

POSSIBILIDADE DE APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA DAS ETA'S EM USINAS DO SETOR SUCROENERGÉTICO NO ESTADO DE SÃO PAULO¹

Fernando Antonio Bataghin²

Marcela Avelina Bataghin Costa³

Junge Takagaki⁴

RESUMO

A estação de tratamento de água tem grande importância no setor sucroenergético. O objetivo desta pesquisa foi comparar o tratamento de água realizado na Estação de Tratamento de Água (ETA) de uma cidade do interior de São Paulo com o tratamento realizado em uma usina sucroenergética, elencando possibilidades de utilização de tecnologia empregada na ETA estudada no setor sucroalcooleiro. Foram pesquisadas também outras tecnologias aplicáveis às ETA para melhoria na qualidade das águas utilizadas tanto para consumo doméstico como industrial. A pesquisa mostrou uma grande semelhança entre as tecnologias empregadas nas estações de tratamento de água em questão, concluindo que as tecnologias utilizadas na ETA estudada pouco acrescentariam no processo de tratamento realizado na usina. Foi ressaltado também o uso de polímero natural para o processo de tratamento, com perspectivas de melhorias ecológicas e econômicas para o processo.

Palavras-chave: Tratamento de água; ETA; Usinas.

ABSTRACT

The water treatment plant is of great importance in the sugar-energy sector. The objective of this research was to compare the water treatment performed at the Water Treatment Station (WTS) of a city in the interior of São Paulo with the treatment carried out in a sugarcane plant, listing possibilities of using technology used in ETA studied in the sugar and alcohol industry. Other technologies applicable to ETAs were also researched to improve the quality of water used for both domestic and industrial consumption. The research showed a great similarity between the technologies used in the water treatment plants in question, concluding that the technologies used in the ETA studied would add little to the treatment process carried out at the plant. It was also emphasized the use of natural polymer for the treatment process, with prospects of ecological and economic improvements for the process.

¹ Recebido em 01/01/2017

² Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. fernandobataghin@hotmail.com

³ Instituto Federal de São Paulo- São Carlos. marcelaavalina@hotmail.com

⁴ Universidade Federal de São Carlos. jujundiai@gmail.com

Keywords: Water treatment; WTS; Water plants

INTRODUÇÃO

Segundo Lourenço (2011), mais da metade dos municípios brasileiros podem ter problemas com a falta de água em 2015, apesar de o país possuir o maior potencial hídrico do planeta. Seriam necessários R\$ 22 bilhões em investimentos no setor para evitar esse colapso.

Segundo Mello (2011), o setor sucroenergético vem trabalhando na redução do gasto de água para o seu processo produtivo, visto que além de benefícios ambientais isso pode trazer uma vantagem competitiva para o setor. Segundo o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), em 20 anos houve uma redução no consumo de água de dez mil litros por tonelada para mil e oitocentos litros por tonelada de cana (LUZ, 2008), mas o setor ainda não deixa de ser um grande consumidor. Para seu uso adequado é necessário um processo de tratamento e nesse processo a água captada principalmente dos rios, precisa passar por um processo de tratamento semelhante ao realizado para o consumo doméstico pelos departamentos de água e esgoto das cidades.

OBJETIVOS

Esta pesquisa visa analisar o processo de tratamento da água realizado no departamento de água e esgoto de uma cidade do interior de São Paulo e compará-lo ao que é realizado nas usinas sucroenergéticas, tendo como base uma usina da cidade de Clementina - SP, elencando possibilidades de utilização de tecnologia empregada na ETA no setor sucroenergético.

METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa de abordagem qualitativa, com dados descritivos, retratando a realidade estudada (estudo de casos) em dois ambientes distintos, com ênfase nos processos das estações de tratamento das águas (SOARES, 2011). Posteriormente foi feita uma comparação entre os dois processos (ETA e Usina), e adicionalmente um breve levantamento bibliográfico de estudos relacionados ao processo de tratamento das águas.

RESULTADOS

O Departamento de Água e Esgoto estudado é a empresa responsável pelo saneamento básico de um município com 370.126 habitantes no interior de SP, sendo atualmente uma empresa de economia mista. A Estação de Tratamento em questão existe desde 1969, é o principal centro de tratamento de água do município (96%) com capacidade de 2.000 l/s, sendo que utiliza como principal manancial o Rio Jundiá Mirim, que é considerado, segundo o gerente da estação, um manancial classe dois e têm como complemento, no inverno, as águas do Rio Atibaia. Também faz uso do Córrego Moisés, Córrego do Padre Simplício, Afluentes do Rio Caxambu e Rio Capivari. O Município apresenta 98% da população servida pela rede de água, 96% possui rede de esgoto e 99,5% do esgoto coletado é tratado.

Na ETA a vazão máxima é de 1.750 l/s e a vazão média de 1.300 l/s. Segundo o gerente da estação de tratamento, o principal manancial do município por ser de classe dois (classificação baseada na Classificação CONAMA 357 dos corpos d'água, onde a água nessa classificação pode ter como destino o abastecimento humano após tratamento convencional dentre outros, ou seja, a água nesta classificação não necessita de tratamento especial para consumo humano (CONAMA, 2005), que apresenta uma boa qualidade, como pôde ser vivenciado em visita realizada ao local, não necessita de um tratamento tão intenso.

O processo de tratamento utiliza tecnologia de tratamento convencional. Inicia-se com a pré-cloração da água bruta para desinfecção e remoção de ferro e manganês. Segue a adição de cal hidratada para a coagulação e adição de sulfato férrico para o processo de floculação. Na câmara de mistura rápida, existem hélices que promovem a homogeneização mecânica. A adição de polieletrólito torna os flocos mais resistentes e pesados para decantação e floculação. É realizada a filtração com cascalhos em vários tamanhos e carvão, para a retirada de odores e sabores. No final do processo é feita a adição de cal hidratada, para correção do pH, pós-cloração e fluoretação para prevenção da cárie, para seguir aos reservatórios. Nos filtros quando o depósito de lodo torna-se excessivo, o líquido dessas câmaras é drenado para o reservatório R-5, que quando atinge um determinado volume é reintroduzido no processo. No laboratório que existe nas próprias instalações da

ETA é feita a análise ininterrupta da qualidade da água que é colhida de maneira automatizada e manual. É feita a análise do nível do pH, cloro, sulfato férrico, turbidez, cor, flúor. No laboratório localizado na sede do DAE são feitas as análises físico-químicas e microbiológicas da água tratada e dos mananciais.

Já na Usina estudada, a maior parte da água utilizada no processo de geração de vapor é proveniente do caldo da cana, o que contribui para a preservação do meio ambiente. Para complementar a necessidade de água da caldeira, existe a Estação de Tratamento de Água (ETA), que capta água do Rio Promissor, que tem uma turbidez de 29-30 e sai com 0,8 NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez). Existem três bombas para captação, mas normalmente apenas uma permanece funcionando, esta com capacidade de captação de 250 m³/h.

A ETA da Usina realiza tratamento de 150m³/h de água. A água subterrânea é utilizada somente para consumo da cozinha e dos funcionários, não sendo utilizado no processo produtivo.

A água captada é acrescida de polímero e Policloreto de sulfato de alumínio de forma automatizada e estas promovem a floculação no tanque de decantação. No tanque, existe uma pá rotativa, que roda a seis ciclos por minuto, e esta auxilia na ação dos produtos floculantes. Do tanque de decantação passa ao tanque de floculação, e deste ao tanque de filtração. Para a caldeira, a água passa por processo de abrandamento (retirada de sais), pela adição de resina catiônica que retira o cálcio e o magnésio. Para a recuperação da resina, usa-se sal. A água abrandada é guardada em reservatório específico para a caldeira.

No mesmo espaço do ETA existem tanques para o preparo dos produtos usados em outros setores como a soda cáustica, sulfito, amônia, P70 (produto que retira açúcar da água) e AP9360 (optsperse, que é um produto para evitar incrustações) para a caldeira e, polímero (produto para auxiliar no processo de floculação) para o VLC (que é um sistema para retirada da fuligem dos vapores expelidos pela fornalha que aquece as caldeiras). A água abrandada proveniente da ETA precisa ser tratada com sulfito para retirada do oxigênio, que acelera o processo de oxidação do aço, soda cáustica para correção do pH e optsperse como dissolubilizante do vapor, para evitar incrustações, P70 para retirar açúcar da água,

que em contato com a soda pode cristalizar. Na ETA são colhidas amostras da água bruta, floculada, água filtrada e abrandada para análise. Para a água bruta é feita análise de pH e turbidez; para água filtrada, pH, turbidez e sílica; para a abrandada, turbidez e dureza e; para a floculada, ph.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O tratamento da água dispensado pelas ETA estudada e a ETA da Usina, como mostra o quadro 1, apresenta grandes semelhanças, visto que utilizam o método convencional de tratamento da água. As diferenças residem no volume de água tratada, já que a ETA utiliza exclusivamente a água captada, que é tratada e fornecida aos consumidores, enquanto a usina utiliza outras fontes, como a água proveniente da cana, as águas residuais, os vapores, ou seja, há um reuso que poupa a água dos mananciais, e a ETA não necessita tratar toda água consumida.

AÇÃO- PRODUTO	FUNÇÃO	ETA CIDADE SP	ETA DA USINA
Pré-cloração	Desinfecção da água, Remoção de ferro e manganês	Sim	Não
Cal Hidratada	Coagulação	Sim	Não
Coagulante		Sulfato férrico	Policloreto de Sulfato de alumínio
Homogeneização mecânica		Sim	Sim
Polímero	Auxiliar na floculação	Sim	Sim
Decantação		Sim	Sim
Cascalho	Filtração	Sim	Sim
Carvão ativado	Supressão de sabores e odores	Sim	Não
Cal Hidratada	Correção de pH	Sim	Não
Pós-cloração	Desinfecção	Sim	Não
Fluoratação	Prevenção de cárie	Sim	Não
Resina catiônica	Remoção de cálcio e magnésio (abrandamento)	Não	Sim

Quadro 1 - **Comparação entre ETA SP e a ETA da Usina**

Além dos tratamentos utilizados nas ETAs, os estudos de Zat (2009), Brito (2009), Fleury (2006), Bosco (2009), Javara (2005), Revista Alcoolbras (2005), Jornalcana (2007), Lima (2007) e ANA (2009), sugerem outros processos para o tratamento da água. Entre estes estudos temos: a aeração em cascata, a dessorção gasosa e nanofiltração, o uso da fotocatalise heterogênea com dióxido de titânio, a desinfecção por meios físicos e/ou químicos, o aquecimento solar, a osmose reversa, os polímeros de resina catiônica e os polímeros naturais.

As fontes hídricas eutrofizadas (águas com aumento da concentração de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo) favorecem a ocorrência de actinomicetos (fungos) e florações de algas e cianobactérias. Entre os diversos impactos negativos trazidos pelas florações está a emissão potencial dos compostos 2-metilisoborneol (MIB) e geosmina (GEO), os quais conferem gosto e odor de mofo e terra à água, que não são totalmente removidos pelos processos convencionais de

tratamento de água. Para a remoção poderiam ser utilizadas a aeração em cascata, dessorção gasosa e nanofiltração.

Os mecanismos do primeiro e segundo processos são: a oxidação de formas reduzidas e a dessorção de compostos voláteis e gases da água para o ar. O sistema de nanofiltração remove contaminantes da água através de retenção física imposta pelo tamanho dos poros da membrana. Para a retirada de formas de sais solúveis, ferroso (Fe^{2+}) e manganoso (Mn^{2+}), que não são retiradas por métodos convencionais de tratamento, podem ser utilizados processos de aeração, ou por meios químicos, com compostos de cloro, permanganato de potássio, o peróxido de hidrogênio, e outros. O sulfeto de hidrogênio pode ser removido pela aeração. Com o objetivo de diminuir poluentes microbiológicos e químicos e, principalmente, fornecer uma água potável livre de gosto e odor, podem ser utilizados processos de oxidação química com ozônio, a adsorção em carvão ativado, processos de biofiltração, filtração em membranas e arraste com ar ou air-stripping (ZAT 2009).

O uso da fotocatalise heterogênea com dióxido de titânio retira eficientemente a cor verdadeira, a clorofila, SVD e DQO de águas eutrofizadas (BRITO 2009). O uso dessas técnicas não seria útil nesse momento, pois as duas estações de tratamento de água dispõem de fontes de boa qualidade no momento, mas poderia vir a ser necessário lançar mão dessa técnica se houver perda de qualidade dos mananciais disponíveis.

A desinfecção poderia ser feita por meios físicos e/ou químicos. O químico mais utilizado é o cloro (Cl_2), na forma líquida ou gasosa e outros como o hipoclorito de sódio (NaClO) ou de cálcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$), o ozônio (O_3), o Dióxido de cloro (ClO_2), o Permanganato de potássio (KMnO_4), a mistura ozônio/peróxido de hidrogênio ($\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$), o íon Ferrato (FeO_4^{2-}), o ácido peracético ($\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$) e outros como por exemplo os sais de prata, os sais de cobre, os detergentes, etc. O cloro tem efeito residual, mas pode gerar trihalometanos que são cancerígenos quando usados em doses elevadas. O ozônio tem um efeito desinfetante potente, não gera subprodutos, mas não tem efeito residual e aumenta o gasto de energia elétrica em 10 a 15 vezes em relação ao cloro (FLEURY 2006; GASIL 2011).

Na usina sucroenergética, a autossuficiência energética, permitiria o uso do ozônio como meio para desinfecção e, esse produto poderia ser utilizado em outros

setores do processo produtivo, como no tratamento do caldo de cana, para desinfecção e clareamento do caldo, no tratamento das leveduras, para desinfecção e aumento da viabilidade das leveduras, dentre outras (BOSCO 2009).

O uso de desinfecção por aquecimento solar foi estudado por Javara (2005). Segundo o estudo, existem bactérias que promovem a deposição de quantidades significativas de ferro ou enxofre na forma de limo ou substâncias mucilaginosas. Essas bactérias pertencem a uma variedade de famílias e gêneros que são importantes em tratamento de água, e especialmente incômodos em águas de resfriamento e de alimentação de caldeiras.

As bactérias da família Clamydobacteriaceae, dos gêneros Sphaerotilus e Leptothrix, dos gêneros Caulobacter, Gallionella da ordem Pseudomonadales, e outras como as dos gêneros Ferribacterium e Ferrobacillus da família Siderocapsaceae, podem causar odor fétido e obstrução de poços e sistemas de distribuição de água “emprestando” a mesma cor, gosto e odor desagradável. A grande quantidade de limo marrom produzido por estas bactérias irá conferir à água um tingimento avermelhado, um odor desagradável para consumo e torná-la assim, inadequada para uso doméstico ou industrial.

As “bactérias do enxofre” constituem um grupo que podem igualmente trazer alterações indesejáveis em reservatórios de água. Esses microorganismos causam corrosão dos canos, odor e gosto desagradável, espuma, turvações e coloração das águas. A espécie *Desulfovibrio desulfuricans*, que reduz sulfatos e outros compostos de enxofre a ácido sulfídrico, juntamente com oxidantes do enxofre do gênero *thiobacillus*, são as mais importantes bactérias no campo do tratamento de água e resíduos aquosos. Os microorganismos deste último gênero oxidam o enxofre elementar a ácido sulfúrico, fazendo com que a acidez do meio chegue a pH 1, contribuindo para a destruição de tubulações de concreto e corrosão de metais.

O aquecimento solar a temperatura da água acima de 46°C, é possível remover vírus e 100 % de coliformes totais em período de aproximadamente 4 horas, o que diminuiria os problemas indesejados, que essas bactérias promovem na água. Segundo Javara (2005), na pesquisa sobre desinfecção por aquecimento solar, utilizou o coletor solar como meio para obtenção do aumento da temperatura da água. No caso da usina, o meio mais disponível de calor seria o vapor ou mesmo

a vinhaça, que na usina está sendo lançado bem próximo à ETA e esta poderia fornecer o calor necessário para o aquecimento a esses níveis relatados.

A necessidade de um melhor tratamento das águas de caldeiras, principalmente as de alta pressão para a co-geração de energia, é citado por vários autores e, estes relacionam o tratamento ao uso de resinas catiônicas e o uso de membranas de osmose reversa (REVISTA ALCOOLBRAS 2005; JORNALCANA 2007; LIMA 2007; ANA 2009). A osmose reversa que se baseia no fenômeno natural de osmose, ou seja, na passagem de um solvente (água), através de uma membrana semipermeável, de uma solução diluída para uma mais concentrada e, onde se consegue a produção de água ultrapura, com o inconveniente de produzir um efluente (o concentrado) que é descartado (ANA 2009). As resinas já são amplamente utilizadas na usina, mas as membranas, pelo alto custo inicial, são pouco utilizadas, apesar do potencial de purificação da água (ANA 2009; REVISTA ALCOOLBRAS 2005). O uso das membranas antecedido do tratamento convencional seria interessante no tratamento para consumo nas cidades, para uma água de melhor qualidade.

Entre os coagulantes mais utilizados no tratamento da água temos: Sulfato de Alumínio, sulfato férrico, hidroxicloreto de alumínio e cloreto férrico. Entre os polímeros sintéticos temos: sílica ativada, polieletrólitos, acrilamida, epicloroedrin. Entre os polímeros naturais: amido (batata, mandioca e milho), taninos como a moringa Oleífera e a Acácia Negra, Quitosana, extrato de Cactos e da Babosa, o Quiabo, na forma de mucilagem extraída da vagem (baba de quiabo) ou na forma de solução feita a partir do pó seco da vagem pulverizada, a Mutamba ou “Chico magro” usada na forma de solução de casca, do caule e do fruto, cacau na forma e solução do pó da casca.

Os polímeros sintéticos podem ser contaminados no processo de produção ou gerar subprodutos que podem trazer riscos à saúde. O polímero natural do quiabo amplia a eficiência da sedimentação, da flotação e da filtração, tornando os flocos mais resistentes às forças de cisalhamento, e com maior velocidade de sedimentação ou de flotação e maior aderência no meio filtrante, com possibilidade de melhoria da qualidade da água, principalmente em unidades de tratamento que operam sobrecarregadas. O quiabo como polímero tem bom desempenho e pode

ser produzido a partir do fruto maduro que é rejeitado (secagem, trituração e pulverização) e pode ser utilizado em conjunto com coagulantes metálicos de alumínio e ferro, melhorando a eficiência da floculação, sedimentação, filtração e desinfecção e quando usado com o sulfato de alumínio reduzir a dosagem do coagulante, com conseqüente redução da concentração residual deste metal que pode ser nocivo ao sistema nervoso (LIMA 2007).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As estações de tratamento de água tanto de consumo da cidade estudada, como de uso industrial, como da Usina, utilizam o sistema convencional de tratamento de água, por isso as semelhanças no processo são muito grandes. A diferença está muito relacionada às necessidades individuais finais de cada processo.

O processo de tratamento para uso doméstico está muito voltado à parte bacteriológica e o de uso industrial está relacionado à retirada de impurezas e sais, que podem danificar os maquinários. Segundo os responsáveis técnicos, a estação no passado fazia uso do sulfato de alumínio para a floculação, mas por causa da possível toxidez do resíduo que o produto deixava na água, foi substituído pelo sulfato férrico, que os tem deixado satisfeitos com os resultados. Por outro lado, na usina, já foi utilizado o sulfato férrico, mas os resultados teriam sido melhores com o uso do sulfato de alumínio, que é utilizado até hoje.

O presente estudo mostrou que devido às semelhanças e especificidades, as técnicas utilizadas na ETA pouco podem contribuir na melhoria da ETA da usina, porém o uso do ozônio no processo de desinfecção da água mostrou-se interessante, pela possibilidade do uso também em outros setores do processo produtivo, com outras finalidades.

REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional De Águas. Ministério do Meio Ambiente. **Manual de conservação e reuso de água na agroindústria sucroenergética**. Agência Nacional de Águas; Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. União da Indústria da Cana-de-Açúcar; Centro de Tecnologia Canavieira. Brasília. 290p. 2009.

BOSCO, F.. **Eficiência energética**. Rev. Alcoolbrás, Ed. 123, 2009. Disponível em <http://www.editoravalete.com.br/site_alcoolbras/edicoes/ed_123/mc_1.html>. Acesso em 20 de julho de 2011.

BRITO, D. F.. **Avaliação da Fotocatálise Heterogênea na remoção de material orgânico de águas eutrofizadas**. 2009. 77p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Centro de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual da Paraíba, 2009.

CLEALCO. **Material institucional**. Disponível em <<http://www.clealco.com.br>>. Acesso em 11 de julho de 2011.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em 28 de julho de 2011.

DAE JUNDIAÍ - Departamento de Água e Esgoto de Jundiaí. **Material institucional**. Disponível em <<http://www.daejundiai.com.br>>. Acesso em 25 de março de 2011.

FLEURY, G. C. E.. **Inativação bacteriana da água por meio da desinfecção solar**. 2006. 117p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.

GASIL. **Aplicação do ozônio no tratamento do caldo**. Disponível em <<http://www.silton.com.br>>. Acesso em 25 de julho de 2011.

GIL, A. C. **Técnicas de pesquisa em economia e elaboração de monografias**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002

GROPELO, M.. **Águas de Jundiaí**. Material institucional do DAE Jundiaí, Jundiaí, SP, 2003.

JAVARA, M. A. G.. **Desinfecção da água utilizando aquecimento solar**. 2005. 68p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

JORNALCANA. **Qualidade é fundamental no tratamento de água para caldeiras**. Jan, 2007. Disponível em <www.jornalcana.com.br/pdf/157/%5Cacaosocial.pdf>. Acesso em 11 de junho de 2011.

LIMA, G. J. A.. **Uso de polímero natural do quiabo como auxiliar de floculação e filtração em tratamento de água e esgoto**. 2007. 154p. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

LOURENÇO, L.. **Mais da metade dos municípios pode ficar sem água em 2015**. Disponível em <<http://agenciabrasil.ebc.com.br>>. Acesso em 26 de março de 2011.

LUZ, C.. **Gerenciamento adequado de água nas usinas sucroalcooleiras permite economia dos recursos minerais e energéticos e até renda extra**.

Disponível em <<http://sanambiental.blogspot.com>>. Acesso em 27 de março de 2011.

MELLO, D.. **Uso racional da água pode ser vantagem competitiva para produtos brasileiros, afirma especialista**. Disponível em <<http://agenciabrasil.ebc.com.br>>. Acesso em 26 de março de 2011.

REVISTA ALCOOLBRAS. **A fonte pode secar**. 2005. Revista Alcoolbras, Edição 98, Nov/dez 2005. Disponível em <http://www.editoravalete.com.br/site_alcoolbras/edicoes/Ed_98/Ed_98b.html>. Acesso em 10 de abril de 2011.

SOARES, J. J.. **Metodologia do trabalho científico**. Disponível em <http://www.jjsoares.com/media/download/Pesquisa%20Cientifica_novo.doc>. Acesso em 28 de julho de 2011.

ZAT, M.. **Remoção de odoríferos de águas de abastecimento através de processos de aeração, dessorção gasosa e nanofiltração**. 2009. 93p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.