

Conservação de água na indústria

WATER CONSERVATION IN INDUSTRY

Márcia Viana Lisboa Martins
Oscar Armando Maldonado Astorga
José Luz Silveira
Departamento de Energia da Universidade Estadual Paulista (UNESP)

RESUMO

A iminente escassez da água, aliada a cobrança pela captação e liberação do efluente na bacia hidrográfica, previstas na Lei no 9.433/97, tem feito com que as indústrias adotem estratégias de gerenciamento do uso da água. A conservação da água passa ser então uma ferramenta indispensável para diminuir o consumo e a geração de efluentes. Neste artigo é apresentada uma metodologia de conservação da água, que pode ser estendida aos mais diversos setores industriais. A metodologia baseia-se na realização de um diagnóstico hídrico da indústria para avaliação dos parâmetros quantitativos e qualitativos da água consumida e dos efluentes gerados e identificação das perdas e desperdícios de água. A otimização do sistema hídrico é realizada a partir da verificação das possibilidades de reutilização das águas de processo, com ou sem tratamento do efluente, e da adoção de processos e/ou equipamentos tecnológicos mais eficientes. A metodologia é aplicada numa indústria de matadouro e frigorífico. Os resultados obtidos representam uma economia de água 10% no consumo de água bruta.

PALAVRAS CHAVE

Conservação de água, diagnóstico hídrico, economia de água e reuso.

ABSTRACT

The shortage of water supplies, added to the costs of water supplies sources and disposal of effluents in the water basins, according to the law no 9.433/97, has caused the industries to adopt water use management strategies. The water conservation became an indispensable tool in order to reduce the water consume and the effluent generation. This paper presents a procedure of water conservation, which can be applied in several water consumptions industries. The procedure is based on water diagnosis of industry for evaluated the parameters of quality and quantity of the water demand and the effluent generation and will also identify the misuse of water. After water

diagnosis it is evaluated ways to more efficient water use. The water system optimization is getting checking the wastewater reuse possibilities and adopt of the processes and/or of the equipment more efficient. The procedure is illustrated with a case study based on red met abattoir industry. The results obtained represent a 10% saving of fresh water.

KEYWORDS

Water conservation, water diagnosis, reuse and saving water.

INTRODUÇÃO

A disponibilidade hídrica do planeta vem diminuindo acentuadamente devido ao aumento excessivo do consumo de água e da poluição dos corpos d'água. Isto tem levado as indústrias a adotarem estratégias de gerenciamento dos recursos hídricos. A cobrança pelo uso da água e pelo descarte do efluente nas bacias hidrográficas, instituída através da Lei 9.433/97, são fatores que também contribuem para as indústrias investirem em programas de conservação da água.

As indústrias, segundo World Water Vision (2000), são responsáveis por cerca 20% do consumo mundial de água. Desta forma, a conservação da água torna-se uma ferramenta indispensável para reduzir de modo sistemático o consumo de água e a geração de efluentes, e adequar as indústrias a realidade de escassez hídrica.

No Brasil, a Agência Nacional de Águas - ANA - tem promovido uma série de ações que visam incentivar o desenvolvimento de ações que preconizam a conservação e racionalização de uso da água. Em 2004, a FIESP, com o apoio da ANA, lançou um Manual de Orientações para o Setor Industrial para a implantação de programas de Conservação e Reuso de Água.

Este artigo tem como objetivo contribuir para o avanço da metodologia de conservação de água na indústria. Com esta finalidade é proposto neste artigo que as medidas de otimização dos processos e/ou a substituição dos equipamentos por equipamentos

hidricamente mais eficientes sejam analisadas após a verificação das possibilidades de reuso, ao contrário do que é recomendado pela FIESP (2004). Isto se justifica principalmente quando ocorrem modificações significativas na forma de operar e/ou quando há a necessidade de substituição dos equipamentos por outros que consomem menos água. Nestes casos os custos podem ser muito elevados tornando a conservação de água pouco atraente do ponto de vista econômico e, conseqüentemente de difícil aceitação pelos responsáveis da indústria. Um estudo de caso da aplicação desta metodologia é apresentado para uma indústria de matadouro e frigorífico.

METODOLOGIA DE CONSERVAÇÃO DO USO DE ÁGUA

A metodologia de conservação da água é desenvolvida conforme o fluxograma da Fig. 1.



Figura 1 - Fluxograma do plano de conservação do uso da água

Inicialmente deve ser formada uma equipe de trabalho capaz de identificar as oportunidades de racionalização e reuso da água, estudá-las, implementá-las. Ressalta-se que o apoio da gerência da indústria é primordial para o sucesso do programa.

O cronograma de atividades consta das seguintes fases:

- Levantamento Hídrico;
- Diagnóstico Hídrico;
- Plano de Racionalização;
- Estudo de Viabilidade técnica, Econômica e Ambiental;
- Gestão e Monitoramento.

LEVANTAMENTO HÍDRICO

O levantamento hídrico se constitui do levantamento de dados e informações do sistema hídrico e demais

atividades que estejam relacionadas direta ou indiretamente com o uso da água na indústria. Entretanto nem sempre todas as informações estão disponíveis ou mesmo existem e, ainda, dependendo da qualidade e abrangência destas informações, não é possível caracterizar o sistema hídrico. Portanto, é necessário um levantamento de campo para checar os dados obtidos e para aquisição de novos dados. Uma primeira avaliação do uso e do custo da água na indústria é obtida no levantamento hídrico.

LEVANTAMENTO DE DADOS

O levantamento de dados consiste na obtenção das informações existentes sobre o sistema hídrico da indústria, tais como: Projeto Arquitetônico e "layout" de disposição dos equipamentos; Projeto de Sistemas Prediais Hidráulicos, Elétricos, Produção de vapor, Refrigeração; Projetos e especificações técnicas de equipamentos, sistemas e processos específicos; Fluxogramas de processos; Manuais de operação e rotinas operacionais; Leituras de hidrômetros; Contas de água e energia; Análises de parâmetros de qualidade de água; Projeto e Manual de operação e Planilhas de custos operacionais do Sistema de Tratamento e Abastecimento de Água e do Sistema de Tratamento de Esgoto; Rotinas e custos de manutenção preventiva/corretiva; Planilhas de custos e quantidades utilizadas de produtos químicos; Relatório de Controle Ambiental e o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais; Certificados de outorga; Legislação vigente.

LEVANTAMENTO DE CAMPO

Finalizado o levantamento de informações relacionadas direta ou indiretamente com o uso da água na indústria deve-se proceder ao levantamento de informações de campo, o qual deve ser acompanhado por pessoal especializado da indústria.

A verificação do consumo e da qualidade da água nem sempre é uma tarefa fácil de ser realizada, pois a planta industrial geralmente é bastante complexa. Portanto, é necessário identificar o consumo de água por setores que possuam os parâmetros de consumo e de qualidade de água característicos. Isto é possível a partir do momento que se conhece a rede hidráulica, os processos envolvidos, os equipamentos utilizados, assim como as características do setor de utilidades (vapor, refrigeração). A setorização da planta industrial possibilita identificar os pontos mais importantes para a realização de medição e monitoramento do consu-

mo de água. O monitoramento do consumo de água é necessário, pois permite a avaliação mais detalhada da demanda de água e facilita a identificação de perdas de água internas, que são difíceis e demoradas de identificar.

DIAGNÓSTICO HÍDRICO

Com base nas informações obtidas e nos dados coletados será realizado um exame crítico de como a água é utilizada na indústria e quais são as intervenções necessárias para eliminar e/ou reduzir as perdas, racionalizar o consumo e minimizar a geração de efluentes.

No diagnóstico hídrico devem ser avaliadas as perdas físicas devidas a vazamentos em tubulações, registros, etc. As perdas que são mais difíceis de detectar tais como as perdas internas devem ser avaliadas a partir dos resultados obtidos com o monitoramento do consumo de água. O desperdício de água também deve ser avaliado e este ocorre principalmente devido a atitudes displicentes dos funcionários como o não ou mau fechamento de torneiras. Medidas para reduzir ou diminuir as perdas e os desperdícios, em geral, requerem pequenos investimentos e apresentam resultados significativos, cerca de 13% segundo dados apresentados pela FIESP (2004).

A pressão na rede hidráulica também deve ser avaliada, pois pressões muito elevadas podem acarretar em defeitos nos dispositivos de controle de água e aumento da demanda. Segundo dados apresentados pela FIESP (2004), uma redução de pressão de 30 mca para 17 mca pode resultar em economia de aproximadamente 30% do consumo de água.

Com base nos dados coletados deve ser elaborado um balanço hídrico mostrando as principais operações onde a água é utilizada e onde o efluente, contaminado ou não, é produzido. Juntamente deve ser elaborado um balanço de massa apresentando o limite máximo de concentração de substâncias que são permitidas na água de consumo, assim como o limite máximo de concentração das substâncias lançadas no efluente. Estes limites geralmente são difíceis de serem obtidos e requerem para isto a participação de pessoal especializado e do pessoal da indústria. LRDEC (1999) sugere que estes limites possam ser obtidos através de experiências de tentativas e erros. Encontrar estes limites para várias substâncias pode ser uma atividade bastante onerosa. Por isto deve-se tentar agrupar estas substâncias num único parâmetro crítico

que represente, com segurança, um grupo. Por exemplo, a medida da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), pode ser utilizada para representar as substâncias orgânicas. Esta simplificação contribui para a diminuir a complexidade da rede hídrica industrial.

Com base nos parâmetros de quantidade e qualidade apresentados no balanço hídrico e de massa serão avaliadas as possibilidades de reuso da água.

É interessante também determinar os índices de consumo de água por unidade, que posteriormente indicarão a eficiência das medidas de racionalização e conservação da água implantada. Como exemplo, pode-se ter o índice de consumo de água por unidade fabricada.

PLANO DE RACIONALIZAÇÃO

O plano de racionalização envolve o estudo das ações que devem ser realizadas para minimizar o consumo e a geração de efluentes, assim como onde, quando e como estas ações devem ser realizadas. Para isto é importante o estabelecimento de metas de consumos de água.

O reuso é a principal ferramenta de racionalização. As possibilidades de reuso da água são avaliadas em função da quantidade e da qualidade de água requerida num processo e da quantidade e qualidade do efluente disponível para reuso. Estas informações devem estar apresentadas no balanço hídrico e de massa.

As principais formas de reuso é o reuso em cascata e o reuso após tratamento.

O reuso em cascata é reuso do efluente de um processo diretamente no processo seguinte. Isto é possível desde que as características do efluente sejam compatíveis com a qualidade da água requerida no processo seguinte.

O reuso após tratamento ocorre quando o efluente, após tratamento, é encaminhado para o local de reuso. O tratamento pode ser parcial ou total. Muitas vezes um tratamento parcial das águas é suficiente para atender a qualidade da água requerida em um outro processo, como por exemplo, a adequação de pH.

Ressalta-se que a possibilidade de reuso em cascata deve ser avaliada antes do reuso após tratamento. Desta forma diminui-se o consumo o consumo e a produção de efluente, além de ser mais fácil de implantar e menos onerosa.

Paralelamente ao estudo de reuso deve ser realizado um estudo das fontes de abastecimento (da rede pública; caminhões pipa; mananciais superficiais e sub-

terrâneos) a fim de obter a água de menor custo. O aproveitamento das águas pluviais também deve ser considerado como fonte de abastecimento.

Esgotadas as possibilidades de reuso da água deve-se então estudar as propostas de otimização dos processos e equipamentos. Neste caso os investimentos são altos e, por isto, é necessário que se conheça quais são os processos e/ou equipamentos que têm maior consumo de água, de forma a viabilizar economicamente o projeto. Estas propostas envolvem a automatização, alteração dos processos e/ou substituição dos equipamentos por outros que consomem menor quantidade de água.

As várias possibilidades de racionalização do uso da água identificadas neste estudo devem servir de subsídio para a concepção de uma rede hidráulica otimizada.

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL

O Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica tem por objetivo fornecer os subsídios necessários para a escolha das alternativas formuladas no estudo de racionalização do uso da água e o planejamento das ações de implantação do mesmo. O estudo não deve levar em conta somente os aspectos técnicos e econômicos, mas também os benefícios ambientais.

GESTÃO E MONITORAMENTO

A gestão dos recursos hídricos na indústria deve ser permanente e envolve a criação de campanha com palestras visando à conscientização para uso correto da água e evitar desperdícios. Também é sugerida a elaboração de um Padrão Mínimo de Conduta sobre o uso racional da água.

A execução do plano de racionalização deve ser acompanhada de um monitoramento das ações executadas com a finalidade de avaliar a eficácia das soluções propostas e promover a atualização do diagnóstico hídrico e, assim, verificar novas oportunidades de racionalização do uso da água, conforme mostrado no fluxograma da Figura 1.

ESTUDO DE CASO

O Matadouro e Frigorífico tem capacidade instalada de abate de 400 bovinos por dia. Entretanto, devido a planejamento interno, o abate ocorre nas segundas e quintas-feiras, consistindo de um ciclo de 3 dias. O primeiro dia é para o abate e os dois dias seguintes

são para preparação, corte e empacotamento. A quantidade de bois abatida é 800 bois por cada ciclo.

A água consumida no processo industrial, 480 m³/dia, é captada no rio Sapucaí e passa por tratamento convencional para a sua potabilização. São captadas, no mesmo manancial, mais 520 m³/dia, para ser utilizada "in natura" na lavagem dos currais. O refeitório e os sanitários são abastecidos pela rede da companhia de saneamento, aproximadamente 13 m³/dia.

Os efluentes líquidos industriais, 950 m³/dia, são coletados e tratados na Estação de Tratamento de Esgotos composta por Reatores Anaeróbios - ETERA. A concentração média de carga orgânica (DBO) do esgoto na entrada da ETERA é 5.380 mg/l e após o tratamento é de 685 mg/l em média. Os esgotos sanitários possuem sistema independente para tratamento, composto por fossa séptica e filtro anaeróbio. Os efluentes resultantes das estações de tratamento são lançados no rio Sapucaí.

O sistema de geração de vapor é constituído por uma caldeira flamotubular com capacidade de 6.000 kg de vapor por dia e utiliza o combustível a lenha, 12 m³ por dia. O vapor gerado é utilizado de forma direta no cozimento dos restos bovinos, na lavagem de carne, salas de manuseio e equipamentos.

O sistema de refrigeração utiliza o gás refrigerante a amônia (R717) e tem capacidade frigorífica de

SISTEMA DE TRATAMENTO E ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL

O tratamento da água captado no rio Sapucaí é realizado numa Estação Compacta de Tratamento de Água -ETA, com capacidade de 50 m³/h. A estação de recalque de água bruta (EE1) é composta por 2 conjuntos motos-bombas instalados em paralelo, com potência de 7,5 cv. Atualmente são bombeados cerca de 58 m³/h de água do rio Sapucaí para a ETA durante o período médio de 16 horas. Este valor revela que a ETA está operando 12% acima de sua capacidade, podendo comprometer a qualidade da água potável produzida.

Foi verificado durante o levantamento de campo que o Sistema de Tratamento e Abastecimento de Água Potável encontra-se em condições deficientes de manutenção, resultando em 0,4 m³/h de fugas de água pelos registros.

O sistema de floculação e decantação, denominado Floco-decantador, é realizado por um vaso de corpo cilíndrico trabalhando sob pressão, com taxa de

decantação de 12,0 m³/h/m². Nesta fase do tratamento ocorre a separação do material particulado e flocos, proporcionando a clarificação. O material retido no Floco-decantador é descartado continuamente resultando numa perda de 2,5 m³/h (5% da vazão de operação). Segundo Richter (2001), a DBO do lodo de ETA varia entre 30-300 mg/l.

O Sistema de Filtração é composto por um filtro de areia de dupla ação, trabalhando sob pressão com uma taxa de filtração ascendente de 17,6 m³/h/m² e taxa de filtração descendente de 4,4 m³/h/m². A medida que o filtro vai se colmatando, a pressão de entrada eleva-se. Quando atingir a 0,3 kg/cm², além da pressão normal de operação, efetua-se a limpeza dos filtros. Isto ocorre de duas a três vezes ao dia, dependendo da qualidade do efluente, e consomem, em média, 40 m³ de água por dia.

Finalizado o tratamento a água é armazenada no reservatório inferior (R1), com capacidade de 450 m³. Em seguida a água é recalçada (EE2) por dois conjuntos moto-bomba, com potência de 25 cv e vazão de 50 m³/h para 3 reservatórios superiores (R2), com capacidade de 90, 200 e 70 m³, onde é distribuída por gravidade para utilização nos processos industriais.

Apresenta-se na Figura 03 o fluxograma do balanço hídrico do sistema de tratamento e abastecimento de água potável.

congelamento de 283.000 kcal/h. A demanda de água nos sistema de refrigeração é de 23 m³/s.

O balanço hídrico resultante das principais atividades desenvolvidas no Matadouro e Frigorífico é apresentado na Fig. 2.

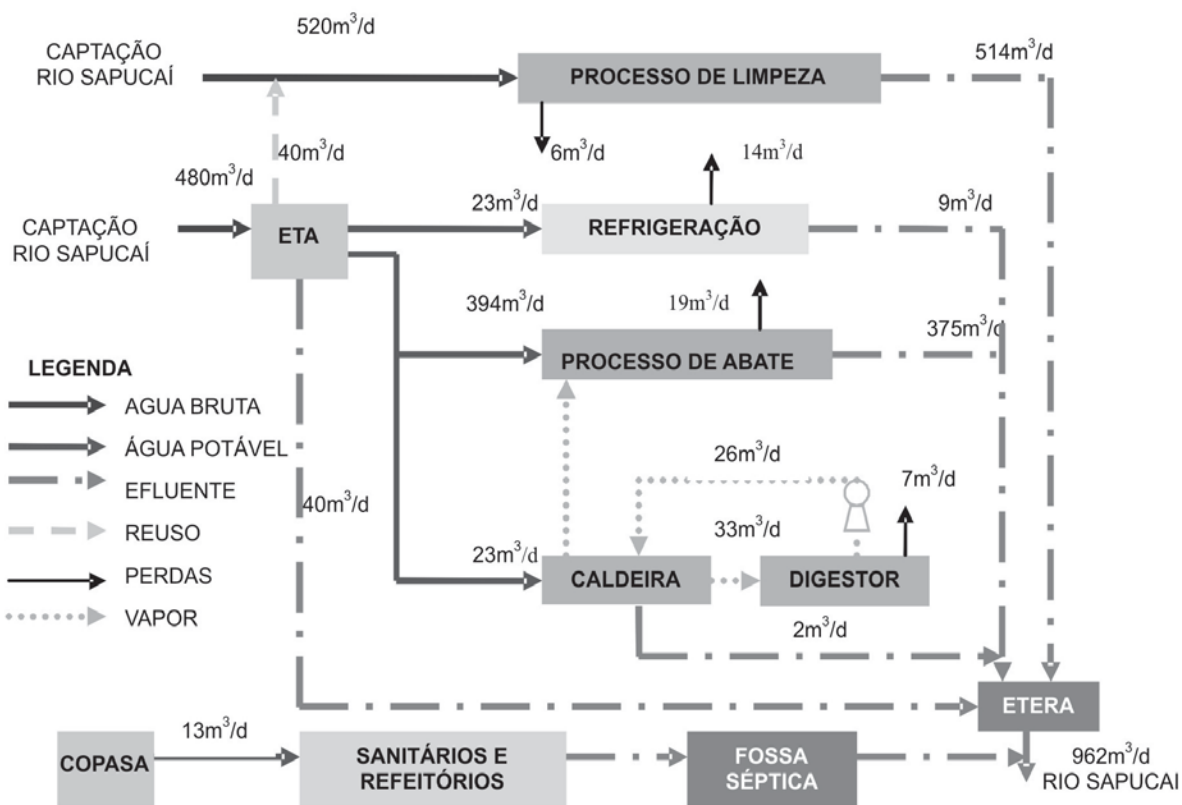


Figura 2 - Fluxograma do Balanço Hídrico

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA BRUTA

Nos currais a água utilizada é bombeada diretamente, sem tratamento, do rio Sapucaí para os bebedouros de nível constante e para lavagem do piso, sendo distribuída por encanamento aéreo, com pressão mínima de 3 atm e mangueiras de engate rápido,

para seu emprego.

O consumo médio de água por animal é de 150 litros por dia e mais 100 litros por metro quadrado para limpeza do piso, segundo dados obtidos do Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (1952). Considerando que a

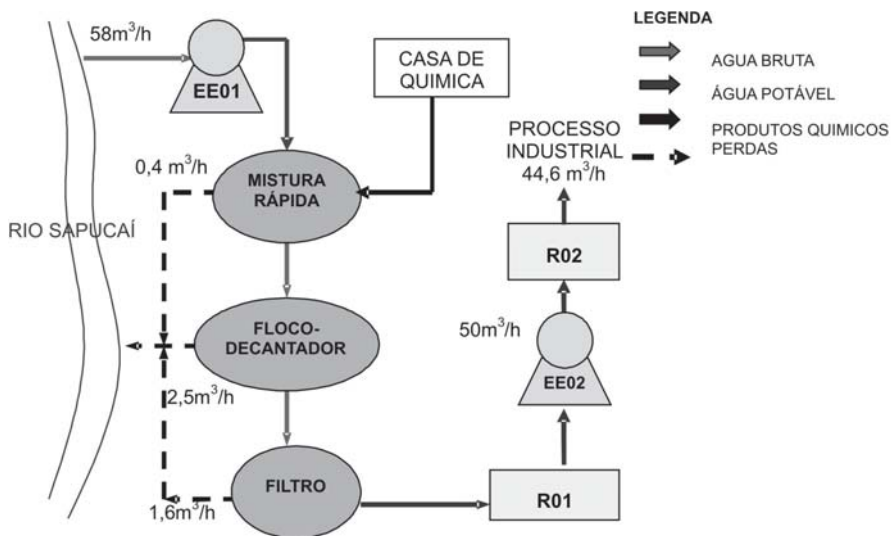


Figura 3 - Balanço Hídrico do Sistema de Tratamento de Água

média de bois abatidos é 800 e a área do curral é 2.171,0 m² o consumo médio é de 337 m³/d. São utilizados mais 182,9 m³ de água por dia para a limpeza de caminhões, resultando no total de 520m³ por dia.

Ressalta-se que a remoção dos detritos é procedida por raspagem do piso com o recolhimento e transporte do material para locais adequados, situados à distância. Este procedimento de limpeza a seco visa a economia de água.

A qualidade das águas da bacia do rio Sapucaí é monitorada pelo IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas e os resultados do monitoramento realizado entre o período de 1998 a 2003 apresentam uma DBO média de 3,37 mg/l, tendo atingido o valor máximo de 20mg/l em 21/10/1997. Por outro lado, no Good Practice Guide - GG234 (2000), recomenda-se o aproveitamento de águas "limpas" de outros processos na lavagem primária das áreas de curral. Isto se aplica no caso do matadouro em estudo, pois o reúso em cascata do efluente da ETA no sistema de limpeza dos currais e caminhões é viável. As características da água requerida no curral é similar a do efluente da ETA.

RESULTADOS

Uma economia imediata de água é obtida com a eliminação de vazamentos nos registros do misturador hidráulico da ETA, com isto ocorre uma economia de aproximadamente 10 m³ de água por dia, que corresponde a 2% do consumo de água potável.

A água descartada pelo Flocó-decantador pode ser

reutilizada nos currais, pois a qualidade do efluente da ETA é compatível com a qualidade da água requerida nos currais. O aproveitamento de 40 m³ por dia do efluente da ETA reduz o consumo de água dos currais em 8%. Os investimentos para adoção do reúso envolvem apenas a construção de rede hidráulica entre a ETA o curral, pois a pressão que a água sai do Flocó-decantador é suficiente para elevar a água até o ponto de consumo. O custo aproximado desta modificação é de aproximadamente R\$2.000,00.

Uma outra solução para diminuir o efluente proveniente da ETA seria a substituição da Estação de Tratamento Compacta por outra mais eficiente, onde o descarte do lodo não fosse contínuo. Entretanto esta solução implica em maior investimento não sendo atrativo do ponto de vista econômico. Conforme dados fornecidos pela empresa FILTRÁGUA - Equipamentos para Tratamento de Água Ltda o custo de uma ETA compacta com capacidade de 50 m³/h é de R\$60.000 (sessenta mil reais).

CONCLUSÕES

Os resultados apresentados mostram que uma economia de 2% de água pode ser obtida com a manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos da ETA. O reúso de água do efluente da ETA, cerca de 40 m³/d, no sistema de lavagem dos currais implica numa redução da demanda de água e do efluente do sistema "in natura" de aproximadamente 8%. A substituição da ETA compacta por uma ETA mais eficiente implica em grandes investimentos, o que demonstra que

a substituição de equipamentos deve ser colocada em última análise. Neste caso a substituição do equipamento só se justificaria pela preocupação com a qualidade da água produzida.

REFERÊNCIAS

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Conservação e Reuso de Água: Manual de Orientações para o setor industrial*. São Paulo: FIESP, 2004.

Good Practice Guide - GG234. Reducing Water and Effluent Costs in Red Meat Abattoirs. Environmental Technology Best Practice Programme. First printed August 2000.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Relatório Monitoramento das Águas Superficiais na Bacia do Rio Grande. [S.l.]: IGAM, 2002.

LABORATORIE DE RECHERCHE EM DIVERSIFICATION ÉNERGÉTIQUE - CANMET . Reduction de la

consommation d'eau des procédés industriels en utilisant l'intégration des procédés. In: CONFÉRENCE ANNUELLE DE L'ASSOCIATION QUÉBÉCOISE DE LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE.

New México (State). Office of the state enginner. A water conservation guide for commercial, institutional and industrial uses.

RICHTER, C.A. 2001. *Tratamento de lodo de estação de tratamento de água*. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

RIO DE JANEIRO (Estado). Ministério da agricultura. Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Rio de Janeiro: ministério da agricultura, 1952.

WORLD WATERCOUNCIL. World Water Vision: make water everybody's business. [S.l.]: Earthscan Publications, 2000. (Texto técnico)