

INFLUÊNCIA DA ESPÉCIE VEGETAL CULTIVADA NAS CONDIÇÕES REDOX DE SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUÍDOS

ANTONIO T. DE MATOS¹, WALLISSON DA S. FREITAS², MOZART DA S. BRASIL³, ALISSON C. BORGES⁴

RESUMO: Em vista da escassez de informações sobre a influência de diferentes macrófitas nas condições ambientais de Sistemas Alagados Construídos (SACs), monitorou-se o potencial redox (Eh) da água residuária da suinocultura (ARS) em tratamento, em 5 SACs, com dimensões de 24,0 m x 1,1 m x 0,70 m. A ARS, previamente tratada em filtros, foi aplicada numa vazão de 0,8 m³ d⁻¹, com tempo de residência aproximado de 4,8 d. Nos SAC1, SAC2 e SAC3 foram plantados, respectivamente, taboa (*Typha latifolia* L.), alternanthera (*Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb) e capim tifton-85 (*Cynodon dactylon* Pers.); no SAC4 foi plantado, no primeiro terço do tanque, alternanthera, no segundo terço, taboa e no terceiro terço, capim tifton-85. No SAC5, nada foi plantado. Coletaram-se amostras do afluente luate dos filtros e nos pontos de coleta posicionados a 4; 8; 12; 16; 20 e 24 m (saída) de cada SAC. Os valores de Eh nos afluentes dos SACs variaram entre -18 e -152 mV, entretanto, houve predomínio de condições anóxicas/aeróbias, geralmente a partir de 4 m nos sistemas. Os efluentes dos SACs apresentaram potencial redox que variou de 53 a 226 mV. Houve tendência de mais rápida oxigenação das águas residuárias no SAC1, cultivado com a taboa e, a partir de 12 m de percurso, a condição redox do meio foi semelhante em todos os SACs.

PALAVRAS-CHAVE: macrófitas, potencial de oxirredução, suinocultura, tratamento de águas residuárias, wetlands.

INFLUENCE OF PLANT SPECIES CULTIVATED ON REDOX POTENTIAL IN CONSTRUCTED WETLAND SYSTEMS

ABSTRACT: Taking account to the scarcity of information about the influence of different macrophytes in environmental conditions of constructed wetlands (CWs), the redox potential (Eh) of swine wastewater (SW) was monitored under treatment in 5 CWs beds (24.0 x 1.0 x 0.7 m). After previous treatment in filters, SW was treated in CWs under a flow rate of 0.8 m³ d⁻¹ with residence time of approximately 4.8 d. In CW#1, CW#2 and CW#3, were planted, respectively, cattail (*Typha latifolia* L.), alternanthera (*Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb) and Tifton-85 bermudagrass (*Cynodon dactylon* Pers.). In CW#4 (multivegetated) was planted althernanthera (1st third of CW), cattail (2nd third of CW) and Tifton-85 (last third of CW). The CW#5 was monitored as the control bed (unvegetated). Samples were collected in the following points: influent and effluent of the filters and at 4; 8; 12; 16; 20 and 24 m (exit) of each CW. The values of Eh in the influents of the CWs ranged between -18 and -152 mV, however, there was a predominance of anoxic/aerobic conditions, usually from 4 m of the disposal of SW in CWs. The CWs effluents showed Eh that ranged from 53 to 226 mV. There was a tendency for more rapid oxygenation of the wastewater in CW#1, cultivated with cattail and, from 12 m-length in beds, the Eh of the environment was similar in all CWs.

KEYWORDS: macrophytes, redox potential, swine production, wastewater treatment, wetlands.

¹ Eng^o Agrícola, Prof. Associado, Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa - MG, atmatos@ufv.br

² Eng^o Agrícola, Prof. Doutor, IF Norte de Minas Gerais, Januária - MG.

³ Eng^o Agrônomo, Prof. Doutor, IF Rio Grande do Norte, Ipanguaçu - RN.

⁴ Eng^o Civil, Prof. Adjunto, Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa - MG, borges@ufv.br.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 4-1-2009

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 12-12-2009

INTRODUÇÃO

No tratamento das águas residuárias da suinocultura (ARS), a remoção dos poluentes pode ser feita de diversas formas. Dentre as soluções simples, propostas para tratamento de águas residuárias ricas em material orgânico, como é o caso das provenientes de granjas suínícolas, distingue-se a adoção de Sistemas Alagados Construídos (SACs), por serem uma forma viável e não onerosa para seu tratamento. Os SACs (também conhecidos como *wetlands* construídas) têm sido usados com bons resultados no tratamento de efluentes diversos (HUNT & POACH, 2001), com possibilidade de uso agrícola do efluente tratado (SANDRI et al., 2006).

Os SACs devem ser operados de tal forma, a se manter as condições do meio predominantemente saturadas. Dentre seus componentes fundamentais, estão as macrófitas aquáticas, o substrato e o biofilme de microrganismos formado no meio, responsáveis, direta ou indiretamente, pela ocorrência dos mecanismos de remoção de poluentes (MARQUES, 1999).

Nesses sistemas, a água flui lateralmente e é purificada durante contato com a superfície do substrato, rizomas e raízes, local de concentração do biofilme de bactérias decompositoras do material orgânico. A oxidação do meio é feita, dependendo da espécie vegetal cultivada, via rizomas das plantas e por difusão do ar atmosférico na superfície do meio suporte, possibilitando a formação de sítios aeróbios e anaeróbios dentro do tanque de escoamento da água residuária, característicos nesses sistemas (MARQUES, 1999).

Dentre as funções das plantas nos SACs, está a de facilitar a entrada de O₂ e a saída de CH₄, CO₂, N₂O e H₂S do sistema (TANNER, 2001). Segundo MARQUES (1999), na maior parte dos SACs, predomina a condição anaeróbia, com formação de sítios aeróbios adjacentes aos rizomas e raízes, entretanto essa situação pode ser alterada se forem cultivadas macrófitas aquáticas com maior capacidade de captar ar atmosférico pelas folhas e transferi-lo para os rizomas e raízes, por meio dos aerênquimas. A liberação de oxigênio na zona radicular cria condições de oxidação no meio, que estimula a decomposição aeróbia ou anóxica do material orgânico, o crescimento de bactérias nitrificantes e a inativação de compostos que seriam tóxicos às raízes das plantas. Estima-se que, para cada cinco moléculas de oxigênio destinadas à respiração das raízes das plantas, apenas uma é disponibilizada para a rizosfera, assumindo-se que todo gás carbônico respiratório é solubilizado na água, ao redor das raízes.

Dentre as plantas que podem ser cultivadas em SACs estão a taboa (BRASIL et al., 2007), o capim tifton-85 (MATOS et al., 2008) e a *Alternanthera*. A taboa é uma planta aquática, emergente, perene, rizomatosa, com folhas compridas, eretas, lineares, com bainha desenvolvida, possui folhas lineares, ensiformes, espessas, esponjosas, coriáceas e lineares oblongas, de até 4 metros de comprimento (BARROS, 2005). A *alternanthera* também é conhecida, em alguns locais no Brasil, como tripa-de-sapo e no sul dos EUA como *alligator-weed* (BARROS, 2005). O *Cynodon dactylon*, conhecido popularmente como grama-seda ou grama-de-lavadeira, é uma planta perene, com caule rasteiro, estolonífero e folhas glabras, curtas e, freqüentemente, dispostas em duas fileiras (BARROS, 2005). O Tifton-85 é uma cultivar que apresenta rizomas e estolões vigorosos, que se multiplica por meio de mudas enraizadas ou estolões, desenvolvendo-se bem em regiões tropicais e subtropicais.

Macrófitas aquáticas podem transferir de 5 a 45g m⁻² d⁻¹ de O₂ em sistemas alagados (MARQUES, 1999). O potencial de oxirredução (Eh) pode ser definido como sendo a facilidade com que determinado substrato ganha ou perde elétrons. Quando um elemento perde elétrons ele é dito oxidado e quando ganha elétrons, é reduzido. Valores positivos de Eh estão associados à presença de oxigênio no meio. Em ambientes aeróbios o Eh apresenta valores acima de 100 mV; em condições anóxicas o Eh se encontra na faixa de -100 a +100 mV e em condições anaeróbias o Eh fica abaixo de -100 mV.

BRASIL (2005) obteve valores efluentes entre -109 e +183 mV no efluente de SACs utilizados no tratamento do efluente de tanques sépticos. CHAGAS (2008) obteve, em todos os

SACs avaliados, valores de Eh negativos (-152 a -112 mV) no afluente e positivos (+98 a +120 mV) no efluente, em SACs cultivados com lírio amarelo. Em 2 anos de operação, DUŠEK et al. (2008) observaram variações entre -400 e +800 mV em SACs tratando esgoto doméstico.

Considerando-se que a capacidade de oxigenação da rizosfera é de fundamental importância no processo, tendo em vista que possibilita a oxidação da matéria orgânica, a transformação de algumas formas iônicas e a precipitação de alguns poluentes, estudos a respeito da influência da espécie de planta, em que quantidade e de que forma a oxigenação do meio se processa, têm sido demandados. Objetivou-se, com a realização deste trabalho, avaliar a capacidade de três espécies vegetais, cultivadas em separado e em cultivo consorciado, em alterar o potencial redox em Sistemas Alagados Construídos utilizados no tratamento de águas residuárias da suinocultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi constituído por cinco sistemas alagados, construídos com escoamento subsuperficial horizontal (SACs) para tratamento de ARS, construídos paralelamente em valas escavadas no solo (Figura 1), com dimensões de 0,7 m de altura (sendo 0,4 m de substrato), 1,1 m de largura e 24,0 m de comprimento, impermeabilizados com geomembrana de PVC (Figura 2), com espessura de 0,5 mm. Todos os SACs tinham declividade do fundo de $0,005 \text{ m m}^{-1}$.

Como meio de suporte, utilizou-se brita 0 (diâmetro – $D_{60} = 7,0 \text{ mm}$; $CU D_{60}/D_{10} = 1,6$ e volume de vazios de 48,4%) (BRASIL et al., 2007), o que lhe conferiu uma condutividade hidráulica em meio saturado de 7.970 m d^{-1} .

A fim de proceder a um tratamento primário, a ARS, antes de ser aplicada nos SACs, passou por filtro orgânico com leito de bagaço de cana-de-açúcar picado, utilizando o equipamento Desintegrado/Picador/Moedor, nº1, seguindo recomendações de MAGALHÃES et al. (2006). A ARS filtrada era, então, conduzida para caixas de controle com capacidade de $1,0 \text{ m}^3$, sendo a vazão controlada por válvulas esféricas.

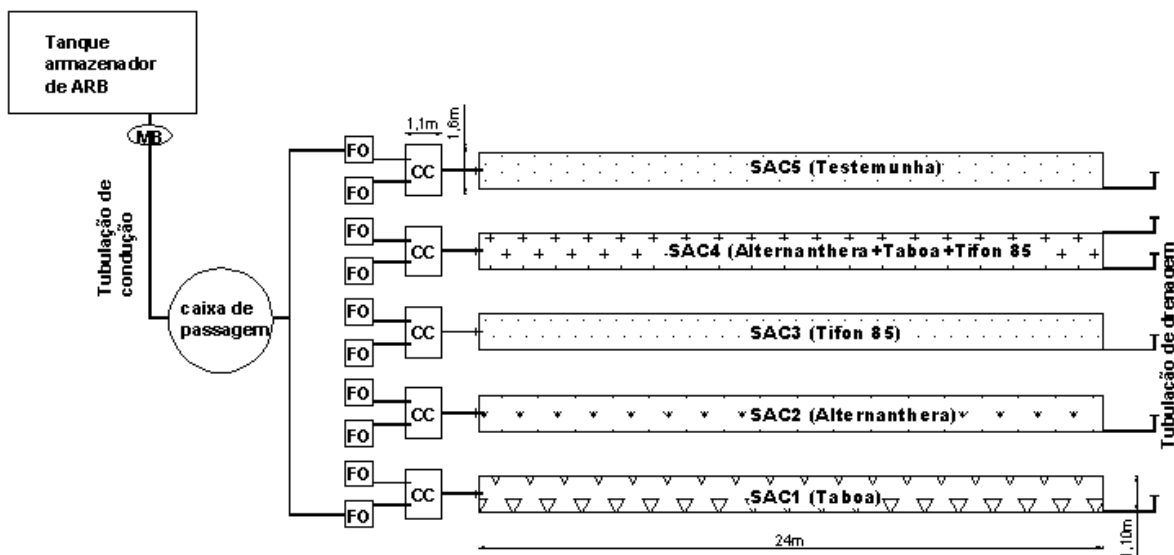


FIGURA 1. Perfil esquemático da estação experimental de tratamento; MB: conjunto motobomba; FO: filtro orgânico; CC: caixa de controle de vazão. **Scheme of experimental treatment station; MB: motor pump; FO: organic filter; CC: reservoir of flow rate control.**

A fim de facilitar a coleta de amostras da ARS em escoamento, foram instalados, ao longo dos SACs, na posição vertical, tubos de PVC com 32 mm de diâmetro, 1 m de altura e furos de 2 mm de diâmetro (Figura 2). Esses tubos foram dispostos 2 a 2, emparelhados no sentido transversal, distanciados de 4 em 4 m, no sentido longitudinal, inseridos até a geomembrana impermeável no fundo dos leitos, constituindo cinco pontos de coleta de amostras da água

residuária em cada SACs. O dispositivo de descarga da água residuária dos SACs foi composto por tubos de PVC 100 mm, perfurados e encaixados no fundo de cada SAC, com sistemas de conexões que permitiam que o nível da água no sistema se mantivesse rente ao nível do substrato (0,40 m).

A distribuição dos tratamentos foi feita da seguinte forma: **SAC1**: totalmente cultivado com *Typha latifolia* L. (taboa); **SAC2**: totalmente cultivado com *Alternanthera philoxeroides* (Mart) Griseb (alternanthera); **SAC3**: totalmente cultivado com *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (tifton-85); **SAC4**: cultivado no primeiro terço com Alternanthera, no segundo terço com taboa e no terço final com tifton-85; **SAC5**: sem cultivo de nenhuma espécie vegetal (controle).

A seleção das espécies vegetais a serem cultivadas nos SACs foi baseada no fato delas apresentarem crescimento rápido, possibilitarem cortes freqüentes, serem perenes e adaptadas às condições climáticas da maior parte do Brasil. As três espécies foram plantadas no espaçamento triangular de 0,3 m de maneira a cobrir toda a superfície dos SACs.



FIGURA 2. Vista parcial da montagem dos sistemas alagados e do sistema de aplicação da água residuária. **Partial view of the constructed wetlands and systems of wastewater application.**

Antes do plantio e durante o estabelecimento das plantas, os cinco SACs foram saturados com ARS, com o objetivo de iniciar a formação do filme biológico e fornecimento de nutrientes para elas. O plantio de todas as espécies vegetais foi iniciado entre os meses de abril e maio, tendo sido feitas aplicações esporádicas de água de curso d'água próximo à área experimental, para manutenção dos níveis de água nos SACs.

O material de propagação da taboa foi constituído pela manutenção de praticamente todo o sistema radicular e aproximadamente 0,80 m da parte aérea das plantas. No caso da alternanthera, foram plantados segmentos de caule com 4 a 5 nós, mantendo-se apenas metade do segmento coberto com brita do meio-suporte. O tifton-85 foi plantado por meio de mudas com raízes densas e folhas praticamente secas. Em dezembro, estando a densidade de plantas adequada, foi iniciada a aplicação diária da ARS efluente dos filtros orgânicos, dando-se início à operação do sistema.

Em cada SAC foram aplicados $0,8 \text{ m}^3$ de ARS filtrada por dia, distribuindo-se a aplicação, em igual vazão, ao longo do dia, correspondendo a um tempo de residência hidráulica aproximado de 4,8 dias e uma taxa de aplicação média de $154,8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ de DBO em cada SAC.

Ao longo do período experimental, foram realizadas onze amostragens da ARS afluyente e ao longo dos diferentes pontos de coleta em cada SAC.

Na manhã anterior ao dia de coleta das amostras, os cinco pontos de coletas intermediários (tubos de amostragem) dos SACs eram drenados, utilizando-se bombas de sucção, para evitar a coleta de resíduos de lodos acumulados ou de água estagnada. Na manhã seguinte, coletavam-se as amostras com o uso de seringas feitas com tubos e conexões de PVC e mangueira flexível, succionando-se, em cada ponto de coleta, líquido do fundo, do meio e próximo à superfície. As amostras em cada ponto eram compostas por duas subamostras colhidas nos dois tubos, metade (250 cm^3) em um tubo e o restante em outro, posicionado ao lado. As coletas foram feitas no horário de 8 às 11 horas, sempre seguindo o suposto sentido de menor concentração do efluente para o de maior concentração, ao longo do SAC.

Durante as coletas, as amostras foram acondicionadas em caixas térmicas e imediatamente conduzidas ao laboratório para serem efetuadas as medições de potencial redox. A medição foi realizada utilizando-se um potenciômetro de bancada “DIGIMED DM-20” (eletrodo combinado ORP DMR - CP1) com resolução de 0,1 mV.

A fim de verificar se os valores efluentes dos cinco SACs atendiam às pressuposições da casualidade, aplicaram-se os testes de Bartlett e Lilliefors para verificar a homogeneidade e a normalidade, respectivamente, tomando-se as 11 coletas como repetições. Quando os dados apresentavam homogeneidade de variâncias e normalidade, procedeu-se à análise de variância, seguida do teste de Tukey, a 5% de probabilidade, quando havia diferença significativa entre as médias. Nos casos em que os requisitos de homogeneidade ou de normalidade não foram atendidos, utilizou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, para comparar se havia ou não diferença significativa entre os dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3, estão apresentadas as variações do potencial redox (Eh) das amostras coletadas nos cinco SACs e a média destas coletas. A ausência dos resultados da segunda e terceira coletas deve-se ao fato de não ter sido possível efetuar as leituras do potencial redox nas amostras.

O potencial redox aumentou, gradativamente, de uma condição negativa nos afluentes para positiva nos efluentes, concordando com os resultados obtidos por GARCIA et al. (2004), BRASIL (2005) e DUŠEK et al. (2008), comprovando que há suprimento de O_2 para o efluente ao longo dos SACs, seja pelas plantas ou difundido diretamente do O_2 atmosférico, através da superfície do meio-suporte.

Em praticamente todos os SACs, os valores de potencial redox se tornaram positivos antes dos 8 m iniciais. Nota-se também que, a partir da sétima coleta de amostras de águas residuárias nos SACs, houve maior resistência ao aumento do potencial redox nos 4 m iniciais dos SACs, o que pode ter sido decorrente de maior acúmulo de material orgânico no meio poroso, indicando a necessidade de que o sistema deva ser deixado, periodicamente, em repouso, possibilitando a recuperação da capacidade oxidativa do SAC. Verificou-se, no entanto, tendência de haver mais rápido aumento nos valores de potencial redox com o tempo ou percurso de escoamento da água residuária nos SACs nas primeiras coletas. Desse modo, a porção final dos SACs é ambiente mais favorável, em termos energéticos, para que ocorram reações bioquímicas.

CHAGAS (2008) obteve, em todos os SACs avaliados, valores de Eh negativos apenas no início do percurso da água residuária em SACs cultivados com lírio amarelo. Até os primeiros 4 m de percurso, houve rápido aumento nos valores desta variável, tornando-se francamente positivos. DUŠEK et al. (2008), afirmaram que os SACs possuem a vantagem de se configurarem como extremamente dinâmicos em relação aos valores de potencial redox. Os autores monitoraram as variações no potencial redox por 2 anos em SACs, tratando esgoto doméstico na República Tcheca, e concluíram que as variações são mais pronunciadas nas camadas superiores dos sistemas. Torna-se importante ressaltar que o estudo foi realizado sob condições de clima temperado.

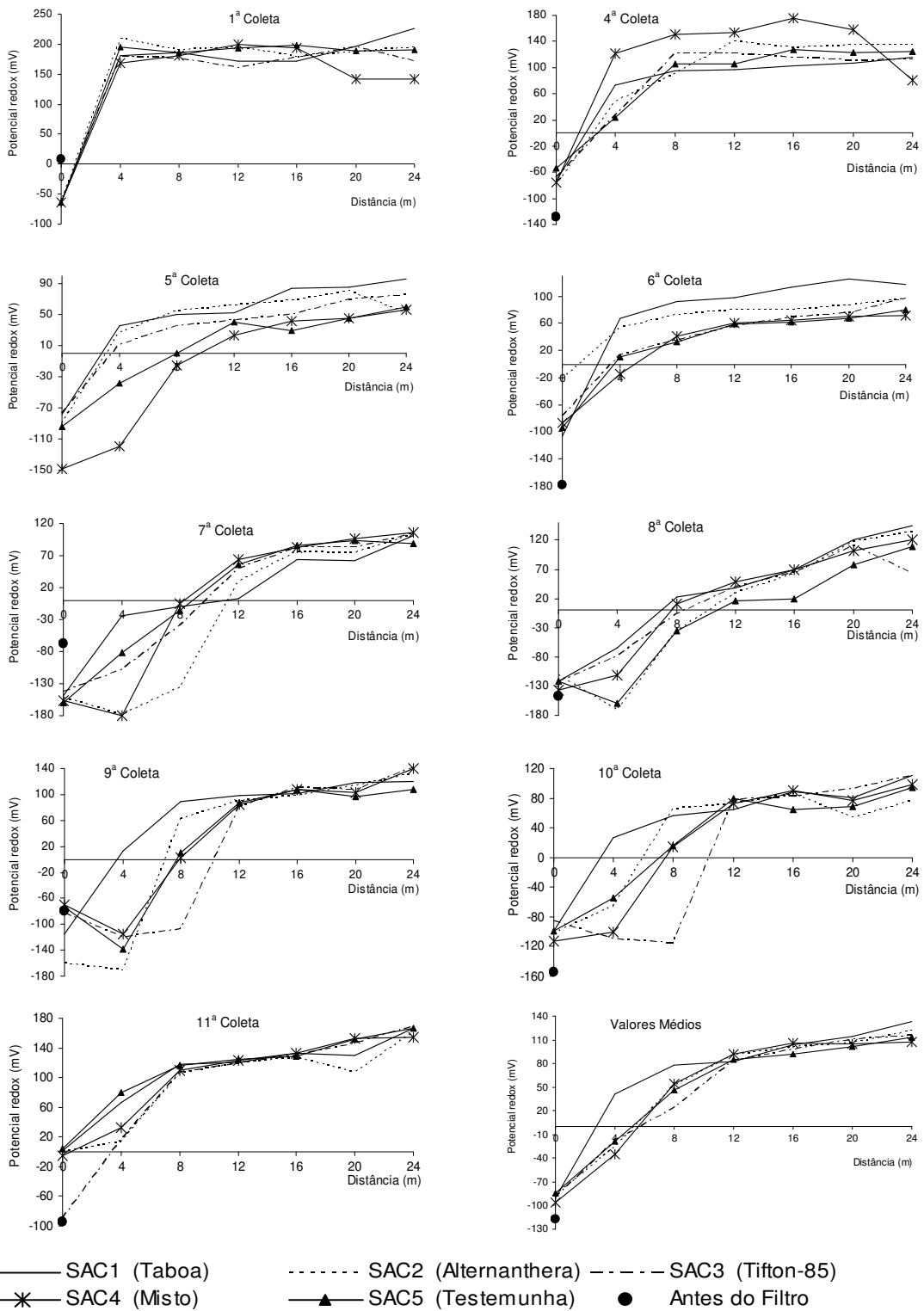


FIGURA 3. Valores por coleta realizada e médias do potencial redox da água residuária ao longo do comprimento dos SACs. **Values of Eh of swine wastewater along CWs length.**

Os resultados desta pesquisa sugerem que os SACs operaram sob predominância de condição anóxica, embora condições aeróbias tenham surgido nas posições finais dos SACs. Ainda que houvesse ausência de O₂, os nitratos disponíveis no meio líquido podem ser usados na respiração de organismos aparelhados a usá-los, tornando o sistema anóxico.

CHAGAS (2008) observou ocorrência de condições anaeróbias apenas no primeiro sexto dos SACs utilizados no tratamento de esgoto doméstico, utilizando lírio amarelo como planta cultivada no meio suporte. A partir dos primeiros 4 m, a autora também verificou a predominância de

condições anóxicas/aeróbias. Na Figura 4, está apresentada, no período de monitoramento, a variação temporal do potencial redox no afluente (média obtida nas medições efetuadas em amostras coletadas nos pontos 0 m de cada SAC) e nos efluentes dos cinco SACs. Os valores afluentes variaram entre -18 e -152 mV, e os efluentes dos cinco SACs variaram entre 53 e 226 mV.

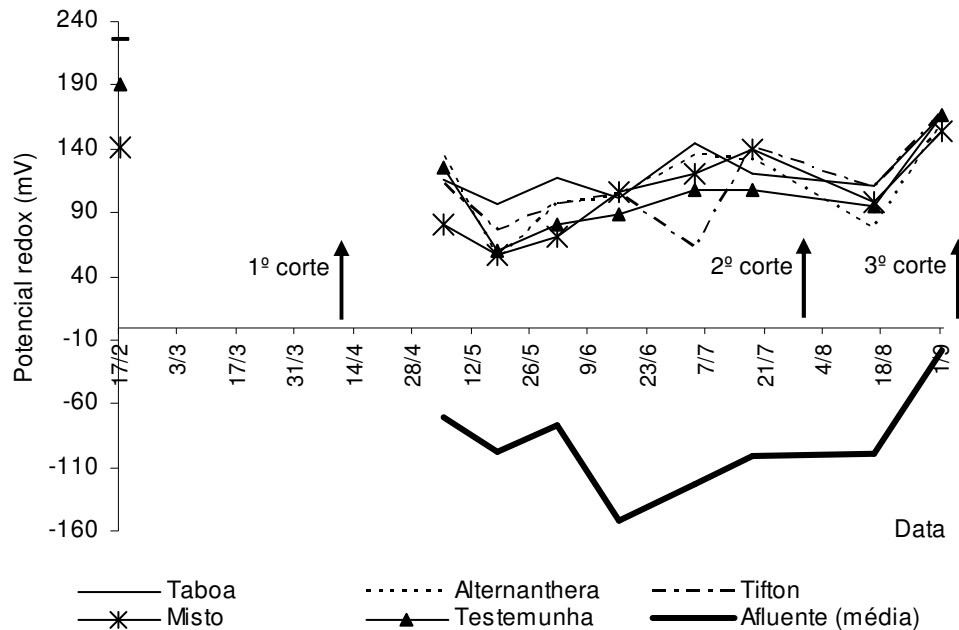


FIGURA 4. Variação temporal do Eh no afluente (média) e nos efluentes dos cinco SACs. **Temporal profiles of Eh values in influent and effluent of CWs.**

Os valores obtidos chegaram a superar os obtidos por BRASIL (2005), que registrou valores efluentes entre -109 e +183 mV; LIENARD (1987), que obteve valor máximo de +150 mV e CHAGAS (2008) que obteve valores entre +98 e +120 mV, sendo que todos os autores trabalharam com esgoto doméstico. Pelo fato da taboa possuir sistema de aerênquimas mais desenvolvido, que poderiam suprir o meio ao redor das raízes com maior quantidade de oxigênio, esperava-se que o SAC cultivado com essa planta apresentasse maior aumento no potencial redox; no entanto, verificou-se que os valores dos efluentes dos SACs cultivados com as outras espécies e mesmo o SAC não cultivado proporcionaram resultados estatisticamente iguais entre si ($p > 0,05$).

Avaliando-se os valores médios de Eh apresentados, verifica-se tendência de mais rápida oxigenação das águas residuárias no SAC1, cultivado com esta espécie vegetal (taboa), embora a partir dos 12 m essas diferenças já não possam ser observadas. Esse maior percurso ou tempo de exposição às condições anóxicas/aeróbias no SAC1 pode ser, no entanto, fator importante para que se consiga promover maior remoção da carga orgânica e reações de oxidação importantes na depuração das águas residuárias. Os outros SACs, incluindo-se o SAC4, cultivado com as três espécies vegetais em seqüência e o SAC5 (testemunha sem cultivo de plantas) não proporcionaram condições redox diferentes para o meio, quando se avaliam os valores médios medidos.

Torna-se importante ressaltar que a redução ocorrida nos valores de potencial redox, nas amostras da nona e décima coletas, pode estar associada ao efeito do corte efetuado anteriormente nas plantas. A diminuição da capacidade do sistema em aerar a zona radicular das plantas deve ocorrer com a redução da massa verde das plantas. Além disso, a morte de raízes, em decorrência dos cortes, aumentou a carga orgânica a ser decomposta, diminuindo a quantidade de oxigênio no meio. Estas suposições confirmam-se ao se verificar que, no SAC5, não cultivado, não houve redução tão acentuada tal como observado nas amostras coletadas nos SACs cultivados, demonstrando a contribuição das plantas na oxigenação destes.

CONCLUSÕES

- Houve predominância de condições anóxicas/aeróbicas nos SACs.
- Condições de anaerobiose não mais foram observadas após os primeiros 4 m de percurso de escoamento nos SACs.
- A espécie de planta não influenciou na condição redox do meio, embora a taboa tenha proporcionado, quando cultivada sozinha, mais rápido aumento no valor de Eh na água residuária em tratamento.
- SACs cultivados com espécies vegetais podem ser considerados sistemas dinâmicos, aptos a se adaptarem às cargas aplicadas, de acordo com as condições físicas e ambientais existentes.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento do estudo.

REFERÊNCIAS

- BARROS, A.L. *Morfoanatomia e teor de nutrientes em três espécies vegetais cultivadas em sistema “wetland construído”*. 2005. 70 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2005.
- BRASIL, M.S. *Desempenho de sistema alagado construído para tratamento de esgoto doméstico*. 2005. 160 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Ambientais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2005.
- BRASIL, M.S.; MATOS, A.T.; SOARES, A.T. Plantio e desempenho fenológico da taboa (*Thypha* 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.
- CHAGAS, R.C. *Utilização de lírio amarelo (Hemerocallis flava) em sistemas alagados construídos para tratamento de esgoto doméstico*. 2008. 75 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Ambientais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2008.
- DUŠEK, J. PIEK, T. ČÍŽKOVÁ, H. Redox potential dynamics in a horizontal subsurface flow constructed wetland for wastewater treatment: diel, seasonal and spatial fluctuations. *Ecological Engineering*, Amsterdam, v.34, n.3, p.223, 232, 2008.
- GARCIA, J.; AGUIRRE, P.; MUJERRIEGO, R.; HUANG, Y.; ORTIZ, L.; BAYONA, J.M. Initial contaminant removal performance factors in horizontal flor reed beds used for treating urban wastewater. *Water Research*, Oxford, v.38, p.1.669-1.678, 2004.
- HUNT, P.G.; POACH, M.E. State of the art for animal wastewater treatment in constructed wetlands. *Water Science and Technology*, Londres, v.44, n.11-12, p.9-25, 2001.
- LIENARD, A. Domestic wastewater treatment in tanks with emergent hydrophytes: latest results of a recent plant in France. *Water Science and Technology*, Londres, v.19, n.12, p.373-375, 1987.
- MAGALHÃES, M.A.; MATOS, A.T.; DENÍCULI, W.; TINOCO, I.F.F. Operação de filtros orgânicos no tratamento de águas residuárias de suinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.10, n.2, p.472-478, 2006.
- MARQUES, D.M. Terras úmidas construídas de fluxo subsuperficial. In: CAMPOS, J.R. (Coord.). *Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo*. Rio de Janeiro: ABES, 1999. p.409-435.

MATOS, A.T.; ABRAHÃO, S.S.; PEREIRA, O.G. Desempenho agronômico de capim Tifton-85 (*Cynodon* spp.) cultivado em sistemas alagados construídos utilizados no tratamento de água residuária de laticínios. *Revista Ambi-Água*, Taubaté, v.3, n.1, p.43-53, 2008.

SANDRI, D.; MATSURA, E.E.; TESTEZLAF, R. Teor de nutrientes na alface irrigada com água residuária aplicada por sistemas de irrigação. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.26, n.1, p.45-57, 2006.

TANNER, C.C. Plants as ecosystem engineers in subsurface-flow treatment wetlands. *Water Science and Technology*, Londres, v.44, n.11-12, p.9-17, 2001.