

Remoção da Matéria Orgânica de Efluente Doméstico por Reator Anaeróbio Preenchido com Coco Verde

Organic Matter Removing Through an Anaerobic Reactor Filled Up With Coco Nuts

Luana Mattos de Oliveira Cruz*

Doutoranda e Mestre em Saneamento e Ambiente pela Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - UNICAMP

Adriano Luiz Tonetti

Doutor em Saneamento e Ambiente pela Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - UNICAMP

Bruno Coraucci Filho

Professor Titular da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - UNICAMP

Daniele Tonon

Doutoranda em Saneamento e Ambiente pela Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - UNICAMP

Ronaldo Stefanutti

Professor Adjunto do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará - UFC

*Endereço: * Rua Alice de Oliveira, 150 apto. 14 Campinas – SP
CEP: 13042-080. Telefone: 19 – 3271 - 4113. E-mail: luana_unicamp@yahoo.com.br*

RESUMO

O desenvolvimento de sistemas de tratamento de esgoto, eficientes e adaptáveis às condições econômicas e estruturais de uma região seria uma opção para diminuir os problemas de saúde pública e do meio ambiente. Frente a esta situação, o objetivo deste trabalho foi estudar a etapa inicial de um sistema de tratamento de esgoto doméstico mais indicado para pequenas comunidades. Avaliou-se a remoção do material orgânico por um filtro anaeróbio com fluxo ascendente e preenchido com cascas de coco verde (*Cocos nucifera*). O tempo de detenção hidráulico (TDH) estudado foi de 9 horas. A remoção da matéria orgânica foi verificada através da demanda química e bioquímica de oxigênio (DQO e DBO). As análises laboratoriais foram realizadas conforme recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2005). Os filtros anaeróbios removeram em torno de 64% do material orgânico.

PALAVRAS-CHAVE: baixo custo; esgoto doméstico; pequenas comunidades; tratamento.

ABSTRACT

The development of efficient wastewater treatment systems, which are also suitable for the economic and structural conditions of a village, would be an option to de-

crease health and environmental problems. For this reason, the aim of this investigation was to study the first part of a wastewater treatment system for small villages. The organic material removed by an up flow anaerobic reactor filled with coco nuts (*Cocos nucifera*) was evaluated. Hydraulic retention time (HRT) studied was 9 hours. Organic material removing was evaluated through Chemical and Biochemical Oxygen Demand (COD and BOD). Analyses were done according to Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2005). Anaerobic reactors removed around 64% of the organic material.

KEYWORDS: low cost; sewage; villages; treatment.

INTRODUÇÃO

A água, como recurso hídrico, só mais recentemente vem sendo vista, ainda que não por todos, como um recurso finito e vulnerável. Atualmente, quase metade da população mundial já enfrenta problemas de escassez de água. Esta problemática pode representar um obstáculo ao crescimento e desenvolvimento das cidades e à qualidade de vida. Por essa razão, providências devem ser tomadas no sentido de minimizar o problema da escassez tornando-se necessário o estudo de técnicas, principalmente adequadas a pequenas comunidades que não tenham recursos suficientes para utilizarem sistemas com alta tecnologia.

Alguns sistemas de tratamento de esgotos são eficientes, necessitam de pouca manutenção e sua operação é simplificada, o que torna possível, sua implantação em pequenas localidades ou até mesmo em áreas rurais, garantindo sustentabilidade econômica e ambiental de grupos sociais menos favorecidos.

Pesquisas têm sido direcionadas para o tratamento de esgotos com uso de reatores anaeróbios (PROSAB, 2007) preenchidos com diversos materiais, a fim de encontrar opções de baixo custo para o meio suporte dos microrganismos (CRUZ, 2009). Os filtros anaeróbios são considerados de baixo custo de instalação, manutenção e operação. Consomem energia elétrica apenas para as operações de bombeamento, quando necessário, sendo assim indicados, também, para locais que não dispõem de energia elétrica. Entre as vantagens do sistema, destaca-se que estes produzem pequena quantidade de lodo (CHERNICHARO, 2007).

Apesar destas vantagens, o sistema anaeróbio deve ser visto como uma primeira etapa do processo, uma vez que não produz efluente adequado aos padrões legais de lançamento em corpos hídricos, sendo necessário um pós-tratamento que complete a remoção da matéria orgânica, dos nutrientes e de organismos patogênicos.

artigos técnicos

Entre as possibilidades de meio suporte para o desenvolvimento dos microrganismos em reatores, a casca do coco verde (*Cocos nucifera*) pode ser uma alternativa adequada. Portanto, devido a sua alta disponibilidade e valor econômico, aliados às características da fibra do coco, como a grande resistência à degradação, confirmam o potencial para seu uso como enchimento de reatores anaeróbios (CRUZ, 2009).

Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o emprego da casca de coco verde como meio suporte e a remoção da matéria orgânica por um filtro anaeróbio de fluxo ascendente, não inoculado. O tempo de detenção hidráulica (TDH) empregado no reator foi igual a 9 horas, valor inferior ao mínimo de 12 horas estipulado pela norma brasileira NBR 7229 (1993), para este tipo de tratamento. A remoção do material orgânico foi avaliada pelas medições das concentrações da demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) nas amostras de afluentes e efluentes do filtro anaeróbio, após o seu período de partida.

METODOLOGIA

Este projeto foi instalado em área de pesquisa (LABPRO - Laboratório de Protótipos) do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP, Campinas-SP.

Origem do efluente

O esgoto bruto empregado é derivado de uma região da universidade na qual circulam aproximadamente 10 mil pessoas por dia. Nesta localidade estão situados os seguintes órgãos: Hospital das Clínicas, Creche da Área de Saúde, Escola Estadual “Físico Sérgio Pereira Porto”, Almoxarifado Central, Centro de Engenharia Biomédica, Banco Banespa/Santander, Centro de Assistência Integral à Saúde da Mulher (CAISM), Gastrocentro, Hemocentro, Ambulatório de Primeiro Atendimento, Centro Integrado de Pesquisas na Infância e Centro de Saúde da Comunidade (CECOM) (TONETTI, 2008).

Aspectos construtivos

A captação da água residuária gerada era feita por uma bomba submersa (Marca Anauger, Modelo 800). Em um ponto do canal por onde escoava o esgoto, parte deste adentrava um recipiente com volume de 50 L, que continha em seu interior a bomba submersa. Esta bomba enviava o líquido, por meio de tubos de 0,016 m, até a primeira caixa de armazenamento a qual se encontrava no topo de uma torre de 4,50 m e alimentação do sistema. A partir desta, o esgoto era direcionado a uma segunda caixa, devidamente adaptada para garantir a permanência constante do nível do efluente no seu interior (manutenção da carga hidráulica no sistema de tratamento) e, em seguida, ao filtro anaeróbio. A figura 1 apresenta o esquema das caixas de armazenamento e dos filtros anaeróbios, que eram ali-



Figura 1: Esquema das caixas de armazenamento e de alimentação dos filtros anaeróbios.

mentados por gravidade.

O filtro anaeróbio foi construído em aço inox com formato cilíndrico e volume total de 500 L (figura 2). O diâmetro interno era de 0,75 m e a altura total de 1,68 m. O fundo cônico era separado da região ocupada com pedaços de cascas de coco verde por uma grade de bambu (figura 3) cujos espaços livres impediam a passagem das unidades constituintes do meio suporte e funcionavam como compartimento para a distribuição do esgoto. O fundo do reator, na parte cônica, armazenava o lodo que era formado pelo tratamento do esgoto.



Figura 2: Vista externa do filtro anaeróbio.



Figura 3: Detalhe da grade de bambu instalada no limite do cone e do cilindro do reator anaeróbio.

Após o preenchimento do reator por pedaços de cascas de coco verde, da espécie *Cocos nucifera*, uma média de $62,5\% \pm 2,4\%$ do volume total era de vazios. Para evitar a flutuação do material suporte, outra grade de bambu foi instalada na parte superior do reator, sobre a superfície do leito.

As cascas de coco verde foram cortadas em 4 partes, e após estarem secas foram colocadas no reator. A forma dos pedaços para preencher o reator está representada na figura 4.



Figura 4: Detalhe das cascas de coco verde da espécie *Cocos nucifera* utilizadas no leito do reator anaeróbio.

A operação do reator anaeróbio era por fluxo ascendente e o controle da vazão de alimentação do afluente, em cada reator, era realizado quatro vezes ao dia pela medição da vazão na saída final de cada filtro.

Iniciou-se com um tempo de detenção hidráulico nominal (TDH) de 12 horas para o surgimento e adaptação da biomassa e, depois de 2 semanas, diminuiu-se para um TDH nominal de 9 horas. Os resultados expostos neste estudo são os obtidos durante as 30 semanas posteriores ao período de partida e estabilização da biomassa do reator.

Período analítico

Os reatores anaeróbios foram operados por 50 semanas sendo que os resultados expostos são das 30 semanas posteriores ao surgimento, adaptação e completa estabilização da biomassa, que ocorreu após a vigésima semana.

Coleta das amostras e análises laboratoriais

As amostras de esgoto bruto e de efluente do filtro anaeróbio foram coletadas semanalmente. Todas as análises eram rea-lizadas imediatamente após a coleta e feitas no Laboratório de Saneamento - LABSAN - da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP, estando baseadas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA/AWWA/WEF, 2005).

Durante o período de estudo, foi avaliada a remoção de material orgânico realizada pelo filtro anaeróbio do material orgânico através da demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO). O pH e a alcalinidade também foram analisados para a caracterização das amostras e monitoramento do sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o período de 20 semanas utilizado para o surgimento, adaptação e completo equilíbrio dos microrganismos anaeróbios, a remoção da matéria orgânica pelo reator foi avaliada durante 30 semanas. Durante o período compreendido pelo experimento, a temperatura média foi de $24,5 \pm 5,4$ °C.

Caracterização das amostras

A tabela 1 apresenta os valores médios e desvio padrão dos parâmetros analisados para caracterização das amostras coletadas.

Tabela 1: Valores médios e desvio padrão do pH, alcalinidade, DQO e DBO das amostras de esgoto bruto e efluente anaeróbio.

Parâmetro/variáveis	Esgoto Bruto (EB)	Efluente anaeróbio (FC)
pH	$7,3 \pm 0,4$	$7,4 \pm 0,2$
Alcalinidade ($\text{mgCaCO}_3\text{L}^{-1}$)	$149,7 \pm 36,8$	$300,3 \pm 94,1$
DQO ($\text{mgO}_2\text{L}^{-1}$)	1128 ± 390	329 ± 185
DBO ($\text{mgO}_2\text{L}^{-1}$)	408 ± 132	77 ± 50

O valor médio do pH foi de $7,3 \pm 0,4$ para a amostra de esgoto bruto (EB) e de $7,4 \pm 0,2$ para o efluente do filtro anaeróbio (FC), ou seja, a maioria dos resultados manteve-se próximo do valor neutro de pH (figura 5). Além disso, as médias encontradas destes valores estão próximas à faixa considerada por van Haandel e Lettinga (2008) como sendo ótima para o processo anaeróbio, entre 6,7 e 7,1 e, também, por Speece (1996) o qual expõe que os reatores anaeróbios devem ser operados com o pH na faixa de 6,5 a 8,2 já que as archeas são sensíveis a pH diferentes destes.

Os valores de alcalinidade total resultaram nas médias de 149,7

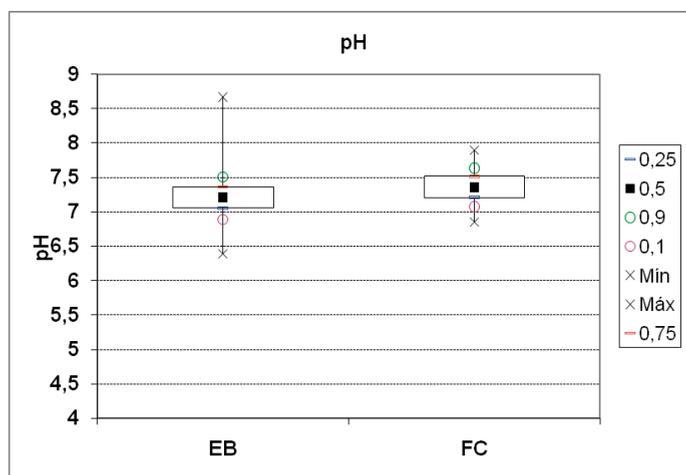


Figura 5: Valores de pH encontrados nas amostras de Esgoto Bruto (EB) e do efluente anaeróbico (FC).

$\pm 36,8 \text{ mgCaCO}_3\text{L}^{-1}$ e $300,3 \pm 94,1 \text{ mgCaCO}_3\text{L}^{-1}$, respectivamente para o EB e o FC (figura 6). É possível constatar que o afluente aplicado é típico doméstico sendo que o valor médio de sua Alcalinidade Total encontra-se na faixa de $110 \text{ mgCaCO}_3\text{L}^{-1}$ a $170 \text{ mgCaCO}_3\text{L}^{-1}$ considerada por Von Sperling (1997) como característico deste tipo de esgoto. No caso do efluente anaeróbico pôde-se perceber que a alcalinidade existente foi suficiente para manter o valor do pH na faixa neutra, ou seja, mesmo sendo produzidos ácidos, a quantidade de alcalinidade presente foi suficiente para neutralizá-los.

Avaliação da remoção do material orgânico por filtros

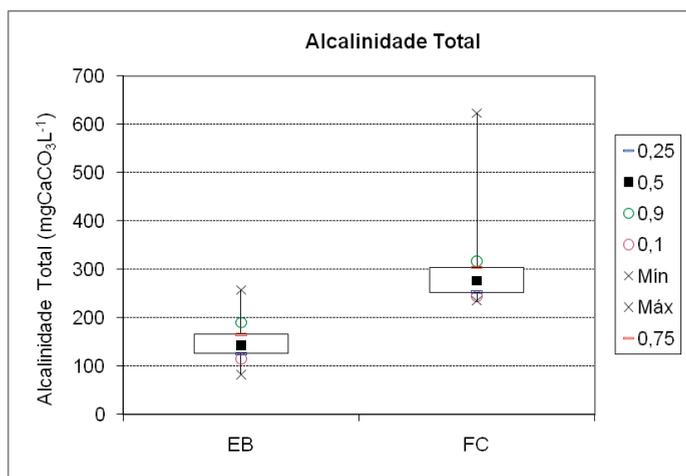


Figura 6: Valores de alcalinidade total em $\text{mgCaCO}_3\text{L}^{-1}$ encontrados nas amostras de Esgoto Bruto (EB) e do efluente anaeróbico (FC).

anaeróbios

Quanto aos valores de demanda química de oxigênio (DQO), a média encontrada para o esgoto bruto foi de $1128 \pm 390 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}$. Este dado está acima da faixa considerada como típica por von Sperling (1997), o qual estipula o mínimo de $400 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}$ e o máximo de $800 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}$ como sendo apropriadas para esgotos de origem doméstica.

Após o tratamento anaeróbico, o efluente atingiu uma DQO média de $329 \pm 185 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}$, indicando uma remoção média de $70 \% \pm 16 \%$ em relação ao esgoto bruto. Esta remoção está de acordo

com a média esperada de 60 a 70% para reatores anaeróbios (CHERNICHARO, 2007) e encontrada por outros autores como Camargo (2000) e Couto (1993) que utilizaram bambu como meio suporte, material também de fibra, para filtros anaeróbios e obtiveram remoções na faixa de 60 a 80%.

Na figura 7 são apresentadas as concentrações de DQO em $\text{mgO}_2\text{L}^{-1}$ das amostras coletadas (EB e FC) durante as semanas de estudo.

Apesar da alta porcentagem de remoção do material orgânico

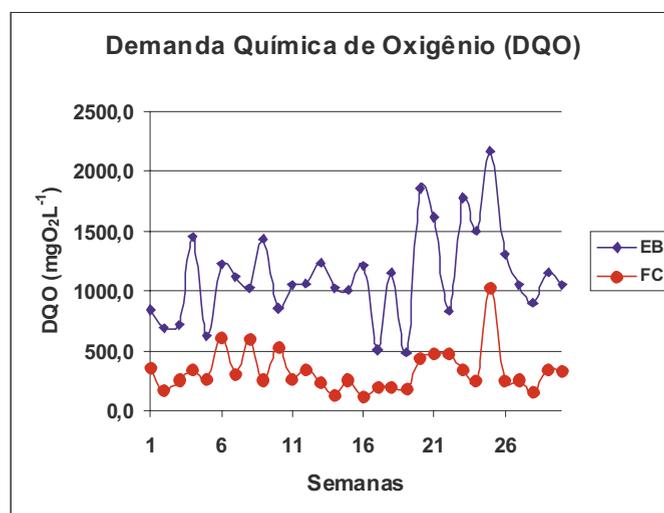


Figura 7: Concentração de Demanda Química de Oxigênio (DQO) em $\text{mgO}_2\text{L}^{-1}$ nas amostras de Esgoto Bruto (EB) e do efluente anaeróbico (FC) em função das semanas de análises.

pele reator anaeróbico, o seu efluente ainda está com a concentração de DQO acima do limite máximo permitido de $90,0 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}$ para o seu lançamento em corpos hídricos pela legislação COPAM nº 10 (1986) de Minas Gerais, sendo necessário um pós-tratamento a fim de ser obtida sua melhor qualidade (figura 8).

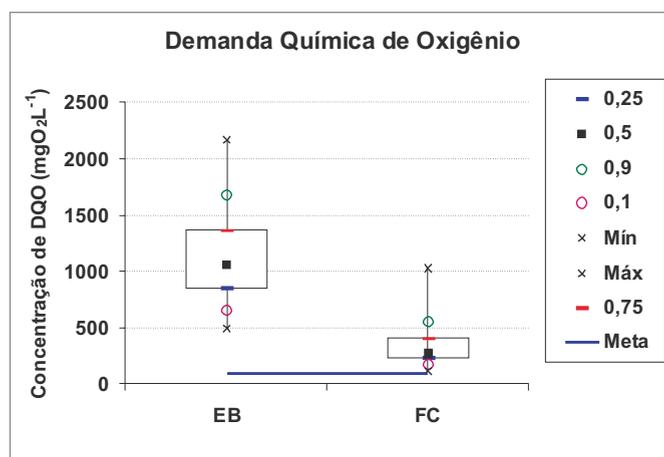


Figura 8: Valores das concentrações de Demanda Química de Oxigênio (DQO) nas amostras de Esgoto Bruto (EB) e no efluente anaeróbico (FC) e a máxima permitida pela COPAM nº10.

A concentração média da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) encontrada na amostra de esgoto bruto (EB) foi de $408 \pm 132 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}$, sendo que este valor está dentro da faixa considerada como característica para esgotos domésticos para von Sperling (1997), a qual possui os valores mínimos e máximos de 200 mgL^{-1} e 500 mgL^{-1} , respectivamente. A concentra-

ção média encontrada para o efluente anaeróbio foi de 77 ± 50 mgO₂L⁻¹. Assim a redução média foi de $81 \% \pm 38 \%$ em relação ao esgoto bruto.

Esta remoção está de acordo com a média esperada segundo o levantamento citado por Chernicharo (2007), no qual se encontrou, para uma série de filtros anaeróbios operados com tempos de detenção hidráulica variando entre 6 e 8 horas, eficiências médias de 68 a 79%, evidenciando que a utilização das cascas de coco verde como meio suporte garantem um desempenho compatível com a literatura. Na figura 9 são apresentadas as concentrações de DBO em mgO₂L⁻¹ durante o período, em semanas, de pesquisa.

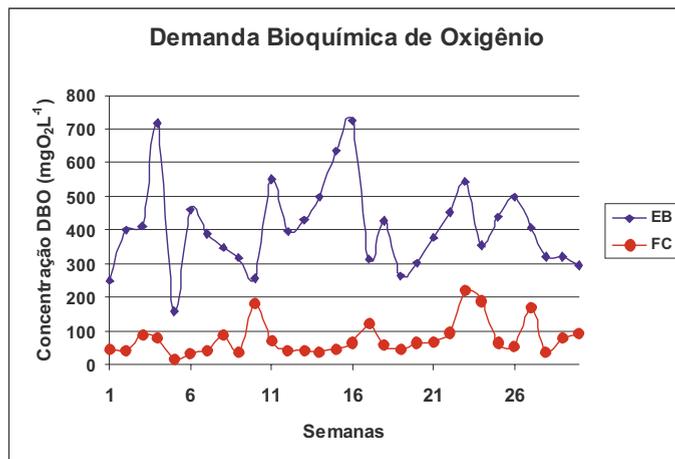


Figura 9: Concentração de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) em mgO₂L⁻¹ nas amostras de Esgoto Bruto (EB) e do efluente anaeróbio (FC) em função das semanas de análises.

O percentual de remoção está muito próximo dos padrões de lançamento estipulados pela legislação do Estado de São Paulo (DECRETO N° 8.468, 1976) a qual indica uma remoção mínima de 80% da carga poluidora em termos de DBO caso a concentração supere o valor limite máximo de 60 mgL⁻¹.

Entretanto, se for desejável uma maior redução desta concentração para atender padrões de lançamento da Resolução CONAMA N° 357/05, é possível, empregando - se um pós - tratamento simplificado, pois esta eficiência será facilmente alcançada sem que sejam necessários muitos requisitos de área, volume, energia e com baixa produção de lodo.

Destaca-se que estes resultados foram alcançados com a adoção de um tempo de detenção hidráulico de 9 horas, contrastando com a NBR 7229 (1993), que sugere no mínimo uma retenção de 12 horas para o líquido a ser tratado. Assim, reforça - se as afirmações de Além Sobrinho e Said (1991), os quais averiguaram que se poderia diminuir significativamente o tempo de detenção hidráulico sugerido pela norma brasileira, sem ocasionar perda na qualidade do efluente.

Ainda, o sistema estudado para o tratamento de efluentes domésticos atingiu valores de remoção de carga orgânica que o elegem como uma boa alternativa para o reúso agrícola, conforme a recomendação/diretrizes CETESB (2006), além da grande facilidade de se encontrar a matéria prima, bem como o baixo custo da mesma. Portanto, o filtro anaeróbio para tratamento de esgoto doméstico torna

- se viável e atrativo a comunidades agrícolas e isoladas que possam operá-lo dentro do TDH estudado.

Correlação DBO E DQO

A biodegradabilidade da matéria orgânica presente nas amostras pode ser verificada pela relação DBO/DQO. O valor médio desta relação encontrado para a amostra EB foi de 0,36, ou seja, aproximadamente 36% da matéria orgânica presente no afluente era biodegradável. No efluente anaeróbio esta média foi menor, aproximadamente 0,23, demonstrando que a matéria orgânica que saía deste filtro era menos facilmente biodegradável. Jordão e Pessoa (2005) sugerem que a relação DBO/DQO mais adequada para esgoto doméstico está entre 0,4 e 0,6, assim, a porcentagem de matéria orgânica biodegradável irá variar entre 40 e 60%; portanto, a relação média encontrada para o afluente desta pesquisa está próximo ao valor que o caracteriza como doméstico.

CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos, verificou-se que é possível empregar coco verde como material suporte em reator anaeróbio como a primeira etapa de um sistema de tratamento de esgoto doméstico, com manutenção e operação simplificada visando à produção de um efluente adequado aos padrões de lançamento. Contribui-se, deste modo, com a melhoria na qualidade de vida dos moradores de pequenas comunidades, onde o saneamento é deficiente, e é possível ocorrer o emprego da água de reúso, não desperdiçando a água potável para usos não nobres. A adoção do sistema de tratamento e reúso da água reduz o risco de contaminação cruzada que pode ocorrer em decorrência do uso de fossa e poço de abastecimento, principalmente em situações onde as linhas de fluxo de recarga do poço possam passar pela região contaminada da fossa.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP, CNPq, FINEP, CAPES e PROSAB pelo apoio e financiamento na construção do projeto e em sua manutenção e a CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA/AWWA/WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19a edição. Nova Iorque. American Public Health Association, 2005. 1268p.

ALÉM SOBRINHO, P.; SAID, M. A. Decanto digestor e filtro anaeróbio, experiência de campo. Proposições para alteração do método de dimensionamento do filtro anaeróbio proposto pela NBR 7229. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES. Anais, 1991. p. 202-224.

CAMARGO, S. A. R. Filtro anaeróbio com enchimento de bambu para tratamento de esgotos sanitários: avaliação da partida e operação. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de

artigos técnicos

Campinas, 2000. 170p. Tese de Mestrado.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Aplicação de água de reúso proveniente de estação de tratamento de esgoto doméstico na agricultura. 2006. Instrução Técnica 031- minuta 20.10.2006.

CHERNICHARO, C.A.L. Reatores Anaeróbios: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. 2ª ed, volume 5. Belo Horizonte - MG: SEGRAC. 2007.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução número 357. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. 2005.

COPAM - CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. Deliberação Normativa nº 10. Estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamento de efluentes nas coleções de águas, e dá outras providências. 1986. ISBN 85 7041 130 8

COUTO, L. C. C. Avaliação do desempenho de filtros anaeróbios com diferentes meios de enchimento no tratamento de esgotos sanitários. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) –Departamento de Saneamento e Ambiente, Universidade Estadual de Campinas. Campinas-SP. 1993.

CRUZ, L.M.O. Tratamento de esgoto sanitário em reator anaeróbio preenchido por casca de coco verde (Cocos nucifera) combinado com filtro de areia. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2009. 163p. Dissertação de Mestrado.

DECRETO Nº 8.468. Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. São Paulo- SP. 1976.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. Tratamento de esgotos domésticos. 3ª edição. Rio de Janeiro. ABES, 2005. 681p.

NBR 7229. Projeto, construção e operação de tanques sépticos. São Paulo: ABNT, 1993.

PROSAB – Programa de pesquisa em saneamento básico. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/prosab/index.html>. Acesso em: 23 outubro de 2007, 14:21:00.

SPEECE, R. E. Anaerobic Biotechnology. Nashville, Tennessee: Archae Press. 1996.

VAN HAANDEL, A C.; LETTINGA, G. Tratamento anaeróbio de esgotos. Um manual para regiões de clima quente. 2008.

VON SPERLING, M. Princípios básicos do tratamento de esgotos. 1ª edição. Belo Horizonte: UFMG, 1997.

**Pelos canos da Sabesp,
passa mais do que água.**

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

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

Ang
Bió
lica
(EE
men
DS.

Eds
Eng
UN
CA
Eng
DS.

Lig
Tec
gen
DS.

Ena
Zef
+ 5

O c
trol
a p
os p
púb
trac
feiq
um
pro
da c
got
com
lent
que
cad
cia

Pal
gen
des.

The
mai
loss
sup
men
gen