

PREMIO ECOLOGIA 2017

**TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA
EM SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUÍDOS CULTIVADOS COM
LÍRIO-DO-BREJO E HELICÔNIA-PAPAGAIO**

NOME: DÉBORA MORO SOELA

Estudante de Agronomia do Instituto Federal do Espírito Santo – *campus* Santa Teresa



1. INTRODUÇÃO

A suinocultura representa um dos maiores segmentos de produção animal no Brasil, tendo o crescimento impulsionado pela demanda de carne suína no mundo. No 1º trimestre de 2017, foram abatidos 10,46 milhões de suínos, representando um aumento de 2,6% na comparação com o mesmo período de 2016 (IBGE, 2017).

Para atender a grande produção, a tradicional agricultura familiar caracterizada pela criação de pequenos números de animais foi substituída por um sistema tecnificado de alto rendimento, como o de confinamento, que se caracteriza pela produção de carne em áreas reduzidas com elevado número de animais. Contudo, esse sistema de produção traz inúmeros problemas de saúde e poluição, dentre os quais, o mais preocupante é a grande quantidade de resíduos produzidos por área, principalmente quando são lançados sem tratamento em corpos hídricos.

As águas residuárias da suinocultura apresentam principalmente matéria orgânica, organismos patogênicos, sólidos e nutrientes diversos como, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, manganês, ferro, cobre, zinco e outros elementos incluídos na dieta desses animais (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002).

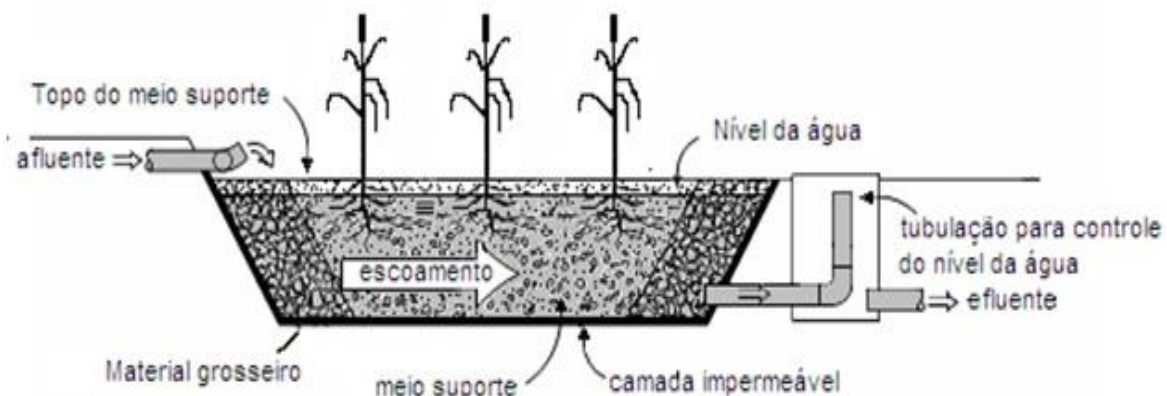
Como na legislação ambiental estão estabelecidos padrões para lançamento de efluentes em corpos hídricos, torna-se necessário, caso a opção seja esta forma de destinação final, o tratamento dessas águas residuárias. Dessa forma, tem-se investido em estudos de diferentes processos de tratamento de águas residuárias, dentre os quais pode-se destacar o sistema alagado construído (SAC) ou “constructed wetland”, por apresentar moderado custo de instalação, reduzido consumo de energia e manutenção, estética paisagística e aumento do habitat para a vida selvagem (BRASIL; MATOS; SOARES, 2007).

Segundo o ITRC - Interstate Technology & Regulatory Council - (2003), três tipos de sistemas alagados construídos (SAC's) têm sido desenvolvidos para o tratamento de água residuária: SAC com fluxo superficial (SACFS) e SAC com fluxo subsuperficial (SACFSS), o qual pode funcionar: com fluxo horizontal (SACFSSH) ou com fluxo vertical (SACFSSV). No presente trabalho adotou-se a terminologia SAC para o sistema de escoamento subsuperficial horizontal SACFSSH, detendo-se a discorrer apenas sobre esse tipo de sistema.

Os SAC's de escoamento subsuperficial horizontal (Figura 1) têm sido comumente usados para o tratamento secundário de efluentes domésticos de pequenas comunidades (BRASIL et al., 2013; CHAGAS et al., 2012; EUSTÁQUIO JÚNIOR et al., 2012; MATOS et al., 2013; ZURITA et al., 2009), mas podem também ser aplicados no tratamento de águas

residuárias agroindustriais, como as de suinocultura (MATOS et al., 2009), laticínios (MATOS et al., 2008), bovinocultura de leite (PELLISSARI et al., 2013), lixiviados de aterro sanitário (MANNARINO et al., 2006), processamento dos frutos do cafeeiro (FIA et al., 2010), piscicultura (MONTEIRO et al., 2008), efluentes de refinarias de petróleo, fábricas de produtos químicos, papel e celulose, curtumes e indústrias têxteis, destilarias e indústrias de processamento de alimentos (SHEPHERD et al., 2001; VYMAZAL, 2009) entre outras.

Figura 1. Sistema alagado construído de fluxo subsuperficial. **Fonte:** KADLEC e WALLACE (2009).



O SAC's agem como um filtro biológico de águas residuárias nos quais microrganismos aeróbios e anaeróbios se aderem ao meio suporte, onde as plantas são estabelecidas ou fixadas. A rizosfera e outras partes submersas das plantas tornam-se importantes mecanismos de purificação da água. A biota presente nos sistemas alagados – macrófitas, microfauna e microflora – absorve nutrientes e degrada a matéria orgânica das águas residuárias, contribuindo para ciclagem de nutrientes e do carbono (KADLEC; WALLACE, 2008).

De acordo com Matos et al. (2013), neste sistema, utiliza-se o meio suporte-planta-microrganismos para a depuração dos resíduos, sendo caracterizados por serem robustos, de baixo custo e de simples operação e manutenção. Tais aspectos os tornam ideais para aplicação em regiões carentes de saneamento básico, adequando-se perfeitamente às condições de países de clima tropical, que possuam áreas disponíveis à sua implantação, como é o caso do Brasil. A remoção dos nutrientes, e a oxidação do material orgânico presente na água residuária se dá por meio de processos físicos, químicos e biológicos, influenciados pelo tipo de planta cultivada, escoamento do efluente no leito de macrófitas, material suporte (meio filtrante) e principalmente, pelas características físicas e químicas do efluente a ser tratado.

Com isso, a escolha da espécie vegetal a ser cultivada nos SAC's é de grande relevância para o sucesso do tratamento, visto que, possuem funções importantes no sistema, como a remoção de nutrientes da água residuária, transferência de oxigênio para o substrato, atuação como suporte para o crescimento do biofilme de microrganismos, aumento da permeabilidade do substrato e a garantia de um aspecto visual agradável do ambiente (MATOS et al., 2011).

Segundo Belmont e Metcalfe (2003), o cultivo de flores ornamentais em sistema alagados pode fornecer um benefício econômico necessário para incentivar pequenas comunidades em manter um sistema de tratamento de esgoto.

O lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*) e a Helicônia-papagaio (*Heliconia psittacorum*) são plantas ornamentais com elevada ocorrência no estado do Espírito Santo e se adaptam muito bem em solos úmidos e ricos em matéria orgânica, fatores que favorecem o uso dessas espécies em sistemas alagados construídos no tratamento de águas residuárias de elevada carga orgânica, como as de suinocultura.

2. JUSTIFICATIVA

O uso de plantas ornamentais em SAC's vem sendo reportado em alguns trabalhos, devido à satisfatória eficiência na remoção de diversos poluentes de águas residuárias e pelo efeito paisagístico que as plantas proporcionam. Em razão dessas características, o uso dessas plantas ornamentais em SAC's pode ser um atrativo para incentivar pequenas comunidades em iniciar e/ou manter um sistema de tratamento de esgoto, com efeito paisagístico e ao mesmo tempo contribuindo para a preservação do meio ambiente.

Dessa forma, esse trabalho justifica-se no sentido de se obter maiores informações a respeito da eficiência desses SAC's cultivados com plantas ornamentais no tratamento de águas residuárias de suinocultura.

3. OBJETIVOS

Avaliar a eficiência dos Sistemas Alagados Construídos cultivados com Lírio-do-brejo e Helicônia-papagaio e a influência da vegetação na remoção de poluentes de águas residuárias de suinocultura.

4. METODOLOGIA

O experimento foi implantado e conduzido no Setor de Animais de Médio Porte (suinocultura) do Instituto Federal do Espírito Santo – *campus* Santa Teresa.

Foram construídos 3 (três) Sistemas Alagados Construídos (SAC's), um sem cultivo, que atuou como testemunha, e outros dois, cultivados com *Hedychium coronarium* (lírio-do-brejo) e *Heliconia Psittacorum* (helicônia-papagaio), submetidos a uma taxa de carregamento orgânico (TCO) de água residuária de suinocultura de 100 kg ha⁻¹d⁻¹ de DBO, estabelecida para atendimento das recomendações de Kadlec & Wallace (2009), ou seja, entre 40 e 250 kg ha⁻¹d⁻¹. A aplicação desta taxa era baseada no valor médio da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) da água residuária, o que correspondia a um tempo de detenção hidráulico (TDH) em torno de 1,3 dias.

Para a montagem dos SAC's, foram utilizados recipientes do tipo “cocho”, confeccionados em polietileno de alta densidade (PEAD), com dimensões de 35 cm de altura, 49 cm de largura e 195 cm de comprimento. Na saída dos cochos, foram colocados drenos com flange e tubo de PVC de 32 mm.

Como meio suporte, foi utilizada a brita # 0 (diâmetro – D60 = 7,0 mm, Coeficiente de Uniformidade D60/D10 = 1,6 e volume de vazios de 48,4%), até a altura de 30 cm, passando cada cocho a ter um volume útil de 0,118 m³.

A água residuária da suinocultura era armazenada em um reservatório de polietileno com capacidade de 2000 L, que fornecia a água residuária para 3 caixas de 100 L, funcionando com sistema de bóia, e posicionadas à montante dos 3 SAC's.

Em cada SAC foram plantadas um total de 5 (cinco) mudas de cada planta ornamental, conforme pode ser visualizado nas Figuras 2a e 2b.

Figura 2. Cultivo de *Heliconia psittacorum* (a) e *Hedychium coronarium* (b) em sistemas alagados construídos.

(a)

(b)



Após o plantio das mudas, o leito do SAC foi preenchido até a altura de 25 cm (deixando uma borda livre de 5 cm) com água da rede de abastecimento, para iniciar a adaptação das plantas ao meio suporte. Quinze dias após o plantio, o SAC foi preenchido com água residuária de suinocultura, assim permanecendo por 45 dias, com a finalidade de adaptação das plantas ao novo meio suporte e ocorrer a formação do biofilme. Após esse período de adaptação do sistema, deu início a aplicação diária de água residuária de suinocultura na taxa pré-definida, dando início à fase experimental de monitoramento, a qual durou um período de 3 (três) meses. O SAC sem cultivo teve os mesmos tratamentos dos SACs cultivados.

A taxa de aplicação da água residuária foi controlada, diariamente, por meio de uma válvula instalada na tubulação de condução da água residuária posicionada à montante dos SAC's, sendo as medições, para ajuste das vazões, efetuadas pelo método direto, utilizando-se um recipiente graduado.

Para avaliar a eficiência dos sistemas, análises de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Sólidos Totais (ST), Sólidos Suspensos (SS), Turbidez (T) e Nitrogênio Total (N-total) foram realizadas no afluente e no efluente aos SACs, a cada 15 dias, durante o funcionamento do sistema, perfazendo um total de 6 amostras analisadas. Todas as análises foram realizadas no Laboratório Qualidade de Água e Resíduos Sólidos do Ifes – *campus* Santa Teresa, em conformidade com recomendações do Standard Methods for the Wastewater Examination (APHA et al., 2005). As variáveis avaliadas e os respectivos métodos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Variáveis avaliadas e os respectivos métodos utilizados nas análises

Variáveis	Metodologia
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	Quantificação do oxigênio dissolvido pelo método iodométrico (Processo Winkler)
Sólidos totais (ST)	Método gravimétrico
Sólidos suspensos (SS)	Método gravimétrico
Turbidez (T)	Método nefelométrico
Nitrogênio total (N _{Total})	Processo semimicroKjeldahl

Na Tabela 2 apresenta-se a média dos atributos determinados no afluente aos SAC's durante o tempo de operação.

Tabela 2. Média dos atributos pH, Sólidos Totais (ST), Sólidos Suspensos (SS), Nitrogênio Total (N-total) e Turbidez (T) determinados no afluente aos SAC's

pH	ST	SS	N-total	T
		mg L ⁻¹		UNT
8,5	1490,88	81,99	6930,93	67,36

A eficiência (Ef) de remoção de poluentes foi calculada por meio da Equação (1), a partir das concentrações e das vazões afluentes e efluentes, obtidas nas diversas ocasiões em que foram coletadas as amostras.

$$Ef (\%) = \left[\frac{(C_A \times Q_A) - (C_E \times Q_E)}{(C_A \times Q_A)} \right] \times 100 \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que:

C_A: concentração afluente aos SAC's;

Q_A: vazão afluente aos SAC's;

C_E: concentração efluente aos SAC's;

Q_E: vazão efluente aos SAC's.

O experimento foi realizado no delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 3 tratamentos (SAC's), e com o número de repetições variando de acordo com a frequência amostral das variáveis monitoradas, totalizando 6 repetições.

A fim de verificar se os valores efluentes dos três SAC's atendiam às pressuposições da casualidade, aplicaram-se os testes de Bartlett e Lilliefors, para verificar a homogeneidade e a normalidade, respectivamente, tomando-se as 6 coletas como repetições. Quando os dados apresentavam homogeneidade de variâncias e normalidade, procedeu-se a análise de variância, seguida do teste Tukey, quando havia diferença significativa entre as médias. Para todas as análises estatísticas, considerou-se um valor de 5% para o erro α . As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa estatístico SAEG 9.1 (RIBEIRO JR., 2001).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 estão apresentadas as eficiências de remoção da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Sólidos Suspensos (SS), Sólidos Totais (ST), Turbidez (T) e Nitrogênio total (N-total) da ARS, bem como o erro, desvio padrão e coeficiente de variação, durante o período de monitoramento dos SAC's cultivados com helicônia, lírio-do-brejo e do SAC sem cultivo.

Tabela 3. Eficiências médias de remoção da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Sólidos Suspensos (SS), Sólidos Totais (ST), Turbidez (T) e Nitrogênio total (N-total) da ARS, no período de monitoramento dos SAC's.

Variável	Tratamentos	Média \pm Erro Padrão	DP	CV
DBO	SAC - Helicônia	82.4 \pm 7.5	18.3	22.2%
	SAC - Lírio	92.2 \pm 2.5	6.1	6.6%
	SAC - Sem cultivo	73.1 \pm 6.5	16.0	21.9%
SS	SAC - Helicônia	81.5 \pm 4.2	10.2	12.6%
	SAC - Lírio	68.7 \pm 12.2	29.9	43.6%
	SAC - Sem cultivo	71.5 \pm 11.2	27.5	38.4%
ST	SAC - Helicônia	80.6 \pm 5.4	13.3	16.5%
	SAC - Lírio	79.9 \pm 5.7	13.9	17.3%
	SAC - Sem cultivo	67.6 \pm 8.0	19.5	28.9%
	SAC - Helicônia	83.4 \pm 5.3	13.0	15.5%

T	SAC - Lírio	82.6 ± 6.2	15.2	18.3%
	SAC - Sem cultivo	74.2 ± 7.9	19.3	26.0%
<hr/>				
N _{total}	SAC - Helicônia	82.3 ± 6.6	16.1	19.6%
	SAC - Lírio	90.8 ± 3.0	7.5	8.2%
	SAC - Sem cultivo	73.0 ± 9.4	23.1	31.7%

De acordo com a Tabela 3, verifica-se que, de um modo geral, não houve diferença estatística ($P < 0,05$) entre os SAC's quanto às eficiências médias dos atributos avaliados. Apesar de não ter havido diferença, ocorreu tendência de maior eficiência de remoção de DBO, ST, T e N-total nos SAC's cultivados, quando comparados ao SAC sem cultivo. No caso da variável SS, apenas o SAC cultivado com Helicônia apresentou eficiência maior que o SAC sem cultivo.

Em relação à DBO, os resultados das eficiências obtidas nos SAC's cultivados com Helicônia (82,4%) e Lírio-do-brejo (92,2%) indicam que os mesmos foram eficientes na remoção do material biodegradável e podem ser considerados satisfatórios quando comparados a outros trabalhos de pesquisa tratando água residuária em SAC's, também cultivados com plantas ornamentais. Prata et al. (2013) obtiveram 83,5% de remoção de DBO em SAC's cultivados com Lírio Amarelo, recebendo uma TCO de 98 kg de DBO ha⁻¹ d⁻¹, semelhante a este trabalho, porém, com TDH de 2 dias. Os resultados obtidos neste trabalho são superiores aos encontrados por Zurita et al. (2009) que obtiveram remoções de DBO de 76,0% para SAC's cultivados com *Zantedeschia aethiopica* e 77,1% para SAC's cultivados com cultura mista (*Strelitzia reginae*, *Anthurium andreanum* e *Agapanthus africanus*), operando com TDH de 4 dias.

Considerando os padrões de lançamento de DBO ou tratamento com eficiência de remoção de DBO em, no mínimo, 60%, estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente N°430/2011 (Brasil, 2011), verifica-se que os efluentes de todos os SAC's atenderam aos padrões de lançamento.

De acordo com a Tabela 3, observa-se elevadas remoções de sólidos suspensos (SS) nos SAC's cultivados com Helicônia (81,5%) e Lírio-do-brejo (68,7%). De acordo com Metcalf & Eddy (2003), os SAC's são eficientes na remoção de SST em decorrência da sedimentação nos interstícios, retenção por restrição ao escoamento (filtração) e adesão aos grânulos do material suporte (em razão da ação da força de Van der Waals). No entanto, observa-se que apenas o SAC cultivado com Helicônia apresentou maior eficiência na remoção de sólidos suspensos (SS) em relação ao SAC sem cultivo (71,5%). Nesse caso, é possível que a menor eficiência de

remoção no SAC cultivado com o lírio-do-brejo em relação ao SAC sem cultivo possa estar relacionada ao fato de que, na rizosfera desta planta ornamental pode haver a formação de caminhos preferenciais que facilitem o arraste de sólidos suspensos fora dos SAC's, contribuindo para uma menor eficiência de remoção pelo sistema. Tal fato foi também verificado por Fia et al. (2016) e Matos et al. (2010). Segundo estes últimos autores, estima-se que esse comportamento poderá ser alterado com o tempo de operação dos SAC's, à medida que as raízes se aprofundarem mais no substrato poroso e/ou houver maior acúmulo de sólidos.

A eficiência de remoção de SS no SAC cultivado com helicônia foi superior ao obtido por Prata et al. (2013), que alcançaram 71,6% em SAC's cultivados com lírio-do-brejo, aplicando TCO semelhante a este trabalho, porém, com TDH maior (2 dias), no tratamento de efluente doméstico. Comparando-se com outros tipos de vegetação, observa-se que os resultados obtidos neste trabalho foram inferiores aos de Matos et al. (2010), que obtiveram eficiências de 86, 93, 90 e 89% na remoção de SST, em SAC's cultivados com taboa, alternanthera, capim tifton e SAC misto (cultivados com taboa, alternanthera e tifton), respectivamente, no tratamento de águas residuárias de suinocultura, com TCO média de 154,8 kg ha⁻¹ d⁻¹ de DBO.

Quanto à eficiência de remoção dos Sólidos Totais (Tabela 3), observa-se que mesmo não havendo diferença estatística, os SAC's cultivados com Helicônia e lírio-do-brejo proporcionaram elevadas eficiências (ambos em torno de 80%) em relação ao SAC sem cultivo (67,6%). Tais resultados podem ser considerados satisfatórios quando comparados com os resultados obtidos por Matos et al. (2010), que ao avaliarem a eficiência de SAC's cultivados com capim Tifton-85, Alternanthera e Taboa no tratamento de água residuária de suinocultura, não obtiveram eficiências superiores a 67% de remoção de ST, aplicando-se uma TCO média de 158,5 kg de DBO ha⁻¹ d⁻¹, porém com TDH muito maior (4,8 dias) que este trabalho (1,3 dias).

Embora não tenha havido diferença estatística entre os SAC's cultivados e o não cultivado na eficiência de remoção da turbidez (Tabela 3), verifica-se que os SAC's cultivados com Helicônia e lírio-do-brejo apresentaram tendência de proporcionarem maiores eficiências (83,4 e 82,6%, respectivamente) em relação ao SAC não cultivado (74%). Tal resultado já era esperado em razão da elevada eficiência de remoção obtida nos sólidos suspensos, atributo altamente correlacionado com a turbidez.

Os resultados de remoção de N-total, obtidos neste trabalho, foram estatisticamente iguais entre os SAC's (p>0,05) com médias de 82, 90 e 73% de remoção de N-total para Helicônia, Lírio e o SAC sem cultivo, respectivamente. Mesmo não havendo diferença significativa,

observa-se que os SAC's cultivados proporcionaram uma eficiência maior na remoção de N-total da água residuária de suinocultura, quando comparado com o SAC sem cultivo. De acordo Rossmann (2011), o melhor desempenho de SAC's vegetados em relação aos não vegetados na remoção de nitrogênio é decorrente da absorção deste nutriente pelas plantas e possivelmente, à presença de maior quantidade e diversidade de microrganismos nos SAC's vegetados, proporcionando melhores condições de desenvolvimento a estes, como por exemplo, maior estabilidade térmica e maior variedade e disponibilidade de alimentos. A maior quantidade e diversidade de microrganismos certamente potencializam os processos de decomposição e transformação das diferentes formas de nitrogênio e, conseqüentemente, diversificam ainda mais os caminhos da remoção.

As eficiências de remoção de N-total obtidas nos SAC's cultivados com Helicônia (82,3%) e Lírio-do-brejo (90,8%) podem ser consideradas altas, contrariando Vymazal (2007), que afirma que a eficiência de remoção deste nutriente varia entre 40 e 50%. De fato, os resultados obtidos neste trabalho foram superiores quando comparadas com outros trabalhos envolvendo plantas ornamentais, tais como os de Prata et al. (2013) e Zurita et al. (2009). Prata et al. (2013) obtiveram média de 49,4% de eficiência de remoção em SAC cultivado com Lírio amarelo, recebendo TCO semelhante ($98 \text{ kg de DBO ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$) ao deste trabalho, porém com TDH de 2 dias. Zurita et al. (2009) obtiveram remoções de 53,7 e 51,7% de N-total em SAC's cultivados com copo-de-leite e em SAC misto, respectivamente, com TDH de 4 dias, no tratamento de esgoto doméstico.

Comparando-se os resultados obtidos deste trabalho com SAC's cultivados com outras espécies vegetais, verifica-se que os resultados também foram superiores. Matos et al. (2010) obtiveram remoções de 51; 61; 64 e 64% de N-total em SAC's cultivados com taboa, alternanthera, tifton-85 e SAC misto (cultivados com taboa, alternanthera e tifton-85), respectivamente, no tratamento de água residuária da suinocultura, aplicando-se uma TCO de $158,5 \text{ kg de DBO ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$. Matos et al. (2012) obtiveram remoções de 51 a 70% e de 14 a 50% de N-total em SAC's cultivados com capim-tifton-85 e capim-elefante, respectivamente, no tratamento de águas residuárias de laticínios, com TDH de 4,8 dias. Fia et al. (2016) também não verificaram influência da vegetação em sistemas alagados construídos cultivados com Taboa e capim Tifton-85, na eficiência de remoção de nitrogênio da água residuária da suinocultura, alcançando-se valores entre 37 e 40%.

A elevada eficiência na remoção de N-total (73%) no SAC sem cultivo possa estar relacionada com elevada remoção de matéria orgânica nesses sistemas. Como o nitrogênio apresenta forte associação com o material orgânico (LO MONACO et al., 2009), a retenção

de material sólido (ST), que ficou em torno de 68%, de certa forma, pode também explicar os resultados de remoção alcançados em relação ao N-total nos SAC's sem cultivo. Dessa forma, quanto maior a remoção de sólidos totais da ARS, maiores as remoções de N-total.

Além disso, a elevada remoção de nitrogênio nos SAC's cultivados e não cultivados possam ser atribuídas à possível perda de nitrogênio por volatilização, evidenciada pelo elevado valor de pH durante o período de operação dos sistemas (Tabela 2), às maiores temperaturas durante o período experimental (meses de outubro à fevereiro), bem como o cheiro característico durante o período de operação dos sistemas. Como o manejo dos dejetos na suinocultura onde foi realizado o experimento é feito por raspagem, a maior parte do nitrogênio na água residuária está na forma amoniacal (oriundo da urina dos animais), concentrando-se ainda mais em razão da escassez hídrica ocorrida durante o período experimental. Com o pH em torno de 8,5 (Tabela 2), temperaturas maiores e a elevada concentração do nitrogênio na água residuária aplicada aos SAC's, é possível ter havido perda deste elemento por volatilização. Poach et al. (2004) observaram que a volatilização de NH_3 foi o mecanismo de remoção de N dominante (54-79%) quando se aplicaram cargas de N maiores ($15 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$) em SAC's no tratamento de águas residuárias de suinocultura.

6. CONCLUSÃO

- Os cultivos de Helicônia e Lírio-do-brejo em SAC's não apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,05$) na eficiência de remoção dos atributos avaliados, quando comparados ao SAC sem cultivo, durante o período de funcionamento dos sistemas.
- O SAC cultivado com o Lírio-do-brejo proporcionou eficiências médias de 92,2; 68,7; 79,9; 82,6 e 90,8%, e o SAC cultivado com a Helicônia-papagaio proporcionou eficiências médias de 82,4; 81,5; 80,6; 83,4 e 82,3%, na remoção de DBO, SS, ST, Turbidez e Nitrogênio Total, respectivamente.

7. POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO

De acordo com os resultados obtidos, verifica-se que os Sistemas Alagados Construídos proporcionam ótimos resultados no tratamento de águas residuárias em propriedades agroecológicas com criação de suínos. Há de se ressaltar que esses sistemas possuem potencial de utilização não só em propriedades agrícolas e agroecológicas com criação de suínos, mas também no tratamento de esgoto de qualquer propriedade agrícola, além de hotéis fazendas, pousadas, resorts, dentre outros. Além de contribuir com a preservação ambiental, esses

sistemas proporcionam um efeito paisagístico que valorizam o estabelecimento, tornando-o um referencial sustentável, ecologicamente correto e multiplicador dessa tecnologia.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BELMONT, M.A.; METCALFE, C.D. Feasibility of using ornamental plants (*Zantedeschia aethiopica*) in subsurface flow treatment wetlands to remove nitrogen, chemical oxygen demand and nonylphenol ethoxylate surfactants – a laboratory scale study. **Ecological Engineering, Amsterdam**, v.21, n.1, p.233-247, 2003.

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

BRASIL, M.S.; MATOS, A.T.; LO MONACO, P.A.V. Efeito da taxa de carregamento orgânico sobre a remoção de poluentes de esgoto em sistemas alagados construídos. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n.2, p. 319-331, 2013.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 430 de 13 de maio de 2011. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, 16 maio 2011.

CHAGAS, R.C.; MATOS, A.T.; CECOM, P.R.; LO MONACO, P.A.V.; ZAPAROLI, B.R. Remoção de coliformes em sistemas alagados construídos cultivados com lírio amarelo (*Hemerocallis flava*). **Engenharia na Agricultura**, v.20, n.2, p.142-150, 2012.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. Coletânea de tecnologias sobre dejetos de suínos. Concórdia: **EMBRAPA - CNPSA /EMATER/RS**, 30 p. 2002.

EUSTÁQUIO JÚNIOR, V.; MATOS, A.T.; LO MONACO, P.A.V.; CAMPOS, L.C.; BORGES, A.C. Efficiency of constructed wetland systems cultivated with black oats treatment of domestic sewage. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 34, n. 4, p. 391-398, 2012.

FIA, F. R. L.; MATOS, A. T.; FIA, R.; BORGES, A. C.; CECOM, P. R. Efeito da vegetação em sistemas alagados construídos para tratar águas residuárias de suinocultura. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, n.1, p. 1-9, 2016.

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.8, p.842–847, 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estatística da Produção Pecuária**, 2017. Indicadores IBGE. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Fasciculo_Indicadores_IBGE/abate-leite_couro-ovos_201701caderno.pdf>. Acesso em: 03 agosto 2017.

ITRC – Interstate Technology & Regulatory Council. *Technical and Regulatory Guidance Document for Constructed Treatment Wetlands*. New Jersey: ITRC, December/2003. 199p.

KADLEC, R. H.; WALLACE, S. D. **Treatment wetlands**. 2nd ed. Boca Raton: CRC, 2008.

KADLEC, R.H.; WALLACE, S.D. **Treatment wetlands**. 2. Ed., New York, Taylor & Francis Group, 2009. 1016p.

LO MONACO, P. A. V.; MATOS, A. T.; SARMENTO, A. P.; LOPES JÚNIOR, A. V.; LIMA, J. T. Desempenho de filtros constituídos por fibras de coco no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.17 n.6, p.473-480, 2009.

MANNARINO, C. F.; FERREIRA, J. A.; CAMPOS, J. C.; RITTER, E. Wetlands para tratamento de lixiviados de aterros sanitários - experiências no aterro sanitário de Piraí e no aterro metropolitano de Gramacho (RJ). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 11, n. 2, p. 108-112, 2006.

MATOS, A. T.; ABRAHÃO, S. S.; LO MONACO, P. A. V. Eficiência de sistemas alagados contruídos na remoção de poluentes de águas residuárias de laticínios. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.32, n.6, p. 1144-1155, 2012.

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. **Ambi-Água**, Taubaté, v.3, n.01, p.43-53, 2008.

MATOS, A. T.; FREITAS, W. S.; BORGES, A. C. Estudo cinético da remoção de matéria orgânica de águas residuárias da suinocultura em sistemas alagados construídos cultivados com diferentes espécies de vegetais, **Engenharia Agrícola**, v.31, n.6, p.1179-1188, 2011.

MATOS, A. T.; FREITAS, W. S.; LO MONACO, P. A. V. Capacidade extratora de diferentes espécies vegetais cultivadas em sistemas alagados utilizados no tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Ambi-Água**, Taubaté, v.4, n.2, p.31-45, 2009.

MATOS, A.T.; ABRAHÃO, S.S.; BORGES, A.C; MATOS, M.P. Influência da taxa de carga orgânica no desempenho de sistemas alagados construídos cultivados com forrageiras. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.15, n.1. p.83-92, 2010.

MATOS, A.T.; CHAGAS, R.C.; AZEVEDO, A. A.; LO MONACO, P.A.V.; ZAPAROLI, B.R. Desempenho agrônômico do lírio amarelo cultivado sob diferentes taxas de aplicação de esgoto doméstico em sistemas alagados construídos. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.21, n.01, p.79-88, 2013.

METCALF & EDDY. Inc. Wastewater Engineering treatment Disposal Reuse. 4. ed. New York, McGraw - Hill Book, 1815p. 2003.

MONTEIRO, R. C. M; BORGES, A. K. P; TAU-K-TORSIELLO, S. M.; DOMINGOS, R. N. Protótipos de sistemas alagados construídos de áreas alagadas para tratamento de efluentes de piscicultura. **HOLOS Environment**, v.8, n.2. p.119-131, 2008.

PELISSARI, C.; DESCEZARO, S. T.; SEZERINO, P. H.; CARVALHO JUNIOR, O.; WOLFF, D. B.; PHILIPPI, L. S. Wetlands construídos de fluxo vertical empregado no tratamento de efluente de bovinocultura leiteira. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 1, n. 2, p. 223-233, 2013.

POUCH, M.E; HUNT, P.G.; REDDY, G.B.; STONE, K.C.; MATHENY, T.A.; JOHNSON, M.H.; SADLER, E.J. **Journal Environmental Quality**, v.33, n.3, p. 844-851, 2004.

PRATA, R. C. C.; MATOS, A. T.; CECON, P. R.; LO MONACO, P. A. V.; PIMENTA, L. A. Tratamento de esgoto sanitário em sistemas alagados construídos cultivados com lírio amarelo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.33, n.6, p. 1144-1155, 2013.

ROSSMANN, M. Sistemas alagados construídos para tratamento de águas residuárias do processamento dos frutos do cafeeiro: eficiência e caracterização das comunidades microbianas. 2011. 77f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011, 77.

SHEPHERD, H.L.; GRISMER, M.E.; TCHOBANOGLOUS, G. Treatment of High-Strength Winery Wastewater using a Subsurface Flow Constructed Wetland. **Water Environmental Research**, v.73, n.4, p.394-403, 2001.

VYMAZAL, J. Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. **Science of the Total Environment**, v. 380, n. 1-3, p. 48-65, 2007.

VYMAZAL, J. Review: the use constructed wetlands with horizontal subsurface flow for various types of wastewater. **Ecological Engineering**, v.35, p.1–17, 2009.

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, 2009.

9. ANEXOS



Figura 1 – Sistema em funcionamento.



Figura 2 - Sistemas Alagados Construídos em funcionamento.



Figura 3 - Sistemas Alagados Construídos em funcionamento.



Figura 4 – Flor da Helicônia-papagaio.



Figura 5 – Sistema implantado.



Figura 6 – Sistema implantado.

ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC II)

Nº _____

Ata de Defesa do Trabalho de Conclusão de Curso como requisito parcial para avaliação no componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II e obtenção do Título de Graduação em Agronomia pelo Ifes Campus Santa Teresa.

Data da Defesa: 12/09/2017

Candidato(a): Debora Mara Soela

Orientador(es): Paulo Alfonso Vieira Lo Monaco

Título do Trabalho de Conclusão de Curso: "Tratamento de água residual de piscicultura com sistemas alagados construídos com lodo de lagoa + Heliconia - papagaio"

Em sessão pública, após exposição de cerca de 20 minutos, o(a) candidato(a) foi arguido(a) oralmente pelos membros da banca, tendo como resultado:

- Aprovação unânime do Trabalho de Conclusão de Curso.
- Aprovação somente após satisfazer as exigências pré-determinadas pela Banca Examinadora no prazo fixado pelo Regulamento banca (não superior ao término do período letivo)
- Reprovação o Trabalho de Conclusão de Curso

Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é abaixo assinada pelos membros da banca, na ordem abaixo determinada, e pelo candidato.

Assinatura: Paulo Alfonso Vieira Lo Monaco
Nome: Paulo Alfonso Vieira Lo Monaco
Presidente da Banca

Assinatura: Adilson
Nome: Adilson de Oliveira Miranda
Examinador(a) I

Assinatura: Diogo Lopes
Nome: Diogo Lopes
Examinador(a) II

Assinatura: Debora Mara Soela
Nome: Debora Mara Soela
Candidato

Santa Teresa (ES), 12 de setembro de 2017.

Figura 7 – Folha de aprovação por banca examinadora.