Artigo DOI: 10.14295/2238-6416.v70i5.467

USO DE SISTEMA ALAGADO CONSTRUÍDO PARA TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE TANQUE DE RESFRIAMENTO DE LEITE: REMOÇÃO DE DBO E DQO

Use of constructed wetlands for treatment of milk cooling tank wastewater: removal of BOD and COD

Claudety Barbosa Saraiva[1], Paulo Henrique Costa Paiva[1]*

RESUMO

O trabalho teve como objetivo utilizar sistemas alagados construídos de escoamento horizontal superficial (SACsEHSS) para tratamento de água residuária de tanque de resfriamento de leite, avaliando as suas respectivas eficiências em função das taxas de remoção de DBO e DQO. Os tratamentos atingiram uma eficiência relativamente elevada na remoção da DBO, mas não atenderam o padrão estabelecido pela legislação para o lançamento de efluentes em corpos d'água. No entanto, em relação à DQO todos os tratamentos apresentaram DQO dentro do limite estabelecido pela legislação.

Palavras-chave: remoção de matéria orgânica; eflluente; eficiência.

ABSTRACT

The objective of this study was to use constructed wetlands of surface horizontal flow for wastewater treatment of milk cooling tank, assessing their respective efficiencies depending on the removal rates of BOD and COD. All treatments reached a relatively high efficiency in the removal of BOD, but did not meet the standard established by legislation for discharge of effluents into water bodies. However, all treatments showed COD in the limit established by legislation.

Keywords: removal of organic matter; effluent; efficiency.

1 Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Instituto de Laticínios Cândido Tostes, Rua Tenente Luiz de Freitas, 116, bairro Santa Terezinha, 36045-560, Juiz de Fora, MG, Brasil. E-mail: paulohcp@epamig.br.

* Autor para correspondência.

Recebido / Received: 03/03/2016
Aprovado / Approved: 23/06/2016

INTRODUÇÃO

O tanque de expansão, também chamado de tanque de resfriamento ou tanque de expansão direta, é um equipamento que recebe e armazena o leite a granel (dispensando o uso do latão), promovendo o seu resfriamento direto. Esses tanques devem ser instalados nas propriedades rurais ou em comunidades, visando, nesse caso, atender a grupos de produtores em suas comunidades de produção (MELO; REIS, 2007).

A Deliberação Normativa COPAM nº 74, de 9 de setembro de 2004, estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ambiental de funcionamento ou de licenciamento ambiental no nível estadual. O potencial poluidor/degradador da atividade é considerado pequeno (P), médio (M) ou grande (G), em função das características intrínsecas da atividade. O potencial poluidor é considerado sobre as variáveis ambientais: ar, água e solo (BRASIL, 2005).

O resfriamento e distribuição do leite associados à atividade rural de produção de leite, segundo a Deliberação Normativa nº 103, Conselho Estadual de Política Ambiental (Copam), de 8 de novembro de 2006, tem potencial poluidor/degradador pequeno e o seu porte vai depender de sua produção.

No processo de licenciamento ou autorização ambiental desta atividade os efluentes gerados deverão sofrer tratamento adequado antes de ser lançados no meio ambiente. A Deliberação Normativa Conjunta Copam/CERH-MG nº 1, de 05 de Maio de 2008, estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

O tratamento dispensado às águas residuais de produção e processamento de leite é, em sua grande maioria, do tipo biológico. A função de um processo de tratamento biológico é remover a matéria orgânica do efluente industrial através do metabolismo de oxidação e de síntese de células de microrganismo que fazem parte do processo (NAIME; GARCIA, 2005).

A evolução dos sistemas de tratamento de efluentes agroindustriais disponibiliza a aplicação de tecnologias eficientes para a remoção da carga orgânica. Os processos para tratamento de efluentes da indústria de laticínios atualmente são: processos de lodo ativado, valos de oxidação, filtros biológicos, lagoas de estabilização, digestão anaeróbia, disposição no solo, dentre outros (FEAM, 2003).

Os "constructed wetlands", cuja denominação pode também significar "sistemas alagados construídos", são frequentemente encontrados na literatura como brejos, banhados, zona de raízes, terras úmidas, terras molhadas, leitos cultivados, leitos hidropônicos de areia, etc. Os "wetlands" podem ser naturais ou construídos, sendo que os naturais são aqueles que possuem características particulares e específicas, similares aos sistemas naturais (FEIJÓ et al., 2003).

Os sistemas alagados construídos procuram simular algumas das funções de sistemas alagados naturais, em particular a capacidade de degradar matéria orgânica e conter nutrientes, por meio da combinação dos mecanismos físicos, químicos e biológicos encontrados nos ecossistemas alagados naturais (MARQUES, 1999).

Estes sistemas têm como principais componentes o meio suporte, que pode ser solo, areia, brita ou outro material, espécies vegetais tolerantes a áreas alagadas, além de microrganismos associados a estes elementos e que são os principais responsáveis pela remoção dos contaminantes da água residuária (VALENTIM, 2003).

O presente trabalho utilizou seis sistemas alagados construídos para tratamento de

água residuária de tanque de resfriamento de leite, avaliando as suas respectivas eficiências em função das taxas de remoção de DBO e DQO.

MATERIAL E MÉTODOS

Infraestrutura Experimental e Montagem do Experimento em Campo

A infraestrutura experimental foi constituída por seis sistemas alagados construídos de escoamento horizontal subsuperficial (SACs-EHSS), nas dimensões de 0,60 m de altura x 1 m de largura x 2,5 m de comprimento, posicionados sobre o solo e tendo o fundo (em nível) e as laterais impermeabilizados com lona de PVC de 0,5 mm de espessura, montados paralelamente e delimitados por muretas de alvenaria.

Como meio suporte, os SACs-EHSS 1, 2 e 3 foram preenchidos com brita gnáissica "número zero" (D60 = 9,1 mm, coeficiente de uniformidade – CU D60/D10 = 3,1 e volume de vazios inicial de 0,398 $m^3.m^{-3}$), enquanto os SACs-EHSS 3, 4 e 5, foram preenchidos com garrafas PET (250 e 500 mL), conforme mostrado na Figura 1.



Figura 1 – Visão geral dos seis SACs-EHSS, sendo três preenchidos com garrafas PET e três preenchidos com brita gnáissica "número zero"

A brita foi colocada nos tanques de alvenaria até a altura de 0,45 m. Já o meio suporte constituído de garrafas PET foi colocado até a altura de 0,35 m, sendo 0,1 m com brita gnáissica "número três". Em ambos os meios filtrantes, o nível d'água foi mantido a 0,1 m abaixo da superfície do material suporte.

A água residuária gerada no processo de higienização do tanque comunitário foi conduzida até um reservatório com volume de 1000 litros e, de lá, para caixas de alimentação (200 litros) individual de cada SAC-EHSS. A distribuição do afluente se deu no ponto central, na entrada de cada SACs-EHSS, por meio de uma torneira delástico de ½ polegada e, através dela, fazia-se o controle da vazão.

O sistema de drenagem do efluente dos SACs-EHSS foi constituído por um tubo de PVC de 32 mm de diâmetro, perfurado, instalado no fundo da zona de saída. O controle do nível de água residuária no sistema foi efetuado por meio do ajuste da altura do tubo, conectado externamente ao sistema de drenagem dos SACs-EHSS. A altura do nível de água nos SACs-EHSS foi de 0,35 m.

As espécies vegetais plantadas nos SACs-EHSS foram o capim-elefante cv. Napier (*Pennisetum purpureum*, Schum.) e o capim-tifton 85 (*Cynodon* spp.), as mesmas cultivadas em monocultivo em SACs-EHSS, por Matos et al. (2008), para o tratamento da água residuária de laticínios (ARL).

As mudas de capim-tifton-85 e de capim elefante foram coletadas em uma parcela experimental localizada no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa.

A distribuição dos tratamentos foi feito da seguinte forma:

- SACs-EHSS 1: (brita, C.V) – meio suporte constituído por brita gnáissica "número zero" e sem cultivo de nenhuma espécie vegetal;
- SACs-EHSS 2: (brita, C.E + C.T) – meio suporte constituído por brita gnáissica "número zero" e cultivado, na 1ª metade, com capim-elefante cv. Napier (*Pennisetum purpureum*,

Schum.) e, na 2ª metade, com capim-tifton 85 (*Cynodon* spp);

- SACs-EHSS 3: (brita, C.T + C.E) – meio suporte constituído por brita gnáissica "número zero" e cultivado, na 1ª metade, com capim-tifton 85 (*Cynodon* spp) e, na 2ª metade, com capim-elefante cv. Napier (*Pennisetum purpureum*, Schum.);
- SACs-EHSS 4: (PET, C.E + C.T) – meio suporte constituído por garrafas PET amassadas e cultivado, na 1ª metade, com capim-elefante cv. Napier (*Pennisetum purpureum*, Schum.) e, na 2ª metade, com capim-tifton 85 (*Cynodon* spp);
- SACs-EHSS 5: (PET, C.T + C.E) – meio suporte constituído por garrafas PET amassadas e cultivado, na 1ª metade, com capim-tifton 85 (*Cynodon* spp) e, na 2ª metade, com capim-elefante cv. Napier (*Pennisetum purpureum*, Schum.); e
- SAC-EHSS 6: (PET, S.V) – meio suporte constituído por garrafas PET amassadas e sem cultivo de nenhuma espécie vegetal.

As mudas foram introduzidas no leito, em pequenas covas de aproximadamente 100 mm de diâmetro e 100 mm de profundidade, depois cobertos com a brita. O espaço entre as covas foi triangular, totalizando 48 covas por SACs-EHSS. A densidade de plantio para cada espécie vegetal foi de 19 propágulos por metro quadrado.

Uma visão geral dos SACs-EHSS (1, 2, 3, 4, 5 e 6) no dia do plantio das mudas está apresentada na Figura 2.



Figura 2 – Plantio das mudas nos SACs-EHSS

Monitoramento dos SACs-EHSS

Para avaliar a eficiência dos SACs-EHSS, amostras de afluentes e efluentes foram coletadas. Os SACs-EHSS foram operados e monitorados por 9 meses. A amostragem foi realizada quinzenalmente, nos três primeiro meses, e depois mensalmente, durante o restante do período de monitoramento.

As coletas foram realizadas no período da manhã sempre por volta das 9 horas, sendo coletado 1 litro de cada ponto (6 pontos na entrada e 6 pontos na saída de cada SACs-EHSS). O procedimento de coleta, preservação das amostras e análises foi realizado com base nas recomendações e métodos do *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005).

Tabela 1 – Variáveis avaliadas e os respectivos métodos utilizados

Variável	Métodos
DBO	Obtido por determinação do oxigênio dissolvido pelo método iodométrico (processo Winkler).
DQO	Obtido pelo método de oxigenação química em refluxo aberto.

As amostras foram acondicionadas em frascos de 500 mL, armazenadas sob refrigeração (caixas térmicas) e, posteriormente,

submetidas às análises de laboratório. As variáveis que foram avaliadas com os respectivos métodos estão descritos na Tabela 1.

Análise Estatística

As eficiências de remoção das variáveis analisadas foram analisadas estatisticamente no esquema fatorial 2 x 3, totalizando 6 tratamentos. O primeiro fator, meio suporte, com dois níveis (brita nº 0 e garrafas PET) e o segundo fator, combinação das espécies vegetal, com três níveis (sem vegetação, capim-elefante + capim-tifton 85 e capim-tifton 85 + capim-elefante). O tipo de delineamento foi em blocos casualizados (DBC) com o número de repetições para cada variável em função do numero de amostragem (12 repetições).

Para verificações das pressuposições de normalidade e homogeneidade de variância, foram aplicados o Teste Lilliefors e os Testes de Cochran e Bartlett, respectivamente.

Os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA, p = 0,05).

No caso dos dados que não atenderam às pressuposições de normalidade e homogeneidade, estes foram transformados para a Análise de Variância. De acordo com Box; Cox (1964), os estudos das relações entre médias e variâncias de tratamentos pode sugerir uma transformação apropriada dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A eficiência na remoção máxima e mínima encontrada foi de 97% (SACs-EHSS 2) e 55 % (SACs-EHSS 5), respectivamente. Em média, o SACs-EHSS 2 foi o tratamento que apresentou as melhores eficiências na remoção de DBO.

Na Tabela 2 estão apresentados os valores médios, desvio padrão da média e coeficiente de variação (%) da concentração de DBO afluente e da eficiência de remoção desta variável.

Os valores médios de DBO afluente e efluente ficaram compreendidos entre

Tabela 2 – Valores médios, desvio padrão da média e coeficiente de variação (CV) da concentração de DBO afluente e efluente e da eficiência na remoção nos SACs-EHSS 1, 2, 3, 4, 5 e 6

Tratamento	DBO (afluente) (mg L^{-1})	DBO (efluente) (mg L^{-1})	Eficiência na remoção (%)
SACs-EHSS 1	382 ± 163	64 ± 62	84 ± 10 $^{a\,A}$
SACs-EHSS 2	445 ± 122	70 ± 91	88± 11 $^{a\,A}$
SACs-EHSS 3	400 ± 102	71 ±54	85 ±7,3 $^{a\,A}$
SACs-EHSS 4	360 ± 167	60 ± 52	86 ± 7,5 $^{a\,B}$
SACs-EHSS 5	424 ± 127	85 ± 80	83 ± 11 $^{a\,B}$
SACs-EHSS 6	400 ± 163	65 ± 63	86 ± 7,7 $^{a\,B}$
CV (%)			20

***** SACs-EHSS 1 (brita, SV), SACs-EHSS 2 (brita, C.E + C.T), SACs-EHSS 3 (brita, C.T + C.E), SACs-EHSS 4 (PET, C.E + C.T), SACs-EHSS 5 (PET, C.T+ C.E) e SACs-EHSS 6 (PET, S.V).

$^{a,\,B,\,A}$ médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tuckey ao nível de significância de 5 %. Letras minúsculas devem ser consideradas nas colunas (tratamentos) e maiúsculas (meio suporte: brita nº 0 e garrafas PET).

360 mg/L e 445 mg/L para o afluente e 60 mg/L e 85 mg/L para o efluente.

As médias das eficiências na remoção ficaram em torno de 83% a 88%. Após análise dos dados, não houve diferença entre as médias dos tratamentos, ao nível de significância de 5%, para a eficiência de remoção de DBO, ou seja, os diferentes meios suportes (brita nº 0 e garrafas PET) e combinações de espécies vegetais (S.V, C.E + C.T e C.T + C.E) não influenciaram na eficiência de remoção de DBO.

É importante salientar que, mesmo que os tratamentos tenham atingido uma eficiência relativamente elevada na remoção da DBO, quando comparados com outras pesquisas e recomendações, nota-se que os valores médios encontrados para o efluente não atenderam o padrão estabelecido (≤ 60 mg/L) para o lançamento de efluentes em corpos d'água, de acordo com as normas estabelecidas na Deliberação conjunta COPAM-CERH nº 01/2008 para o estado de Minas Gerais.

O estudo de Abrahão (2005) se baseou em SACs-EHSS para tratamento de ARL (água residuária de laticínios), aplicando uma TCO entre 66 a 570 kg/ha.d DBO, cultivados com capim tifton-85 e capim elefante, as mesmas espécies utilizadas neste trabalho, e obteve uma eficiência na remoção de DBO de 78,5% a 96,3%. O autor não encontrou diferença significativa entre os SACs-EHSS vegetados e não vegetados.

Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A eficiência máxima e mínima encontrada na remoção de DQO foi de 99% (SACs-EHSS 1) e 47% (SACs-EHSS 5). Em todas as amostragens, a maioria das eficiências na remoção (89% dos valores) foram superiores a 80%. O SACs-EHSS 2 apresentou as maiores eficiências de remoção ao longo do monitoramento para as variáveis DQO e DBO.

Os valores médios, desvio padrão da média e coeficiente de variação (%) da concentração de DQO afluente e da eficiência de remoção estão apresentados na Tabela 3.

A concentração média de DQO afluente e efluente ficaram compreendidas entre

Tabela 3 – Valores médios, desvio padrão da média e coeficiente de variação (CV) da concentração de DQO afluente e efluente e da eficiência na remoção nos SACs-EHSS 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

Tratamento	DBO (afluente) (mg/L)	DBO (efluente) (mg/L)	Eficiência na remoção (%)
SACs-EHSS 1	747 ± 227	64 ± 61	91 ± 8 $^{a\,A}$
SACs-EHSS 2	869 ± 204	74 ± 42	92 ± 5 $^{a\,A}$
SACs-EHSS 3	754 ± 203	108 ±45	87 ±5 $^{a\,A}$
SACs-EHSS 4	737± 308	79 ± 42	91 ± 5 $^{a\,B}$
SACs-EHSS 5	759 ± 186	133 ± 115	85 ± 14 $^{a\,B}$
SACs-EHSS 6	756 ± 291	83 ± 42	90 ± 8 $^{a\,B}$
CV (%)			31

***** SACs-EHSS 1 (brita, SV), SACs-EHSS 2 (brita, C.E + C.T), SACs-EHSS 3 (brita, C.T + C.E), SACs-EHSS 4 (PET, C.E + C.T), SACs-EHSS 5 (PET, C.T+ C.E) e SACs-EHSS 6 (PET, S.V).

$^{a,\,B,\,A}$ médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tuckey ao nível de significância de 5 %. Letras minúsculas devem ser consideradas nas colunas (tratamentos) e maiúsculas (meio suporte: brita nº 0 e garrafas PET).

737 mg/L e 869 mg/L para o afluente e 64 mg/L a 133 mg/L para o efluente. Para lançamentos de efluentes em corpos d'água, a Deliberação conjunta COPAM-CERH nº 01/2008, para o estado de Minas Gerais, estabelece uma DQO menor que 180 mg/L. Ao contrário da DBO, todos os tratamentos apresentaram a concentração de DQO abaixo deste limite.

As eficiências médias na remoção ficaram em torno de 87% a 92%. Não houve diferença entre as médias dos tratamentos, ao nível de significância de 5%, ou seja, os diferentes meios suportes (brita nº 0 e garrafas PET) e combinações de espécies vegetais (S.V, C.E+ C.T e C.T + C.E) não influenciaram na eficiência na remoção de DQO.

A relação entre DQO/DBO efluente para os tratamentos foi de 1,0, 1,1, 1,5, 1,3, 1,6 e 1,3 para os SACs-EHSS 1, 2, 3, 4, 5 e 6, respectivamente. De acordo com Pitaluga (2011), relações altas indicam presença de frações não biodegradáveis elevadas. Assim, a relação DQO/DBO tende a aumentar à medida que a água residuária passa pelos SACs, uma vez que, por ação de microrganismos a matéria orgânica biodegradável é degradada.

Segundo Stowell et al. (1981), em sistemas alagados construídos, a DBO associada com os sólidos é removida por processos de filtração e/ou sedimentação, enquanto a DBO solúvel coloidal é removida por meio da atividade de microrganismos que aderem na superfície do meio suporte e raízes das plantas. Assim, acredita-se que meios suportes com uma menor porosidade possibilita que a DBO coloidal permaneça mais próxima dos microrganismos, propiciando maiores eficiências na remoção que os demais substratos. Isso contraria os resultados encontrados para a relação DQO/DBO dos tratamentos, uma vez que as garrafas PET apresentaram maiores porosidades. Porém, é importante ressaltar que ao amassar as garrafas, as rugosidades formadas podem ter propiciado maior área para adesão de microrganismos e consequentemente maior degradação do material orgânico.

CONCLUSÕES

Os tratamentos atingiram uma eficiência relativamente elevada na remoção da DBO, mas não atenderam o padrão estabelecido pela legislação para o lançamento de efluentes em corpos d'água. Ao contrário, todos os tratamentos do presente estudo apresentaram uma DBO acima do limite estabelecido pela mesma legislação (limite de ≤ 60 mg/L para o lançamento de efluentes em corpos d'água, de acordo com as normas estabelecidas na Deliberação conjunta COPAM-CERH nº 01/2008 para o estado de Minas Gerais).

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pelo financiamento da pesquisa (CAG – APQ-03689-10) e pelas bolsas concedidas.

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, S. S. **Tratamento de água residuária de laticínios em sistemas alagados construídos cultivados com forrageiras.** 2006. 124 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

AMERICAN PUBLIC HEATH ASSOCIATION – APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 21ª ed. Washington. D. C.: APHA s. n. p. 2005.

BOX, G. E. P.; COX, D. R. An Analysis of Transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, Series B, v. 26, n. 2, p. 211-252, 1964.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre 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. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (COPAM); Conselho Estadual de Recursos Hidricos (CERH). **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1, de 05 de Maio de 2008.** 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. Belo Horizonte, 2008.

Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. **Deliberação Normativa COPAM N º 103, de 8 de novembro de 2006.** Altera listagem da Deliberação Normativa COPAM N º 74, de 9 de setembro de 2004 e dá outras providências Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. Belo Horizonte, 2006.

FEIJÓ, J. et al. Desenvolvimento de espécies vegetais de macrófitas utilizadas em um sistema de *wetlands* implantado na região Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22., 2003, Joinville. **Anais...** Joinville: ABES/AIDIS, 2003. 1 CD-ROM.

FUNDAÇÂO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). Iniciação ao desenvolvimento sustentável. **Programa de Apoio aos Municípios**, Belo Horizonte: FEAM, 2003.

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.** Projeto PROSAB, Rio de Janeiro, ABES, p 409-435, 1999.

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**, v. 3, n. 1, p. 43-53, 2008.

MELO, A. D. S.; REIS, R. P. Tanques de expansão e resfriamento de leite como alternativa de desenvolvimento regional para produtores familiares. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 9, n. 1, 111-112, 2007.

NAIME, R.; GARCIA, A. C. **Utilização de enraizadas no tratamento de efluentes agroindustrial – Estudo Tecnológico**. Estudos tecnológicos – vol. 1, nº 2, p. 9-20, 2005. Disponível em: <http://www.estudostecnologicos.unisinos.br/pdfs/42.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2016.

PITALUGA, D. P. S. **Avaliação de diferentes substratos no tratamento de esgoto sanitário por zona de raízes.** 2011. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

STOWELL, R. et al. Concepts in aquatic treatment system design. **Journal of the Environmental Engineering Division**, ASCE, 107, p. 919-940, 1981.

VALENTIM, M. A. A. **Desempenho de leitos cultivados ("construted wetland") para tratamento de esgoto: contribuições para concepção e operação.** 2003. 210 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – UNICAMP, Campinas, 2003.