir dos gerentes de sistemas de tratamento de água uma nova postura diante dessa situação.

A questão dos resíduos de SiTAs deve ser analisada sob a ótica da legislação vigente, levando-se em conta aspectos relativos ao conhecimento mais profundo sobre as características físicas, químicas e biológicas; as condições de operação dos sistemas de tratamento, as condições e periodicidade de limpeza de filtros e decantadores; a forma e periodicidade da disposição desses resíduos e as condições de lançamento.

As características de cada resíduo variam de uma estação para outra, pois, dependendo das operações realizadas durante o processo, o resíduo pode apresentar características prejudiciais ao meio ambiente e à saúde da população. Os caminhos a seguir, após a formação destes resíduos, são vários, tais como: dispô-lo em lugar apropriado, ou antes, tratá-lo de forma adequada, para reduzir os custos com transporte e disposição e, se possível, fazer a sua reciclagem dentro da própria indústria ou fora dela. Sendo assim, é imprescindível estudar individualmente cada resíduo, a fim de elaborar um projeto seguro, eficiente e otimizado no que diz respeito ao seu gerenciamento.

Segundo Cordeiro (2001), os sistemas existentes deverão se adaptar as novas concepções, pois o Ministério Público, assim como os órgãos ambientais, estão atentos a essas mudanças e deverão ser mais exigentes quanto a esse problema. Já os novos sistemas, devem ser projetados com concepções muito diferentes das atuais. Nesses casos, novos projetos devem contemplar: limpezas constantes dos decantadores, assim, os decantadores de fundo chato sem remoção contínua não mais podem ser projetados; o sistema deve prever a recuperação de água de lavagem de filtros; os projetos deverão contar com sistemas de remoção de água de lodo, através de sistemas mecânicos ou naturais (centrífugas, filtros-prensa, leitos de secagem, leito de drenagem, entre outros).

Segundo Ferreira Filho & Além Sobrinho (1998), a recuperação da água de lavagem de filtros pode trazer benefícios aos processos de tratamento em uma ETA, como a redução no consumo de coagulante. No Brasil já existem ETAs que realizam, com sucesso, o reaproveitamento da água utilizada na lavagem de filtros, como é o caso da ETA do Guaraú (vazão média 33m³/s) e Alto da Boa Vista (14m³/s), ambas em São Paulo, operadas pela SABESP. Os benefícios auferidos no reaproveitamento da água de lavagem de filtros destas ETAs, representam cerca de 880 L/s, ou seja, 2% da água tratada, o que permite o abastecimento de aproximadamente 300.000 habitantes.

Quanto a produção de resíduos, Castro *et al.* (1998) indicaram uma vazão média de resíduos gerados na ETA/Rio das Velhas, localizada em Belo Horizonte - MG, em torno de 1% a 3% da vazão tratada. Souza Filho & Di Bernardo (1999), Reali (1999) e Barroso e Cordeiro (2002) citam

que o volume dos resíduos líquidos gerados no tratamento de água convencional representa cerca de 1% a 5% do volume de água tratada. Porém, na prática os SiTAs não encontram relatos de medições efetivas do volume de água utilizado nas lavagens e, conseqüentemente, do volume de resíduos gerados, demonstrando a ineficácia da gestão, posto o desconhecimento da dimensão real do problema.

Assim, avaliar e gerenciar os usos da água nos SiTAs pode ser útil também para minimizar a água utilizada na limpeza das unidades e a quantidade de resíduos a serem tratados.

A adoção de sistemas mais eficientes auxilia na conservação de mananciais e ao mesmo tempo está em consonância com o uso racional da água, fato negligenciado pela grande maioria dos SiTAs. Neste sentido o uso de indicadores se apresenta como ferramenta essencial para adequada gestão do uso da água em SiTAs.

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta aspectos gerais relacionados à gestão dos mananciais nos cinco Sistemas de Tratamento de Água.

Tabela 1 - Controle e gestão dos mananciais que abastecem os SiTAs.

Aspectos gerais	Mananciais do SiTA A	Mananciais do SiTA B	Manancial do SiTA C	Manancial do SiTA D	Mananciais do SiTA E
Tem lançamento esgoto à montante da captação?	Não ⁽¹⁾	Sim	Sim	Sim	Sim
Já registrou ocorrência de eutrofização (Algas)?	Sim	DND ⁽⁴⁾	Sim	DND ⁽⁴⁾	Não
Possui programa de conservação dos mananciais?	Sim ⁽²⁾	Não	Não	Não	Sim ⁽³⁾
Possui Outorga pelo uso da água?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

⁽¹⁾ Tem usinas e plantio de cana-de-açúcar próxima à captação do manancial A2.

⁽²⁾ No manancial A1, programa de reflorestamento com plantio de árvores e depois manutenção.

⁽³⁾ O Plano Diretor da cidade onde se localiza o SiTA E, possui Lei de Proteção e Recuperação de mananciais (Lei municipal 13.944/06).

⁽⁴⁾ DND – Dado não disponibilizado

Nota: Os SiTAs A e B possuem dois mananciais de abastecimento para a mesma ETA.

Pela Tabela 1 observa-se que somente o SiTA A não apresenta lançamento de esgoto a montante da captação e, ainda sim, somente, os SiTAs A e E possuem programas de conservação dos mananciais.

Em relação a geração de resíduos de decantadores (lodo), é realizada descarga de fundo apenas nos decantadores do SiTA A e C. O SiTA A realiza descarga uma vez ao dia (decantadores laminares / alta taxa) e o SiTA C possui raspadores de lodo por sucção que são acionados três vezes

ao dia. O intervalo de limpeza completa dos decantadores é 90 dias, com exceção do SiTA E que este intervalo varia de 120 a 180 dias.

Considerando a geração de resíduos proveniente da lavagem dos filtros (ALAVAF), nos SiTAs A e C a esta lavagem é realizada com uso de ar e água e nos SiTAs B, D e E é apenas com água no sentido ascensional, sendo que a carreira de filtração é de 24 horas nos SiTA D e E é em média de 36 horas nos SiTAs A, B e C.

Na Tabela 2 são apresentados os indicadores relacionados ao tipo de água utilizada na lavagem de decantadores e filtros.

Tabela 2 - Indicadores relacionados ao tipo de água utilizada na lavagem de decantadores e filtros.

SiTA	Tipo de água utilizada na lavagem dos decantadores	Tipo de água utilizada na lavagem dos filtros
A	1	1
B	1	1
C	2	1
D	2	1
E	1	1

- Indicador 1: utiliza água tratada para lavagem (após coagulação e desinfecção).
- Indicador 2: utiliza água decantada para lavagem (após coagulação).
- Indicador 3: utiliza água bruta para lavagem (anterior a coagulação).

Os indicadores apresentados na Tabela 2 demonstram que apenas os sistemas C e D utilizam água decantada para lavar os decantadores e todos utilizam água tratada, após coagulação e desinfecção, para lavar os filtros. Isso resulta em perdas não só de água, mas de produtos químicos e energia elétrica intrínseca.

Na Tabela 3 tem-se o volume anual de lodo gerado nos decantadores em metros cúbicos (m³) e os indicadores de volume anual de lodo gerado nos decantadores por volume de água tratada, em L/m³, e por área total dos decantadores, em m³/m².

Tabela 3 – Volume anual e indicadores de lodo gerado nos decantadores dos cinco SiTAs.

SiTA	Volume anual de lodo gerado [m ³]	Volume de lodo gerado nos decantadores por volume de água tratada [L/m ³]	Volume anual de lodo gerado nos decantadores pela área total dos decantadores [m ³ /m ²]
A	228.041 ⁽¹⁾	20,51	750,15
B	Não é medido.	Não é medido	Não é medido
C	777.285 ⁽²⁾	21,72	372,26
D	Não é medido.	Não é medido	Não é medido
E	Não é medido.	Não é medido	Não é medido

⁽¹⁾ Estimado de acordo com vazão de descarga de fundo e tempo da descarga

⁽²⁾ Estimado de acordo com a vazão de sucção dos raspadores de lodo e o tempo, somando-se o volume do decantador e floculadores, quando realiza-se a descarga completa.

Conforme apresentado na Tabela 3, o indicador de volume de lodo em L/m^3 no sistema A é praticamente igual ao C, aproximadamente $20 L/m^3$. Estes dois sistemas possuem descarga de fundo, apesar do decantador do SiTA C ser convencional com fundo plano (raspadores por sucção) e do A, de alta taxa.

O indicador de m^3/m^2 de área do decantador, apresentado na terceira coluna da Tabela 3, para o sistema A é o dobro do sistema C. Porém, este indicador pode causar equívocos na interpretação dos resultados, visto que, normalmente o decantador de alta taxa requer menor área de implantação. Assim, o indicador de volume de lodo em m^3/m^2 pode não ser o melhor indicador, quando se analisa decantadores diferentes.

Na Tabela 4 tem-se o volume anual de água de lavagem de filtros (ALAVAF) em metros cúbicos (m^3) e os indicadores de volume anual de água de lavagem de filtros (ALAVAF) por volume de água tratada em L/m^3 e por área total dos filtros em m^3/m^2 .

Tabela 4- Volume anual e indicadores de ALAVAF gerado.

SiTA	Volume anual de ALAVAF [m^3]	Volume de ALAVAF gerada por metro cúbico de água tratada [L/m^3]	Volume anual de ALAVAF gerada por área total dos filtros [m^3/m^2]
A	338.600 ⁽¹⁾	30,36	1603,33
B	Não é medido.	Não é medido	Não é medido
C	286.297 ⁽²⁾	8,00	1331,37
D	Estimado em 6%	Não é medido ⁽³⁾	Não é medido ⁽³⁾
E	Estimado em 5%	Não é medido ⁽⁴⁾	Não é medido ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ medido de acordo com o nível do reservatório de água de lavagem dos filtros.

⁽²⁾ medido de acordo com o volume do reservatório de água de lavagem dos filtros.

⁽³⁾ Estimado em 6% do volume tratado.

⁽⁴⁾ Estimado em 5% do volume tratado.

O indicador de ALAVAF em L/m^3 , apresentado na Tabela 4, para o sistema C é 26% do indicador do SiTA A. Porém, o indicador apresentado na terceira coluna, em m^3/m^2 , para o sistema C é 83% do A, ou seja, valores mais próximos, podendo ser considerado um indicador mais representativo para avaliar a quantidade de ALAVAF gerada em diferentes sistemas.

Comparando os indicadores da segunda coluna das Tabelas 3 e 4, para o SiTA C o volume de resíduos gerados nos decantadores, em L/m^3 , é 67% do gerado nos filtros, enquanto que para o A, isto se inverte, o volume de lodo é 271% do ALAVAF, considerando que o SiTA A possui decantador de alta taxa. Assim, não é sempre que o volume de resíduos gerados nos filtros pode ser considerado mais representativo em um SiTA.

A Tabela 5 apresenta os indicadores de tratamento de lodo e água de lavagem de filtros (ALAVAF). Os indicadores apresentados na Tabela 5, também representam, implicitamente, a proporção de resíduos que não é lançada *in natura* nos corpos d'água.

Tabela 5- Indicadores de tratamento de lodo e ALAVAF.

SiTA	Lodo tratado	ALAVAF tratada
A	1	1
B	1	1
C	1	2
D	3	3
E	1	1

- Indicador 1: o volume gerado não é tratado;
- Indicador 2: o volume gerado é parcialmente tratado;
- Indicador 3: o volume gerado é tratado.

Os indicadores apresentados na Tabela 5 refletem a ausência de tratamento de lodo e não-recuperação da ALAVAF, na grande maioria dos sistemas analisados.

Com relação as perdas de água obteve-se resultados considerando as perdas totais nas ETAs e, em separado, em cada unidade das ETAs, seja decantadores e nos filtros.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados relacionados ao controle de perdas de água na ETAs.

Tabela 6 - Controle de perdas de água nas estações de tratamento dos SiTAs.

SiTA	Possui controle de perdas de água?	Possui medidores de vazão na entrada da estação? (Tipo de medidor)	Possui medidores de vazão na saída da estação? (Tipo de medidor)	Como as perdas são medidas?
A	Sim ⁽¹⁾	Sim (eletromagnético)	Não	(Volume de água bruta) - (valor estimado da ALAVAF e descarga de fundo do decantador)
B	Sim	Sim (eletromagnético)	Sim. Na saída dos reservatórios de água tratada. (eletromagnético)	diferença entre os medidores de vazão da entrada e saída.
C	Sim ⁽¹⁾	Sim (eletromagnético)	Não	(Volume de água bruta) – (consumo interno da ETA e ALAVAF, medido no R4 + valor estimado da descarga de fundo do decantador - retorno da ALAVAF)
D	Não	Sim	Não	Estimativa. (Volume de água

		(eletromagnético)		bruta) – (consumo interno da ETA e ALAVAF, medido no R4).
E	Não	Sim (eletromagnético)	Não	Valor estimado da ALAVAF. Estimado em 5%.

⁽¹⁾ Possui controle de perdas, porém só consideram perdas relacionadas as descargas de fundo e lavagem dos decantadores e filtros.

Conforme apresentado na Tabela 6, somente o SiTA B possui controle efetivo das perdas de água na estação de tratamento, pois tem medidores de vazão na entrada e saída da ETA.

Já os resultados obtidos considerando as unidades em separado, decantadores e filtros encontram-se na Tabela 7. Na Tabela 7 são apresentados os indicadores de perda de água, relacionados ao volume de água descartado durante as lavagens de decantadores e filtros, e volume de água perdido anualmente na ETA, em relação ao volume de água tratada e a população abastecida.

Tabela 7 - Indicadores de perdas de água nas lavagens de decantadores e filtro e na ETA, em relação ao volume de água tratada e população abastecida.

SiTA	Perda de água nas lavagens: volume de água descartado ⁽¹⁾ por volume de água tratada [%]	Perda de água na ETA em porcentagem: volume de água perdido ⁽²⁾ na ETA por volume de água tratada [%]	Perda de água na ETA por habitante: volume de água perdido na ETA pela população abastecida [m ³ /hab.ano]
A	5,09	5,09 ⁽³⁾	7,18
B	Não é medido	2,64	2,13
C	2,97	3,12 ⁽⁴⁾	5,27
D	Não é medido. Estimado em 6%	Não é medido	6,95 ⁽⁵⁾
E	Não é medido. Estimado em 5%	Não é medido	7,50 ⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Volume **descartado** = volume de água utilizado na lavagem de decantadores e filtros, volume descartado durante a remoção de lodo (descargas de fundo de decantadores) e antes da lavagem dos decantadores (volume das unidades – flutuadores e decantadores). Para o SiTA C

⁽²⁾ Volume **perdido** = diferença entre o volume medido na saída e na entrada da ETA.

⁽³⁾ O SiTA C não mede o volume perdido. Porém, considera-se o volume descartado como o volume total perdido na ETA.

⁽⁴⁾ O SiTA C não mede o volume perdido. Porém, considera como perdas de água o volume descartado, mais o volume de água consumido internamente na ETA, menos o volume de ALAVAF recuperado.

⁽⁵⁾ Para aplicação deste indicador nos SiTAs D e E considerou-se apenas o volume descartado, que é estimado.

A Tabela 7 são apresentados dois tipos de indicadores de perdas de água, o primeiro expresso em porcentagem em relação ao volume de água aduzido e o outro relacionado a população abastecida pelo SiTA, o que pode representar indicadores de comparação. O indicador de perdas de

água em m³/hab.ano, apresentado na terceira coluna da Tabela 8, é maior que 5% em quatro sistemas e, para apenas um, é cerca de 2%.

Na Tabela 8 tem-se um comparativo entre o indicador de perda de água em L/hab.dia e a produção *per capita* de água também em L/hab.dia, adicionalmente é apresentado na Tabela 9 o volume total de perda de água por dia (L/dia); em 30 dias e 1 ano.

Tabela 8–Indicadores de perda e produção *per capita* de água, e volume total de água perdida nas ETAs por dia, em 30 dias e 1 ano .

SiTA	Perda de água na ETA por habitante: volume de água perdido na ETA pela população abastecida [L/hab.dia]	Produção <i>per capita</i> de água tratada ⁽¹⁾ [L/hab.dia]	Perda de água total na ETA por dia (m ³ /dia)	Perda de água total na ETA em 30 dias (m ³)	Perda de água total na ETA em 1 ano (m ³)
A	19,67	392	1.554	46.621	567.220
B	5,84	219	1.517	45.518	553.800
C	14,44	399	3.465	103.956	1.264.800
D	19,04	316	2.136	64.092	779.790
E	20,55	415	1.849	55.479	675.000

⁽¹⁾ Volume anual total de água tratada pelo SiTA em litros, dividido pela população abastecida pelo sistema de tratamento de água e por 365 dias.

Ao analisarmos os resultados expressos na Tabela 8, podemos verificar a magnitude das perdas em um SiTA, acumulados ao mês e ao ano. Há de considerar que maior parte desse volume perdido é lançada, na forma de resíduos, nos recursos hídricos, que muitas vezes é o próprio manancial de abastecimento. Nesse sentido, buscou-se verificar o nível de controle na quantidade de água utilizada nas lavagens dos decantadores e filtros. Visto que, uma gestão adequada pressupõe como primeiro passo o diagnóstico do problema, ou seja, o conhecimento e o grau de confiabilidade desses dados.

Assim, o levantamento quanto a forma como é realizado o controle da quantidade de água utilizada na lavagem de filtros e decantadores, e que deve ser considerada no cálculo do volume de água perdido em cada sistema, está descrito na Tabela 9.

Tabela 9 - Controle da quantidade de água utilizada nas lavagens de decantadores e filtros.

SiTA	Como é feito o controle da quantidade de água utilizada nas lavagens e/ou descargas de decantadores?	Como é feito o controle da quantidade de água utilizada nas lavagens de filtros?
A	Calculado a partir da multiplicação da vazão de entrada pelo tempo de descarga de fundo dividido por 2.	Mede-se o nível do reservatório e multiplica-se este volume por 1,2 e divide pelo número de filtros lavados no dia.
B	Não é feito controle.	Calculado através da vazão da bomba pelo

	Estima-se uma média a partir dos volumes dos decantadores.	tempo gasto para lavar.
C	Calculado a partir da vazão de sucção dos raspadores de lodo e tempo somado ao volume de um decantador mais quatro floculadores, quando ocorre lavagem completa.	Medidor de vazão na saída do reservatório que armazena ALAVAF. Antes de 2005, media-se a diferença de nível do reservatório por meio de bóia.
D	Não é feito controle. Considera-se a quantidade de água utilizada nas lavagens dos decantadores um valor ínfimo, quando comparado à ALAVAF.	Valor fixado em 6% da vazão de entrada da ETA. Estimado de acordo com o volume do reservatório de armazenamento da ALAVAF e consumo interno da ETA.
E	Não é feito controle.	Valor fixado em 5% da vazão de entrada da ETA. Estimado de acordo com a vazão da bomba e o tempo pré determinado de lavagem.

O SiTA B, apesar de ser o único a apresentar controle efetivo das perdas de água na ETA, conforme reportado na Tabela 6, não faz o controle da água usada na lavagem dos decantadores e calcula a perda de água na lavagem dos filtros através da vazão da bomba. Os SiTAs D e E não contabilizam os volumes de água utilizados na lavagem dos decantadores e filtros, só estimam este valor, e adotam valores próximos entre 5% a 6 % da vazão de entrada. Assim, somente os SiTAs A e C controlam e medem, com mais exatidão, os volumes de lodo e ALAVAF.

Baseando nesses resultados foram elaborados indicadores relacionados à eficiência do controle da quantidade de lodo gerado nos decantadores e da água utilizada na lavagem de filtros (ALAVAF), conforme pode ser observado na Tabela 10.

Tabela 10 - Indicador de eficiência do controle da quantidade de lodo e ALAVAF.

SiTA	Eficiência do controle da quantidade de lodo gerado	Eficiência do controle da quantidade de ALAVAF
A	2	3
B	1	1
C	2	3
D	1	1
E	1	1

Os resultados do indicador de eficiência do controle da quantidade de lodo gerado nos decantadores, apresentados na Tabela 10, foram determinados de acordo com as condições de medição da quantidade de resíduo gerado (lodo) durante as lavagens e/ou descargas para limpeza dos decantadores.

- Indicador 1: representa baixa eficiência do controle da quantidade de lodo gerado nos decantadores, ou seja, o volume de lodo gerado não é medido ou considera-se apenas o volume do decantador.

- Indicador 2: representa média eficiência do controle da quantidade de lodo gerado nos decantadores, ou seja, o volume de lodo gerado é estimado. A descarga de fundo é estimada de acordo com a vazão de lodo multiplicado pelo tempo de descarga e para a lavagem soma-se o volume do decantador (e flocculadores) e volume de água utilizado durante a lavagem.

- Indicador 3: representa alta eficiência do controle da quantidade de lodo gerado nos decantadores, ou seja, o volume de lodo gerado é medido. Medem-se as descargas de fundo, o esvaziamento das unidades antes da lavagem e a água utilizada durante a lavagem para remoção do lodo.

Os resultados do indicador de eficiência do controle da quantidade de água utilizada nas lavagens de filtros, apresentados na Tabela 10, foram determinados conforme descrito a seguir:

- Indicador 1: representa baixa eficiência do controle da quantidade de água utilizada na lavagem dos filtros, ou seja, o volume de água de lavagem de filtros não é medido, apenas considera-se o volume calculado através de uma porcentagem fixa.

- Indicador 2: representa média eficiência do controle da quantidade de água utilizada na lavagem dos filtros, ou seja, o volume de água de lavagem de filtros é estimado através de uma média, de acordo com a vazão da bomba multiplicada pelo tempo de lavagem e considerando-se uma média do número de lavagens.

- Indicador 3: representa alta eficiência do controle da quantidade de lodo gerado nos decantadores, ou seja, o volume de água de lavagem de filtros é medido, considerando-se a vazão da bomba multiplicada pelo tempo de lavagem, comparando-se com o volume do reservatório (próprio para ALAVAF) que armazena a água utilizada para as lavagens e considerando-se todas as lavagens realizadas (anotando cada um dos volumes gerados).

Com a elaboração dos indicadores apresentados na Tabela 10, confirmou-se que apenas dois sistemas, SiTAs A e C, possuem eficiência média e alta do controle quantidade de resíduos gerados nos decantadores e filtros.

Por outro lado, caso seja considerado os aspectos qualitativos dos indicadores reportados anteriormente podemos tecer as seguintes considerações:

A grande maioria dos SiTAs estudados apresentaram lançamento de esgotos a montante da captação, ou seja, interferência antrópicas na matéria prima, a água bruta e mesmo assim não possuem programas de conservação dos mananciais, ou controle de qualidade da matéria prima.

Contudo, no que tange ao uso da água nos SiTAs, as perdas de água, que estão relacionadas diretamente com a geração de resíduos, são determinadas com imprecisão, o que pode mascarar ou dificultar ações de minimização dos impactos ambientais decorrentes das operações e processos nos SiTAs.

De modo particular, para a lavagem de decantadores que geralmente está associado a maior carga de sólidos e com potencial poluidor, inclusive com a presença de metais, (Barroso e Cordeiro, 2003), não há controle da quantidade de água usada na lavagem e conseqüente incertezas no volume gerado. Exceto quando há uso de descarga de fundo e tubos de sucção como no caso dos SiTAs A e C.

Analisando os resultados das Tabelas 2, 5 e 10, que se se referem ao tipo de água utilizada nas lavagens de filtros e decantadores, existência de tratamento de resíduos, e controle da quantidade de resíduos gerados respectivamente, podemos verificar que os cinco sistemas não estão ambientalmente coerentes com a política de uso racional da água. Particularmente os indicadores apresentados nas Tabelas 5 e 10, demonstram que o único SiTA que possui tratamento de resíduos (SiTA D) não controla a quantidade de resíduos gerados. Entretanto os SiTAs A e C, que possuem um melhor controle da quantidade de resíduos gerados, não possuem nenhum tipo de tratamento, assim como os outros dois sistemas. Assim, nota-se que a fase atual de consciência ambiental está no conhecimento do problema e de certa forma, iniciativa isoladas de controle de perdas e de tratamento dos resíduos gerados.

CONCLUSÕES

A partir da revisão bibliográfica e com a elaboração dos indicadores pode-se confirmar incoerência do uso da água em SiTAs. Como observado na literatura, os indicadores confirmaram a negligência no controle de qualidade da matéria prima, como inexistência de programas de conservação de mananciais e ausência de sistematização e confiabilidade no tratamento das perdas de água existentes nos SiTAs.

Os sistemas de tratamento de água, apesar de estarem enquadrados em sistemas de saneamento, estão muito mais comprometidos com a qualidade de seu produto final do que com a qualidade ambiental, que é preconizado pelo termo saneamento.

Os indicadores aplicados apontaram, entre outros, para a necessidade de melhorias, padronização e estabelecimento de parâmetros para estes sistemas. A maioria dos dados encontrados nos SiTAs não são sistematizados e tampouco utilizados como indicadores e instrumentos de gestão para estes sistemas.

Como indústrias de produção de água potável, os SiTAs não absorveram conceitos importantes visando melhorias e sustentabilidade das empresas de água.

Apesar dos relatos na literatura apontarem perdas acima de 40% de água, principalmente relativo a problemas na rede, e se considerarmos tantos os dados da literatura como as informações encontradas no uso de indicadores, em que apresentam perdas de água nos SiTAs entre 1 a 5%, o que parece pouco em proporção a rede de abastecimento. Contudo esses 1 a 5%, além de

representar quantitativamente perdas consideráveis em termos volumétricos, são também responsáveis por lançamentos de resíduos, extremamente concentrados de sólidos e poluentes que encontravam-se diluídos nos mananciais.

Notou-se que na captação de água bruta não há planos de proteção dos mananciais e do entorno para a maioria dos SiTAs analisados.

Os indicadores evidenciaram a ausência de tratamento de lodo e não-recuperação da ALAVAF na grande maioria dos sistemas analisados e, com relação as perdas constatou-se o uso de medições indiretas, estimativas e parâmetros teóricos na quantificação das perdas. Adicionalmente, constatou-se que há possibilidade de volume gerado nos decantadores maiores que os valores apresentados para ALAVF, o que demonstra que o uso de indicadores também pode ser útil para desmistificar algumas práticas empíricas e adotadas de maneira geral.

Observou-se, com o uso de indicadores, que a fase atual de consciência ambiental em que se encontram os SiTAs ainda está no conhecimento do problema e de certa forma, iniciativa isoladas de controle de perdas e de tratamento dos resíduos gerados.

Assim, o planejamento e gestão dos recursos hídricos se tornam imperativos para que o aumento da oferta de água se compatibilize com a demanda, obedecendo criteriosamente os padrões de qualidade para determinado uso.

Os impactos ambientais decorrentes da operação inadequada desses sistemas, devido à ausência de um sistema de gerenciamento, principalmente focando os recursos hídricos e resíduos, refletem diretamente nos problemas de poluição e contaminação das águas superficiais e subterrâneas, e conseqüente escassez dos recursos naturais.

AGRADECIMENTOS

Fundação de amparo à Pesquisa do estado de São Paulo – FAPESP.

BIBLIOGRAFIA

ABNT (2004). *ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004: 2004*. Rio de Janeiro, 48p.

BARROSO, M. M. ; CORDEIRO, J. S (2002). *Produção de sólidos em ETAs - Estudo de caso ETA São Carlos (São Paulo/Brasil)*. In: XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, AIDIS, 2002, Cancún.

BARROSO, M. M. ; CORDEIRO, J. S (2003). *Presença de Metais no Tratamento de Água*. In: XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2003, Joinville. XXII Congresso da ABES, 2003.

BRASIL (1998). *Lei 9.605. Lei da Vida – A lei dos Crimes Ambientais*. Brasília, DF, 1998.

BRASIL (2004). *Portaria Nº 518 de 25 de março de 2004*. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Ministério da Saúde, 2004.

BRASIL (2005). *Resolução CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005*. Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, condições e padrões de lançamento de efluentes. Ministério do Meio Ambiente, Brasil, 2005.

CASTRO, A. A; DIAS, A .M.V; RENNÓ, C.R.A ; CÉSAR, L.A S.; DEMATTOS, M.; MONTEIRO, J.A S. (1998). *O Problema de Caracterização Qualitativa dos Efluentes Gerados nas ETAs - O Caso da UTR do Rio das Velhas*. In: Anais do XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.ABES, II – 059.

CORDEIRO, J.S. (1993). *O Problema dos Lodos Gerados nos Decantadores em Estações de Tratamento de Água*. São Carlos. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

CORDEIRO, J.S. (2001). *Gerenciamento Integrado de Resíduos de Estações de Tratamento de Águas*. 20 ° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, cd , I – 062.

DERISIO, J. C. (2000). *Introdução ao Controle de Poluição Ambiental*. Editora Signus, 2º edição, São Paulo/SP.

FERREIRA FILHO, S. S. & ALÉM SOBRINHO, P. (1998). *Considerações sobre o tratamento de despejos líquidos gerados em estações de tratamento de água*. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, vol. 3, nº 3 e nº4. p. 128 – 136.

ISA, 2007. *Relatório do Instituto Socioambiental sobre o Abastecimento de água e esgotamento sanitário nas capitais brasileiras, em 2004*. Fonte: Indicadores e dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (ano referência 2004) e Sabesp (dados referentes ao ano de 2007). Campanha de Olho nos Mananciais pela preservação das fontes de água de São Paulo, versão novembro de 2007, ISA, 23p.

LEITE, B. Z. e ANDREOLI, C. V. (2005). *Relação entre o consumo de produtos químicos e a qualidade da água distribuída em diversos sistemas de tratamento de água do Paraná*. In: Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Mato Grosso do Sul, ABES. I-108, CD.

OLIVEIRA, D. C. ; BEZERRA, N. R. ; BASTOS, R. K. X. ; BEVILACQUA, P. D. (2008). *Planos de Segurança da Água e análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC) na produção de água para consumo humano: estudo de caso no município de Viçosa, Minas Gerais, Brasil*. In: Anais do XXXI Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Santiago de Chile: AIDIS, 2008. p. 1-6.

REALI, M.A.P. (1999). *Principais características quantitativas e qualitativas do lodo de ETAs*. In: REALI, M.A.P (Coord.). *Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água*. Projeto PROSAB, Rio de Janeiro: ABES, 250p.

SOUZA FILHO, A.G.; Di BERNARDO, L. (1999) *Caracterização e clarificação da água de lavagem dos filtros de uma ETA que utiliza cloreto férrico como coagulante primário*. In: Anais do 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. II-058, CD ROM. Rio de Janeiro, ABES.

SNIS (2005). *Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento*. Ministério das Cidades. Diagnóstico dos serviços de água e esgotos. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa de Modernização do Setor de Saneamento – PMSS, 2005. <http://www.snis.gov.br/> , acessado em junho de 2006.

VIEIRA, J.M.P. e MORAIS, C. (2005). *Planos de segurança da água para consumo humano em sistemas públicos de abastecimento*. Instituto Regulador de Águas e Resíduos. Universidade do Minho. SIG – Sociedade Industrial Gráfica Ltda, 173p.

VIEIRA, J.M.P., VALENTE, J.C.T., MORAIS, C., PEIXOTO, F. (2006). *Planos de segurança de qualidade da água: Um caso de estudo*. In: Anais do XI Encontro Nacional de Saneamento Básico. Faro, 2004.

WHO (2006). *World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality: incorporating first addendum*. Vol. 1, Recommendations. – 3rd ed. Electronic version for the Web. Library Cataloguing-in-Publicatio, p.48-83.
https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/en/, acessado em nov/2006.