
REMOÇÃO DE COLIFORMES EM SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUÍDOS CULTIVADOS COM LÍRIO AMARELO (*Hemerocallis flava*)

Renata Cristina Chagas¹, Antonio Teixeira de Matos², Paulo Roberto Cecon³, Paola Alfonsa Vieira Lo Monaco⁴, Benatti Rezende Zapparoli⁵

RESUMO

No presente trabalho, objetivou-se avaliar a eficiência na remoção de coliformes em sistemas alagados construídos (SACs) cultivados com lírio amarelo (*Hemerocallis flava*), quando submetidos a diferentes tempos de detenção hidráulica e taxas de carregamento orgânico de esgoto doméstico. As taxas de carregamento orgânico aplicadas foram 44; 98; 230 e 395 kg ha⁻¹ d⁻¹ de DBO, o que corresponderam, respectivamente, a tempos de detenção hidráulica de 3,9; 2,0; 1,0 e 0,75 d⁻¹. Para avaliação do desempenho dos SACs na remoção de microrganismos, realizaram-se as contagens de coliformes totais (CT) e *E. coli*. Após análises dos resultados concluiu-se que, nos SACs onde a água residuária foi submetida às menores taxas de carregamento orgânico (44 e 98 kg ha⁻¹ d⁻¹ de DBO) ou submetida aos maiores tempos de detenção hidráulica (3,9; 2,0 dias), foram obtidas as maiores eficiências na remoção de CT e *E. coli*. As remoções médias de CT e *E. coli* foram, respectivamente, de 1,0 a 4,0 e 2,0 a 4,0 unidades logarítmicas.

Palavras-chave: sistemas *wetlands*, plantas ornamentais, remoção de microrganismos.

ABSTRACT

REMOVAL OF COLIFORMS FROM WETLANDS CULTIVATED WITH YELLOW LILY (*Hemerocallis flava*) IN DOMESTIC SEWAGE TREATMENT

This study was done to evaluate the efficacy of removing coliforms from constructed wetlands (CWs) planted to yellow lily (*Hemerocallis flava*), when subjected to different water retention duration and organic loading rates (OLR) of domestic sewage. The OLR was 44, 98, 230 or 395 kg ha⁻¹ d⁻¹ of BOD, which corresponds to water retention duration of 3.9, 2.0, 1.0 and 0.75 d⁻¹. The performance of the CWs in removing microorganisms was evaluated by counting, total coliforms (TC) and *E. coli*. The data were subjected to analysis of variance and descriptive analysis. The CWs in which the wastewater was subjected to lower OLRs (44 or 98 kg ha⁻¹ d⁻¹ of BOD) or to longer water retention duration (3.9 or 2.0 days) were most efficient in removing TC and *E. coli*. The average removal of TC and *E. coli* varied from, respectively, 1.0 to 4.0 and 2.0 to 4.0 log units.

Keywords: wetlands systems, ornamental plants, microorganisms removal.

Recebido para publicação em 11/01/2011. Aprovado em 01/12/2011.

1- Engenheira Ambiental, M.S em Engenharia Agrícola, Doutoranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo, e-mail: renataeab@hotmail.com.

2- Eng^o Agrícola, Professor Associado do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), e-mail: atmatos@ufv.br.

3- Agrônomo, Professor Associado do Departamento de Estatística da Universidade Federal de Viçosa, e-mail: cecon@ufv.br.

4- Eng^a Agrícola, Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus Santa Teresa, e-mail: paolalomonaco2004@yahoo.com.br.

5- Engenheiro Agrícola, M.S em Engenharia Agrícola, DEA/UFV, e-mail: benatti_ufv@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Em razão da importância do tratamento de esgotos, visando-se à preservação dos recursos hídricos e proteção à saúde pública, novas tecnologias de tratamento, principalmente as de baixo custo, têm sido desenvolvidas para o atendimento aos parâmetros legais estabelecidos na legislação vigente no Estado de Minas Gerais (Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH N° 1/2008), para lançamento de efluentes em corpos hídricos.

Atenção especial tem sido dada à remoção de microrganismos patogênicos ou de indicadores de sua possível presença em esgoto doméstico, em razão da potencialidade de transmissão de doenças de veiculação hídrica.

Dentre as diversas soluções propostas para o tratamento de águas residuárias domésticas, distingue-se a sua disposição em Sistemas Alagados Construídos (SACs), também denominados “*constructed wetlands*”. Esses sistemas são constituídos por reservatórios preenchidos com materiais porosos (geralmente brita ou cascalho), podendo apresentar escoamento horizontal (superficial ou subsuperficial) ou vertical. O meio poroso serve de suporte para o desenvolvimento de raízes das plantas e do biofilme aderido, que constituem os mecanismos biológicos de remoção da matéria orgânica. Além deles, ocorrem mecanismos físicos e químicos de remoção de poluentes (MATOS, 2010).

Várias espécies vegetais têm sido cultivadas em SACs, entretanto, apenas recentemente tem sido reportado o cultivo de plantas ornamentais (KONNERUP *et al.*, 2009; ZHANG *et al.*, 2007; ZURITA *et al.*, 2009), já que, de acordo com Zanella (2008), o uso dessas plantas pode proporcionar efeito paisagístico muito positivo, diminuindo a rejeição do sistema pela população e, com a introdução de espécies de interesse comercial, a possibilidade de geração de trabalho e renda para a população circunvizinha.

A remoção de microrganismos indicadores em SACs, tais como coliformes totais e termotolerantes, em geral, não é o objetivo principal do tratamento, entretanto, sabe-se que esses sistemas possibilitam, em razão de vários fatores físicos, químicos e biológicos, significativa redução na contagem de bactérias oriundas do trato intestinal de animais de

sangue quente, incluindo os humanos (VYMAZAL, 2005).

Geralmente, em SACs de escoamento subsuperficial, a remoção de coliformes aumenta com o tempo de detenção hidráulica (TDH), isto é, menor carga hidráulica aplicada; utilização de substratos de granulometria mais fina; temperatura da água mais elevada e menor profundidade dos leitos dos SACs (KADLEC & WALLACE, 2009).

Diante da necessidade de informações a respeito de variáveis de projeto, necessárias ao dimensionamento de sistemas alagados construídos (SACs), cultivados com plantas ornamentais, que possibilitem maior eficiência na remoção de coliformes, objetivou-se, com a realização deste trabalho, avaliar a eficiência na remoção de coliformes de esgoto doméstico, quando tratados em SACs cultivados com lírio amarelo (*Hemerocallis flava*) e submetidos a diferentes taxas de carregamento orgânico (TCO) e tempos de detenção hidráulica.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Área Experimental de Tratamento de Resíduos Urbanos, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa - MG, com coordenadas 20° 45' 14" S e 42° 52' 53" W e altitude média de 649 m.

O esgoto doméstico, proveniente do Condomínio Residencial Bosque do Acamari, foi bombeado para a área experimental, onde foi submetido a diferentes níveis de tratamento antes de serem aplicados, por gravidade, aos SACs. No SACs 1, 2 e 3, o esgoto foi submetido ao tratamento preliminar (desarenação, caixa de gordura, peneira e tanque de homogeneização) e primário (tanque séptico retangular de alvenaria, com volume útil de 8,7 m³ e tempo de detenção hidráulica de 14 horas), enquanto no SAC 4, o esgoto foi submetido apenas ao tratamento preliminar.

Os SACs foram construídos em alvenaria, com 1,0 m de largura por 24 m de comprimento e 0,30 m de altura, em relação à base, tendo o fundo plano, preenchidos com brita zero (volume de vazios 48,4%), como meio suporte para as plantas. Os SACs foram impermeabilizados com lona de PVC (0,5 mm de espessura), dotados, na saída, de tubulações reguladoras de nível do líquido, o qual

foi mantido em 25 cm de altura.

Nos SACS foram transplantadas mudas de lírio amarelo (*Hemerocallis flava*) numa densidade de 5,6 propágulos por metro quadrado. Para iniciar a adaptação das plantas ao meio suporte, os leitos dos SACS foram preenchidos até a altura de 25 cm com água proveniente do Ribeirão São Bartolomeu, para iniciar a adaptação das plantas ao meio suporte. Quinze dias após transplântio, a água proveniente do ribeirão foi substituída por esgoto submetido ao tratamento preliminar, permanecendo, nos SACS, por mais 60 dias, cuja finalidade era a de favorecer a adaptação das plantas ao novo meio suporte e ocorrer a formação do biofilme. Finalizado este período, iniciou-se a aplicação diária de esgoto nas taxas pré-definidas, iniciando-se a fase experimental de monitoramento.

Em todos os SACS utilizou-se o escoamento subsuperficial (25 cm de lâmina de esgoto em escoamento em meio suporte de 30 cm de altura). Os SACS foram submetidos a distintos tempos de detenção hidráulica (TDH) e qualidade do afluente, sendo o SAC 4 alimentado por esgoto bruto (ETP) e os SACS 1, 2 e 3 alimentados por efluente do tanque séptico (ETS), a fim de se obter as taxas de carregamento orgânico estabelecidas para os tratamentos. As taxas de carregamento orgânico superficial (TCO) foram de 44, 98, 230 e 395 kg ha⁻¹ d⁻¹ de DBO e TDHs de 3,9; 2,0; 1,0 e 0,75 d, respectivamente, nos SACS 1, 2, 3 e 4.

Para avaliação do desempenho dos SACS na remoção de coliformes foram coletadas, quinzenalmente, amostras de 100 mL do afluente e

efluente dos SACS, utilizando-se frascos previamente esterilizados. O material coletado foi imediatamente analisado no Laboratório de Qualidade da Água da UFV, localizado próximo à área experimental, sendo efetuadas as análises de coliformes totais e *E. coli*, utilizando-se o método enzimático, em conformidade com recomendações apresentadas em APHA et al. (2005).

A temperatura do líquido residente foi monitorada no ponto central de cada leito utilizando-se um termômetro de coluna de mercúrio.

Os dados foram submetidos à análise de variância e análise descritiva. As médias dos fatores qualitativos (SACS) foram comparadas utilizando-se o teste Tukey, adotando-se o nível de 10% de probabilidade. A remoção de coliformes foi expressa em unidades logarítmicas, sendo calculada subtraindo-se das médias geométricas das contagens de coliformes totais (CT) e *E. coli*, obtidas no afluente, das obtidas nos respectivos efluentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 apresenta-se o comportamento da temperatura da água residuária em tratamento nos diferentes SACS, durante o período de coleta das amostras (maio a setembro). Nesse período, a temperatura da água residuária ficou entre 20,4 °C e 24,4 °C. Verificou-se baixa oscilação na temperatura da água residuária e que ela ficou abaixo da faixa de 25 a 35 °C, considerada por Metcalf e Eddy (2003) como ótima para a atividade bacteriana. As relativamente baixas temperaturas da água residuária

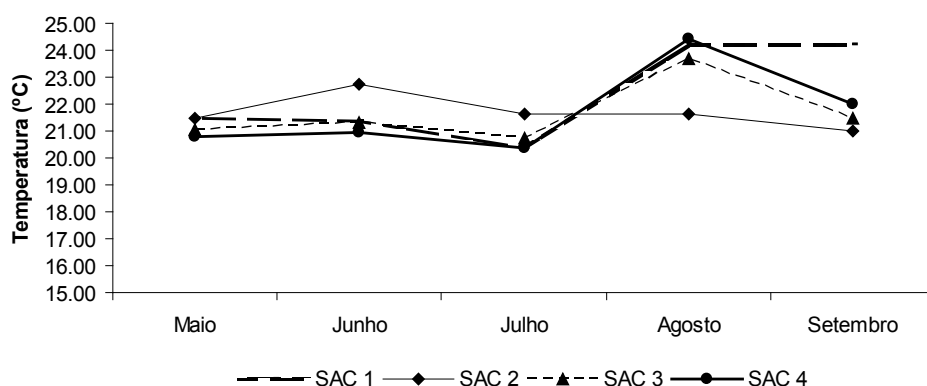


Figura 1. Variação da temperatura do líquido residente durante o período de condução do experimento, em que SAC 1 – TCO de 44 kg ha⁻¹ d⁻¹ e TDH de 3,9 d; SAC 2 – TCO de 98 kg ha⁻¹ d⁻¹ e TDH de 2,0 d; SAC 3 – TCO de 230 kg ha⁻¹ d⁻¹ e TDH de 1,0 d; SAC 4 – TCO de 395 kg ha⁻¹ d⁻¹ e TDH de 0,75 d.

em tratamento concorreram para que houvesse menor desenvolvimento de microrganismos no meio, entre eles, muitos dos predadores daqueles utilizados como indicadores de risco patogênico, tal como a *E. coli*.

Nas Figuras 2 e 3 estão apresentados, respectivamente, os resultados do decaimento de coliformes totais - CT e *E. coli*, analisados por estatística descritiva, no afluente e do efluente de cada SAC.

Analisando-se os resultados apresentados na Figura 2, verifica-se que os afluentes aos SACs apresentaram valores médios de 10^6 a 10^7 NMP por 100 mL para CT e *E. coli*, tendo sido obtidas remoções de 1,0 a 4,0 unidades logarítmicas de CT, o que proporcionou a geração de efluentes com médias geométricas próximas de 10^3 a 10^5 CT por 100 mL e, de 2,0 a 4,0 unidades logarítmicas

de *E. coli*, resultando em efluentes com médias geométricas de 10^2 a 10^4 *E. coli* por 100 mL.

Da mesma forma como já observado em relação aos coliformes totais, nos SACs 2, 3 e 4, ou seja, os que foram submetidos às maiores TCOs, houve redução de cerca de 2 unidades logarítmicas na contagem de *E. coli*. O comportamento também foi similar no que se refere ao SAC 1, no qual foi obtida remoção de 4 unidades logarítmicas na contagem de *E. coli* da água residuária. O fator TDH deve ser, também, apontado como principal responsável por esta redução na população de *E. coli*.

Para dar respaldo à discussão dos resultados, no Quadro 1 é apresentada a análise de variância dos dados de contagem de coliformes totais afluente e efluente dos SACs, tendo como fonte de variação o tempo de detenção hidráulica (TDH).

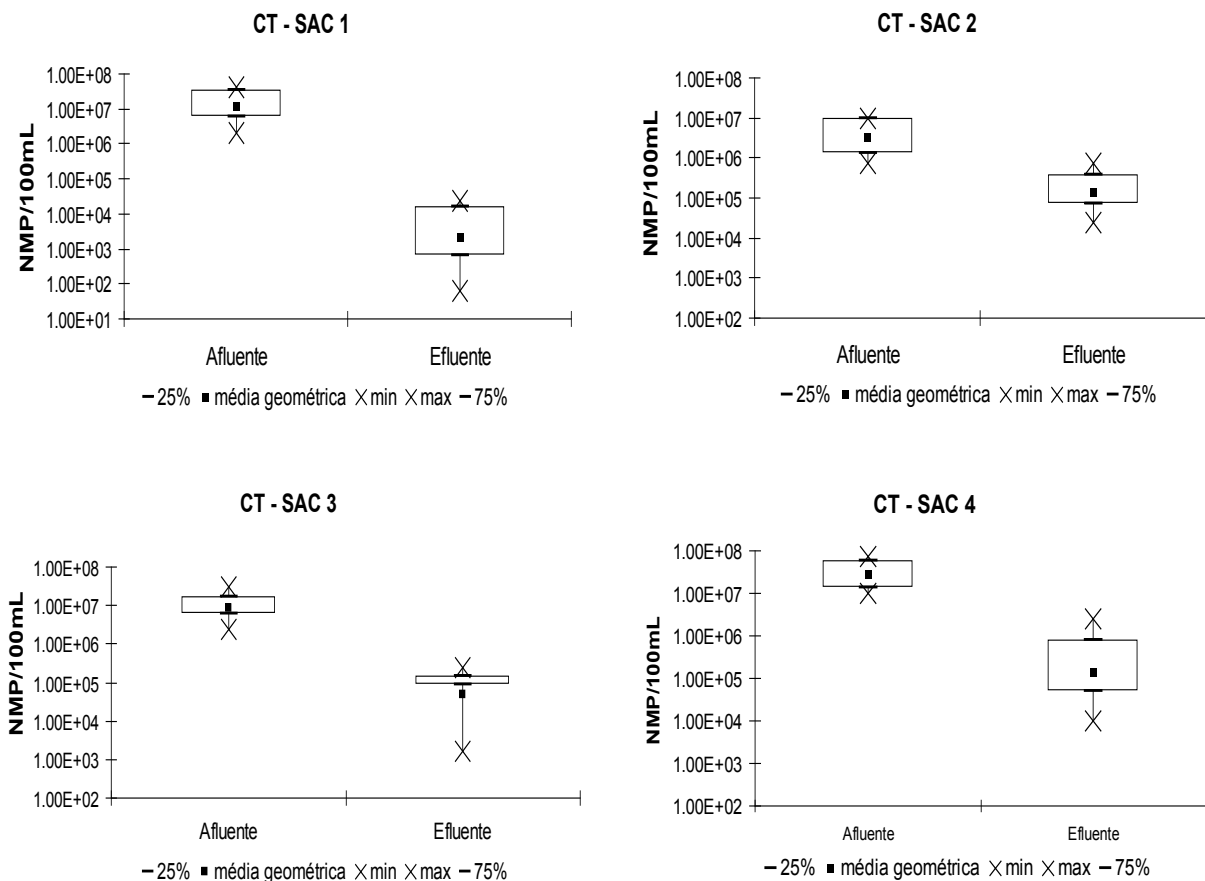


Figura 2. Estatística descritiva dos resultados da contagem de coliformes totais no afluente e efluente dos SACs, em que SAC 1 – TCO de $44 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ e TDH de 3,9 d; SAC 2 – TCO de $98 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ e TDH de 2,0 d; SAC 3 – TCO de $230 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ e TDH de 1,0 d; SAC 4 – TCO de $395 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ e TDH de 0,75 d.

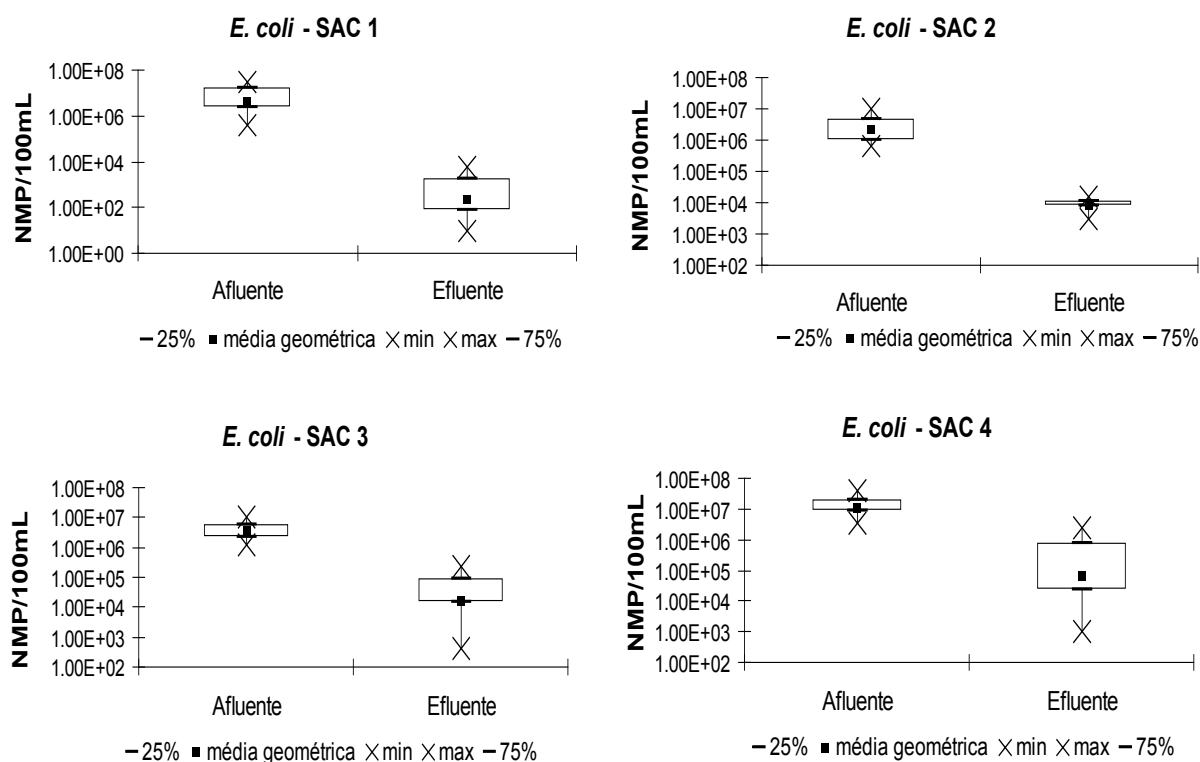


Figura 3. Estatística descritiva dos resultados do decaimento de *Escherichia coli* no afluente e efluente dos SACs, em que SAC 1 – TCO de 44 kg ha⁻¹ d⁻¹ e TDH de 3,9 d; SAC 2 – TCO de 98 kg ha⁻¹ d⁻¹ e TDH de 2,0 d; SAC 3 – TCO de 230 kg ha⁻¹ d⁻¹ e TDH de 1,0 d; SAC 4 – TCO de 395 kg ha⁻¹ d⁻¹ e TDH de 0,75 d.

Quadro 1. Resumo da análise de variância da contagem de coliformes totais (CT) afluente, efluente e unidades logarítmicas removidas de CT em função do tempo de detenção hidráulica (TDH) de água residuária doméstica

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado Médio		
		CT afluente ⁽¹⁾ (NMP/100 mL)	CT efluente ⁽¹⁾ (NMP/100 mL)	Unidades log removidas de CT
TDH (d)	3	0,6070 ^{NS}	3,0254 ^{***}	3,9354 ^{***}
Resíduo	24	0,2731	0,9592	1,4071
CV (%)		7,48	21,44	48,99

⁽¹⁾ Dados convertidos em log (X).

*** Significativo em nível de 10% de probabilidade, pelo teste F.

^{NS} Não significativo

CV = coeficiente de variação

Conforme indicado pelo resultado da análise de variância, o TDH influenciou a contagem e a remoção de unidades logarítmicas de CT, comprovando que essa variável exerce forte influência sobre a sobrevivência de microrganismos em SACs. Com isso, realizou-se teste de médias da

contagem de CT e *E. coli* no afluente e efluente, além de unidades logarítmicas removidas, para verificação das diferenças entre tratamentos, estando os resultados apresentados no Quadro 2.

Com base no teste de médias, pode-se verificar que a contagem de CT no efluente foi menor no

SAC 1 (TCO de 44 kg ha⁻¹ d⁻¹ e TDH de 3,9 d) que nos SACs 2 e 3, submetidos a maiores TCOs e, conseqüentemente, menores TDHs. No que se refere à remoção de unidades logarítmicas, o efluente do SAC 1 foi diferente apenas ao efluente do SAC 2. A não existência de diferença entre as médias deve-se, principalmente, ao alto coeficiente de variação dos dados (48,99%).

Acredita-se que a menor eficiência na remoção de CT da água residuária tratada no SAC 2, mesmo que ela tenha sido submetida a um maior TDH que nos SACs 3 e 4, esteja associada à menor exposição do leito do sistema de tratamento à luz solar, reconhecida como eficiente bactericida. Outra possibilidade é a de que as menores temperaturas da água residuária em tratamento no SAC 2, a partir do final do mês de julho (Figura 1), podem ter influenciado na sobrevivência das bactérias.

A maior interceptação da radiação pelas plantas pode ter proporcionado menor condução de calor para a brita e, conseqüentemente, para

a água residuária. A densidade de plantas nos SACs, embora inicialmente a mesma, variou com o tempo de condução do experimento, sendo que nos SACs 1 e 3 foi de 5,0 plantas m⁻² e, nos SACs 2 e 4, foi de 6,6 e 8,5 plantas m⁻², respectivamente. Essas densidades de plantio podem ser consideradas relativamente baixas quando comparadas às utilizadas em outros trabalhos, tais como os conduzidos por Fia (2009), no qual foram utilizados 14 propágulos m⁻² de taboa e de 20 propágulos m⁻² de mudas do capim tifton, em SACs utilizados no tratamento de águas residuárias da suinocultura; Brasil *et al.* (2007), que utilizaram 8,5 propágulos m⁻² de taboa em SACs no tratamento de esgoto doméstico; Matos *et al.* (2008), que utilizaram 14 propágulos m⁻² em SACs cultivados com capim tifton-85 no tratamento de água residuária de laticínios e Fia *et al.* (2010), que utilizaram 60 plantas m⁻² em SACs cultivados com azevém e aveia preta no tratamento de águas residuárias do processamento dos frutos do cafeeiro.

Quadro 2. Valores das médias geométricas das contagens de coliformes totais (CT) nos afluentes e efluentes, além de unidades logarítmicas removidas em função do tempo de detenção hidráulica (TDH)

SAC	TDH (d)	CT afluente (NMP/100 mL)	CT efluente (NMP/100 mL)	Unidades log removidas de CT
1	3,9	1,15E+07 a	2,01E+03 b	4,0 a
2	2,0	3,17E+06 a	1,39E+05 a	1,0 b
3	1,0	8,91E+06 a	4,88E+04 ab	2,0 ab
4	0,75	2,80E+07 a	1,38E+05 a	2,0 ab

Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si, em nível de 10% de probabilidade, pelo teste de Tukey, em que SAC 1 – TCO de 44 kg ha⁻¹ d⁻¹ e TDH de 3,9 d; SAC 2 – TCO de 98 kg ha⁻¹ d⁻¹ e TDH de 2,0 d; SAC 3 – TCO de 230 kg ha⁻¹ d⁻¹ e TDH de 1,0 d; SAC 4 – TCO de 395 kg ha⁻¹ d⁻¹ e TDH de 0,75 d.

Quadro 3. Resumo da análise de variância de *E. coli* afluente e efluente, além de unidades logarítmicas removidas em função do tempo de detenção hidráulica (TDH)

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado Médio		
		<i>E. coli</i> afluente ⁽¹⁾ (NMP/100 mL)	<i>E. coli</i> efluente ⁽¹⁾ (NMP/100 mL)	Unidades log removidas de <i>E. coli</i>
TDH (d)	3	0,3860 ^{NS}	4,4710 ^{***}	4,0173 ^{NS}
Resíduo	24	0,3207	1,2084	1,6570
CV (%)		8,52	28,79	45,49

⁽¹⁾ Dados convertidos em log (X).

*** Significativo em nível de 10% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

^{NS} Não significativo

CV = coeficiente de variação

Aparentemente, não foi a densidade de plantas o fator de maior influência na temperatura da água residuária e sim, o percentual de plantas que floresceram. No SAC 2, um total de 22 plantas floresceram, enquanto nos SACs 1, 3 e 4, floresceram 17, 5 e 14 plantas, respectivamente. Dessa forma, verificou-se a ocorrência de uma associação, possivelmente casual, entre número de plantas que floresceram e eficiência na remoção de CT. Quanto maior o percentual de florescimento, menor a eficiência na remoção de CT.

Os efluentes do SAC 1 e 3 apresentaram contagens de CT que atenderiam as recomendações da WHO (2006), para a qual o limite para águas residuárias a serem utilizadas na fertirrigação de culturas a serem processadas industrialmente, cereais, forragens, pastagens e árvores deva estar entre 10^4 e 10^5 CT por 100 mL. Há de se ressaltar, no entanto, que a qualidade microbiológica do efluente a ser utilizado em fertirrigação não pode ser dissociada da forma de aplicação da água residuária, tendo em vista que os riscos sanitários estão fortemente ligados a isso.

No Quadro 3 está apresentada a análise de variância dos dados de contagem de *E. coli* no afluente e efluente dos SACs, tendo como fonte de variação o tempo de detenção hidráulica (TDH).

Conforme pode ser verificado no Quadro 3, não houve efeito do TDH nas unidades logarítmicas de remoção, entretanto houve na contagem de *E. coli*, ainda assim, optou-se por efetuar e apresentar o teste de médias de todas as variáveis, para composição do Quadro 4. Atribui-se a não significância da influência do TDH nas unidades logarítmicas ao alto coeficiente de variação dos dados, o que é comum neste tipo de análise.

Embora não tenha havido diferença estatística

na remoção de unidades logarítmicas de *E. coli* da água residuária, tal como ocorrido em relação aos CT, a contagem foi menor no SAC 1 do que no SAC 4, mantido sob a maior TCO. De uma forma geral, verificou-se tendência de aumento na remoção de *E. coli* com o aumento no TDH, confirmando os resultados obtidos por Brasil *et al.* (2005), Calijuri *et al.* (2009) e Torrens *et al.* (2010).

As eficiências de remoção de *E. coli* alcançadas nesta pesquisa estão condizentes com os resultados descritos em USEPA (2000), onde se afirma que a remoção em sistemas alagados construídos é em torno de duas unidades logarítmicas de coliformes termotolerantes (CF). Sousa *et al.* (2004), ao avaliarem o desempenho de SACs cultivados com *Junco sp.* e operados com efluentes advindos de reator UASB, obtiveram remoção de CF de cerca de 4 unidades logarítmicas, quando foi aplicada uma taxa de aplicação superficial de água residuária de 23 mm d^{-1} , proporcionando TDH de 10 dias. Tomando-se esse valor de TDH como referência, pode-se afirmar que os resultados obtidos neste trabalho demonstraram elevada eficiência do sistema utilizado, já que, para a remoção de 4 unidades logarítmicas, foi preciso um TDH de apenas 3,9 dias (Quadro 4). Calijuri *et al.* (2009), ao tratar efluente de reator uasb em SACs cultivados com taboa e braquiária, utilizando TDH entre 1,3 e 5,3 dias, obtiveram remoções de pouco mais de 2 unidades logarítmicas para CT e de 2 a 4 para *E. coli*. Brasil *et al.* (2005), ao avaliarem o desempenho de SACs cultivados com taboa utilizando TDHs de 1,9 dia, obtiveram remoções de 2 unidades logarítmicas tanto para coliformes totais como para *E. coli*. Quando os mesmos autores utilizaram TDH de 3,9 dias, obtiveram remoções de 3 unidades logarítmicas, tanto de CT como *E. coli*.

Quadro 4. Valores das médias geométricas de *E. coli* no afluente e efluente e unidades logarítmicas removidas em função do tempo de detenção hidráulica (TDH)

SAC	TDH (d)	<i>E. coli</i> afluente (NMP/100 mL)	<i>E. coli</i> efluente (NMP/100 mL)	Unidades log removidas de <i>E. coli</i>
1	3,9	4,63E+06 a	2,17E+02 b	4,0 a
2	2,0	2,15E+06 a	8,23E+03 ab	2,0 a
3	1,0	3,70E+06 a	1,62E+04 ab	2,0 a
4	0,75	1,17E+07 a	6,53E+04 a	2,0 a

Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si, em nível de 10% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Comparando-se os resultados obtidos neste trabalho ao de outros autores, em SACs cultivados com plantas ornamentais, verifica-se, também, que os SACs operaram com eficiência. Zurita *et al.* (2009), ao avaliarem a eficiência de remoção de CT em SACs cultivados com copo-de-leite e em SAC misto (cultivado com ave do paraíso, antúrio e agapanto), com TDH de 4 dias, obtiveram, em ambos os SACs, remoções de apenas uma unidade logarítmica, equivalendo a remoções de 93,1 e 92,3%, respectivamente. De maneira semelhante, Zanella (2008) obteve remoção de apenas 1 unidade logarítmica, tanto para coliformes totais, quanto para coliformes termotolerantes, em SACs cultivados com papiro (*Cyperus papyrus*) no tratamento de esgoto doméstico, utilizando um TDH de 1,5 dias, em média.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, pôde-se concluir que:

- Nos SACs submetidos às menores taxas de carregamento orgânico (44 e 98 kg ha⁻¹ d⁻¹ de DBO) ou submetida aos maiores tempos de detenção hidráulica (3,9; 2,0 dias) foram obtidas as maiores eficiências na remoção de coliformes totais e *E.coli*; e
- As remoções médias de CT e *E.coli* do esgoto doméstico foram, respectivamente, de 1,0 a 4,0 e de 2,0 a 4,0 unidades logarítmicas e estiveram diretamente associadas ao tempo de detenção hidráulica da água residuária nos SACs.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION - AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION - WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington: APHA/AWWA/WEF, 2005. 1268p.

BRASIL, M.S.; MATOS, A.T.; SOARES, A.A.; FERREIRA, P.A. Qualidade do efluente de sistemas alagados construídos, utilizados no tratamento

de esgoto doméstico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, (suplemento), p.133-137, 2005.

BRASIL, M.S.; MATOS, A.T.; SOARES, A.A. Plantio e desempenho fenológico da taboa (*thypha sp.*) utilizada no tratamento de esgoto doméstico em sistema alagado construído. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.12, n.3, p.266-272, jul/set, 2007.

CALIJURI, M.L.; BASTOS, R.K.X.; MAGALHÃES, T.B.; CAPELETE, B.C.; DIAS, E.H.O. Tratamento de esgotos sanitários em sistemas reatores UASB/wetlands construídas de fluxo horizontal: eficiência e estabilidade de remoção de matéria orgânica, sólidos, nutrientes e coliformes. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.14, n.3, p.421-430, jul/set, 2009.

FIA, F.L.R. **Modelos de remoção de variáveis qualitativas em sistemas alagados construídos utilizados no tratamento de águas residuárias da suinocultura**. 2009. 156f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

FIA, R.; MATOS, A.T.; FIA, F.R.L.; MATOS, M.P.; LAMBERT, T.F.; NASCIMENTO F.S. Desempenho de forrageiras em sistemas alagados de tratamento de águas residuárias do processamento do café. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n. 08, p. 842-847, agosto, 2010.

KADLEC, R.H.; WALLACE, S.D. **Treatment Wetlands**. 2nd ed. Florida: CRC Press, 2009. 1016p.

KONNERUP, D.; KOOTTATEP, T.; BRIX, H. Treatment of domestic wastewater in tropical, subsurface flow constructed wetlands planted with Canna and Heliconia. **Ecological Engineering**, Amsterdam, v.35, n. 02, p. 248-257, february, 2009.

MATOS, A.T. **Disposição de águas residuárias no solo**. Viçosa: UFV, Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais, 2010. 140p.

MATOS, A.T.; ABRAHÃO, S.S.; PEREIRA, O.G. Desempenho agrônômico do capim tifton 85 (*cynodon spp*) cultivados em sistemas alagados construídos utilizados no tratamento de água residuária de laticínios. **Revista Ambi-Água**, Taubaté, v.3, n.1, p. 43-53, jan/abr, 2008.

METCALF & EDDY **Wastewater Engineering: Treatment Disposal and Reuse**. 4^a ed. New York: McGraw-Hill, 2003, 1818p.

MINAS GERAIS - **DELIBERAÇÃO NORMATIVA CONJUNTA COPAM/CERH Nº 1, 5 de maio de 2008**. Diário Executivo – MG.

SOUSA, J.T.; VAN HAANDEL, A.; LIMA, E.P.C. Use of constructed wetland for the post-treatment of domestic sewage anaerobic effluent from UASB reactor. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 9, n.4, p.285-290, out/dez, 2004.

TORRENS, A.; FOLCH, M.; SASA, J.; LUCERO, M.; HUERTAS, E.; MOLLE, P.; BOUTIN, C.; SALGOT, M. Removal of bacterial and viral indicators in horizontal and vertical subsurface flow constructed wetlands. **Proceedings... 12th INTERNATIONAL CONFERENCE ON WETLANDS SYSTEMS FOR WATER POLLUTION CONTROL**. IWA, 2010. Venice, Italy. p.986-987.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Wetlands**

for Municipal Wastewater Treatment. EPA 625-R-99-010, USEPA ORD, Cincinnati, Ohio, 2000.

VYMAZAL, J. Removal of Enteric Bacteria in Constructed Treatment Wetlands with Emergent Macrophytes: A Review. **Journal of Environmental Science and Health**, New York, v.40, n.6-7, p.1355-1367, jun/jul, 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater**. Geneva: WHO, 2006. (NLM classification: WA 675).

ZANELLA, L. **Plantas ornamentais no pós-tratamento de efluentes sanitários: wetlands-construídos utilizando brita e bambu como meio suporte**. 2008. 189f. Tese (Doutorado em Saneamento e Ambiente - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

ZHANG, X.B.; LIU, P.; YANG, Y.S.; CHEN, W.R. Phytoremediation of urban wastewater by model wetlands with ornamental hydrophytes. **Journal of Environmental Sciences**, Beijing, v.19, n.8, p.902–909, january, 2007.

ZURITA, F.; ANDA, J.D.; BELMONT, M.A. Treatment of domestic wastewater and production of commercial flowers in vertical and horizontal subsurface-flow constructed wetlands. **Ecological Engineering**, Amsterdam, v.35, n.5, p.861-869, september, 2009.