

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE LEITOS CULTIVADOS NO PÓS-TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA

Tiago Borges Ferreira¹, André Luís Teixeira Fernandes²

1. Acadêmico de Engenharia Ambiental, Universidade de Uberaba (tiago_bferreira@hotmail.com).
2. Professor Doutor na Universidade de Uberaba, Minas Gerais, Brasil.

Recebido em: 30/09/2013 – Aprovado em: 08/11/2013 – Publicado em: 01/12/2013

RESUMO

A suinocultura moderna possui inúmeras vantagens produtivas; porém, como toda atividade intensiva, tem uma elevada geração de efluentes. As pesquisas e técnicas de tratamento da água residuária de suinocultura (ARS) tem evoluído bastante nos últimos anos, com o desenvolvimento de métodos mais eficientes, práticos e econômicos para proceder ao tratamento deste efluente. O presente trabalho teve como objetivo a avaliação de um sistema de leitos cultivados de fluxo vertical em bateladas, posterior ao tratamento anaeróbio em biodigestor. Os tratamentos mantiveram tempo de detenção hidráulica de 24 horas, sendo avaliados neste trabalho os níveis de nitrogênio, fósforo e potássio antes e após o sistema. Foram possíveis reduções de 86,32; 87,21 e 61,41%, respectivamente para nitrogênio, fósforo e potássio, sendo os leitos vegetados mais eficientes em comparação ao sem vegetação (testemunha). Concluiu-se que a tecnologia de tratamento de efluentes utilizando leitos cultivados é alternativa viável para resíduos de suinocultura.

PALAVRAS-CHAVE: Remoção de nutrientes; Suinocultura intensiva; *Cynodon spp.*

EFFICIENCY EVALUATION OF CONSTRUCTED WETLANDS IN POST-TREATMENT SWINE WASTEWATER

ABSTRACT

Modern swine has many productive advantages, but it has high wastewater production like every intensive activity. Treatment research and techniques of swine wastewater has evolved significantly in recent years, developing more efficient, practical, and economical methods. This study has as a goal the evaluation of vertical flow constructed wetlands in batches system, after the anaerobic treatment in biodigester. The treatments kept the hydraulic retention time of 24 hours, being evaluated in this study the levels of nitrogen, phosphorus and potassium before and after the system. It could get reductions of 86.32, 87.21 and 61.41%, respectively for nitrogen, phosphorus and potassium, being the vegetated wetland more efficient compared to the control (no vegetation). It was concluded that the technology of wastewater treatment using constructed wetlands is a viable swine waste alternative.

KEYWORDS: Nutrients removal; Intensive swine; *Cynodon spp.*

INTRODUÇÃO

A demanda mundial por proteína animal e o apreço dos consumidores pela carne suína tem influenciado na produção cada vez mais intensificada destes animais.

Segundo MARTINS et al., (2012), a suinocultura brasileira vem apresentando nos últimos anos um nível altamente intensificado, tanto pela genética utilizada como pelo manejo e nutrição, o que tem elevado a produção suinícola do país.

Essa produção mais intensificada gera uma elevação do consumo de água para limpeza, produzindo grandes volumes de água residuária por unidade animal, que segundo PERDOMO et al., (1999), pode chegar a 200 litros diários por matriz, em caso de uma unidade de ciclo completo.

Segundo FERREIRA et al., (2011), a água residuária de suinocultura (ARS) é composta principalmente por dejetos (fezes e urina), restos de ração, pêlos e outros detritos provenientes da produção animal, formando um efluente rico em matéria orgânica e nutrientes. Esta, quando lançada em corpos hídricos, pode provocar alterações físicas, químicas e biológicas; uma das suas principais características é a elevada Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), que chega a valores 260 vezes maiores que o esgoto doméstico, desequilibrando a vida aquática, além de oferecer riscos à saúde pública, por conter elementos patogênicos e tóxicos (OLIVEIRA, 1993; HUSSAR, 2001).

A ARS, quando disposta sem critérios em áreas de cultivo agrícolas ou pastagens, pode desequilibrar quimicamente o solo, elevando alguns nutrientes a níveis tóxicos e/ou limitantes ao desenvolvimento vegetativo nesta área. Essas aplicações diretas ao solo, sem tratamento algum, afetam todo o ecossistema envolvido, incluindo solos, ar e água. A aplicação de ARS por vários anos seguidos elevou as concentrações de nitrato a níveis dez vezes superiores ao normal nas águas subterrâneas (OLIVEIRA, 1993).

Porém, nos últimos anos, verificam-se grandes avanços em pesquisa e desenvolvimento de processos e técnicas de tratamento de águas residuárias, direcionados tanto para sistemas de grande porte e de maior complexidade, quanto de pequeno porte, baixo custo e simplicidade operacional, sendo os leitos cultivados um dos principais sistemas (MAZZOLA, 2003).

O sistema de leitos cultivados é a reprodução artificial dos pântanos e áreas alagadas, onde ocorre naturalmente a purificação da água. Porém, os leitos são ambientes controlados e com reações mais intensas, o que proporcionam uma diminuição do tamanho físico do sistema e, conseqüentemente, uma maior eficiência deste. O tratamento de águas residuárias em sistemas alagados construídos (SACs ou leitos cultivados) baseia-se em processos de filtração, degradação microbiana da matéria orgânica, absorção de nutrientes e adsorção no solo, entre outros (EUSTÁQUIO JUNIOR et al., 2010).

Dentro deste contexto, este trabalho teve como objetivo a avaliação de um sistema de leitos cultivados com Tifton 85 (*Cynodon spp.*) de fluxo vertical em batelada na redução das concentrações de Nitrogênio (N-total), Fósforo (P₂O₅-total) e Potássio (K₂O) da ARS pré-tratada em biodigestor anaeróbio.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do Experimento

O projeto foi desenvolvido em um protótipo alocado na Universidade de Uberaba – UNIUBE, Av. Nenê Sabino 1801, CEP 38055-500, em Uberaba,

Minas Gerais. O clima da cidade é classificado pelo método de Köppen, com Aw, tropical quente e úmido, com inverno frio e seco. A precipitação anual é de 1.474 mm e temperatura média de 22,6 °C.

A ARS pré-tratada foi coletada na saída do biodigestor da Fazenda Escola da Universidade de Uberaba - UNIUBE, na cidade de Uberaba, MG, cujas coordenadas geográficas são: latitude 19° 44'13" S, longitude 47° 57'27" W e altitude de 850 m. O biodigestor que trata as ARS obedece a um modelo implantado pela empresa AgCert em parceria com a Sansuy, IENGEP e Unesp Jaboticabal, dimensionado para tratar 20 m³/dia, sendo a condução dos dejetos realizada de forma contínua.

O galpão de suínos constitui-se de um módulo de alvenaria. Suas dependências e equipamentos têm estrutura para atender 1200 animais, como unidade de terminação.

Protótipo

O protótipo foi composto por seis recipientes de polietileno, sendo quatro recipientes “reatores”, cultivados somente três destes, reservando um sem cultivo para posteriores comparações sobre a importância do vegetal no sistema. Na Figura 1_(A) está demonstrada a disposição do sistema.

Os reservatórios de pré e pós-tratamento foram constituídos por recipientes de polietileno, sendo o que antecede o sistema (pré) de 100 litros e o posterior ao sistema (pós) de 310 litros.

Os quatro tanques onde se realizou o tratamento foram recipientes de polietileno de 100 litros, com as medidas de 0,73 m e 0,54 m de diâmetro superior e da base, respectivamente, e de 0,41 m de profundidade;

No fundo de cada tanque foi instalado um tubo de drenagem com 30 cm de comprimento e diâmetro de $\frac{3}{4}$ ", com furos de 2 mm, envolvido por um material que impeça a passagem de sólidos (meia-calça), e posteriormente uma camada de aproximadamente 11 cm de brita nº2 (Figura 01_(B));

Sobre a camada de brita foi acomodada uma camada de areia com granulometria média, de 20 cm (Figura 01_(B));

À 5 cm da borda foi adaptado um cano com 50 cm e medida $\frac{3}{4}$ " e furos de 2 mm com espaçamentos de aproximadamente 0,5 cm, para a entrada da ARS.

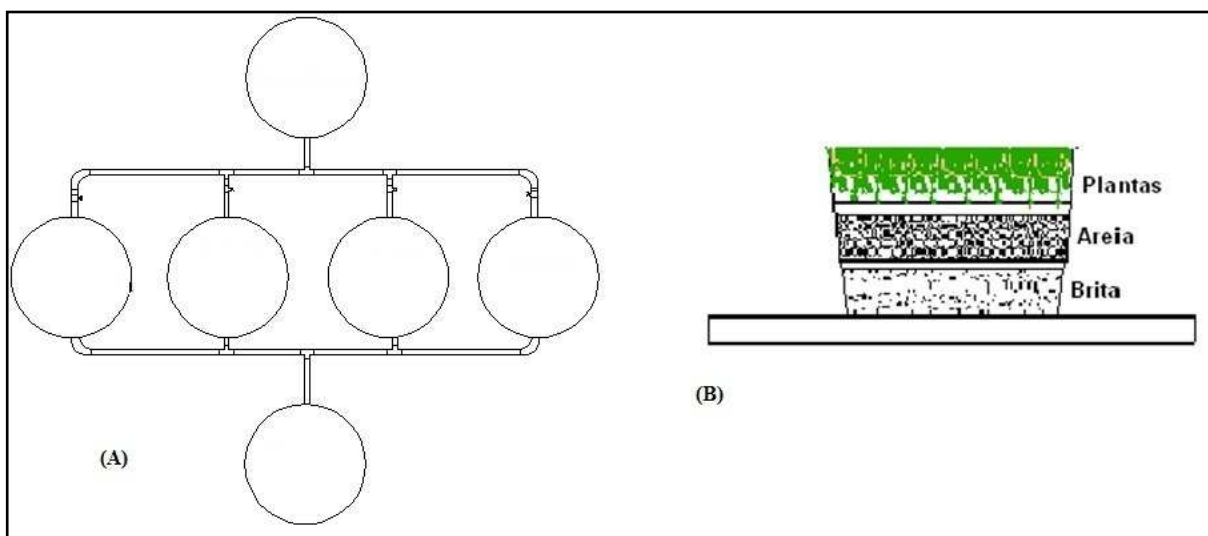


FIGURA 1. (A) Esquema da correta disposição dos leitos e (B) composição esquemática dos leitos

Fonte: Arquivo pessoal

Espécie cultivada e plantio

Os leitos foram plantados com Tifton 85 (*Cynodon spp.*), híbrido incluso em um grupo de forrageiras conhecidas como gramas bermudas (*bermudagrass*), pertencente à família das Poaceae (antiga gramínea) – Figura 2. Trata-se de espécie de elevada necessidade nutricional e alta produção vegetal, indicada justamente por essas características a sistemas intensivos e/ou com grande disponibilidade de nutrientes.

O plantio foi realizado com mudas retiradas de um cultivo existente na Fazenda Escola da UNIUBE, no dia 26 de setembro de 2011.



FIGURA 2. Leitos cultivados instalados na Universidade de Uberaba para o pós-tratamento de efluente de suinocultura ao final do experimento

Fonte: Arquivo pessoal

Saturações e manejo

As saturações foram iniciadas assim que se concluiu o plantio, passando por uma fase de coletas no segundo semestre de 2011 com a suspensão dos testes em Dezembro. A reativação da pesquisa iniciou em 13 de março de 2012, com a saturação do sistema. Nesta fase os vegetais se encontravam secos, sendo que foram necessárias algumas saturações subsequentes para que estes emitissem novas brotações.

Foram realizadas três saturações com seis litros de ARS por leito, nas respectivas datas; 22 de Maio, 29 de Maio e 26 de Junho. Todas as coletas seguiram um Tempo de Detenção Hidráulico (TDH) de 24 horas.

Análises físico químicas e estatísticas

As análises foram realizadas utilizando ARS antes e após o tratamento nos leitos, sendo realizadas em parceria com Laboratório Stoppani do Brasil, juntamente com a Universidade de Uberaba, contando com auxílio de alguns professores e técnicos. Todas as análises foram realizadas em conformidade com recomendações do *Standard methods for the examination of water and wastewater* (APHA, 2003).

O tratamento estatístico e gráfico foi realizado com o auxílio dos softwares Excel for Windows e Statgraphics centurion 5.1 for Windows.

Ao final das análises, foi levantada a real influência do vegetal (*Cynodon spp.*) no sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios seguidos dos desvios padrões das concentrações dos nutrientes respectivas aos tratamentos são descritos na Tabela 1.

TABELA 1 – Concentração e desvio padrão dos respectivos elementos na ARS antes e após o tratamento.

ARS analisada	Concentração (mg.L ⁻¹)			pH
	N-total	P ₂ O ₅ -total	K ₂ O	
Sem tratamento	691 ± 82,02	189,5 ± 82,73	301,5 ± 41,72	7,29 ± 0,42
Leito testemunha	150 ± 26,46	42,34 ± 47,61	118 ± 31,43	6,94 ± 0,03
Leitos cultivados	94,56 ± 45,13	24,23 ± 18,67	115,78 ± 26,89	6,65 ± 0,21

Observa-se na Tabela 1 que, com a utilização dos leitos, conseguiu-se reduções em todos os parâmetros analisados. Na Figura 3, estão demonstrados graficamente os índices dos elementos químicos em cada leito, comprovando de forma mais clara e objetiva a redução destas concentrações.

Na Tabela 2 constam as reduções em números percentuais de cada elemento estudado.

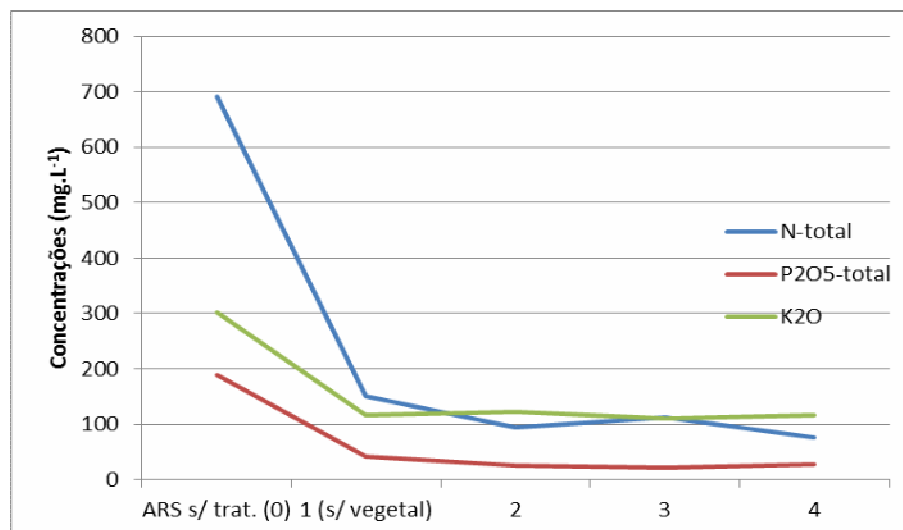


FIGURA 3. Concentração média dos elementos analisados segundo análises realizadas pelo Laboratório Stoppani do Brasil, respeito ao leito utilizado no tratamento.

TABELA 2. Redução das concentrações dos elementos químicos em valores percentuais após o tratamento nos leitos cultivados

Leito	Redução das concentrações (%)		
	N-total	P ₂ O ₅ -total	K ₂ O
1 (s/ vegetal)	78,29	77,66	61,3
2	86,49	86,98	59,31
3	83,59	89,09	63,73
4	88,9	85,57	61,19
Leitos vegetados	86,33	87,21	61,41

Potencial hidrogeniônico (pH)

Houve uma pequena redução no valor do pH (Figura 3), passando de 7,28 para 6,4. Segundo MAZZOLA (2003), esse fato indica o predomínio da nitrificação nas primeiras horas (24 horas). Com base na reação global da nitrificação descrita por VON SPERLING (1996);



se pode verificar a liberação de 2 mols de H⁺ para cada mol de nitrogênio amoniacal consumido. Nesse processo há liberação de H⁺, consumo de alcalinidade do meio e consequentemente redução do pH (VON SPERLING, 1996; MAZZOLA, 2003).

Nitrogênio(N-total)

O sistema operou com aplicação média de 98,7 kg.ha⁻¹.dia⁻¹ de N-total, com uma remoção média de 86,32%, valores muito acima do que obteve FREITAS (2006) em leitos de fluxos horizontais e contínuos, porém com carga inicial de nitrogênio de 104,6 kg.ha⁻¹.dia⁻¹, o qual descreve 5,3% de remoção com a utilização do capim tifton 85. MATOS et al., (2009) obtiveram 58,11% e MATOS et al., (2010) 64% de remoção de N-total operando leitos cultivados de fluxo horizontal subsuperficial. Os valores citados possivelmente são inferiores aos obtidos no

presente experimento por se tratar de leitos de fluxo horizontal contínuo, os quais possuem menor capacidade de nitrificação e consequentemente de redução de Nitrogênio.

Fósforo (P_2O_5)

Dos três elementos analisados, o fósforo foi o que obteve reduções mais expressivas. Para VALENTIM (1999), a retirada de fósforo do meio é feita principalmente pelos processos de adsorção (matéria orgânica em decomposição e pela formação de compostos insolúveis com ferro e manganês), e precipitação, sendo somente uma pequena parte absorvida pela planta. Este mesmo autor descreve valores de 13 a 48% de remoção, dependendo da espécie e do tempo de detenção. MATOS et al., (2009) obtiveram uma redução média de 50%, o qual em 2010, conseguiu 55% de redução, sempre operando sistemas de fluxo horizontal subsuperficial. SILVA & ROSTON (2010), com esse mesmo sistema e efetuando tratamento secundário de efluente de sala de ordena obtiveram 83%, com entrada de 13,52 e saída de 2,30 mg.L⁻¹. O trabalho em questão atingiu uma redução média de 87,21%, entrando com 189 e saindo com 24,22 mg.L⁻¹, bem superior aos autores supracitados.

Potássio (K_2O)

A redução média na concentração de potássio foi de 61,41%, passando de 301,05 mg.L⁻¹ para 116,33 mg.L⁻¹. MATOS et al., (2009), utilizando leitos horizontais subsuperficiais e outras espécies vegetais obtiveram 35,2 % de redução, reduzindo os níveis de 125 para 81 mg.L⁻¹. SARMENTO (2010), operando um sistema vertical contínuo com ARS obteve seu melhor resultado percentuais com leito cultivado com *Cyperus sp.*, cerca de 31% de redução. Todos os autores supracitados obtiveram reduções percentuais inferiores as obtidas neste experimento.

Influência do vegetal na redução dos parâmetros analisados

Quando se comparam os leitos cultivados com o leito sem cultivo (leito 1 – testemunha), notou-se um pequeno acréscimo na eficiência dos leitos com vegetais, nítido na Tabela 3 e na Figura 4; porém, que não pode ser considerado estatisticamente representativo ($p < 0,05$), para nitrogênio total e óxido de potássio (K_2O).

TABELA 3. Comparação percentual entre leitos vegetados e sem vegetação

Leito	Reduções (%)		
	N-total	P_2O_5 -total	K_2O
Sem vegetal	78,29	77,66	61,3
Com vegetal	86,33	87,21	61,4
Acréscimo percentual	8,04	9,55	0,1

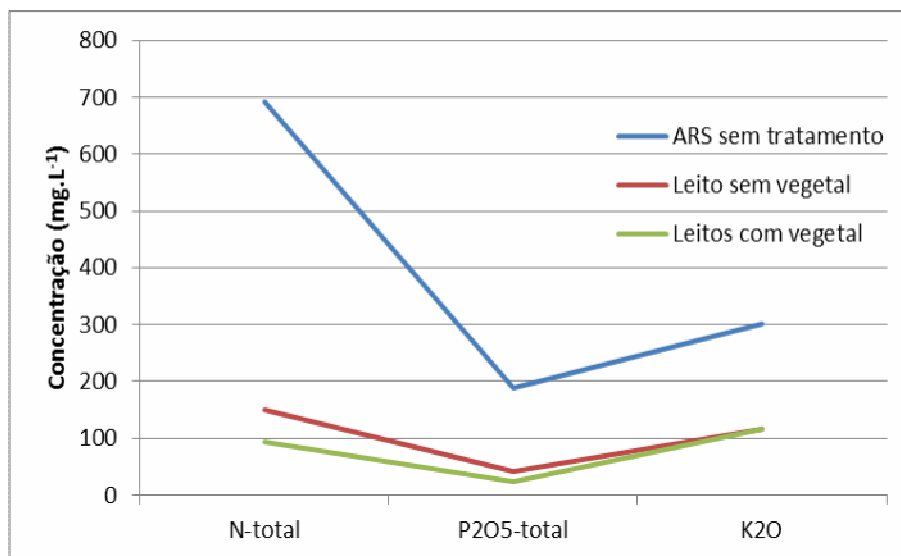


FIGURA 4. Representação gráfica das concentrações dos elementos químicos na ARS antes do tratamento, dos leitos vegetados e sem vegetação.

Os leitos vegetados possuem uma eficiência maior, chegando a 9,55% em alguns parâmetros. Isso é esperado, pois conforme comentado a espécie cultivada (*Cynodon spp.*) possui uma grande necessidade nutricional, pois se trata de uma espécie de elevada produtividade, utilizando esses nutrientes em seu metabolismo. MATOS et al., (2008), em pesquisa com leitos cultivados, citam possibilidade de chegar a remoções de $199 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para Fósforo, sendo que o presente trabalho, por meio de uma estimativa análoga, obteve remoções de $415,52 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, valores superiores aos supracitados. Segundo esses mesmos autores, a remoção de N-total pode chegar a $1773 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, valor inferior aos $2891,03 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ obtidos no presente experimento. Alguns autores, inclusive MATOS et al., (2008), descrevem valores elevados para a redução de potássio (K_2O), porém no experimento em questão essa redução, quando atribuída ao vegetal, é relativamente pequena ($96,17 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$). Deve-se ressaltar que esses pesquisadores mensuraram os valores em análises químicas da parte aérea, e os valores do presente trabalho são apenas estimativas matemáticas com base na diferença de concentração destes elementos na ARS após os leitos vegetados e o não vegetado, tornando essa comparação um pouco subjetiva.

CONCLUSÕES

- O sistema de leitos cultivados com fluxo vertical, operado em bateladas de 24 horas e vegetados com Tifton 85 (*Cynodon spp.*), se mostrou eficiente na remoção de Nitrogênio (N-total), Fósforo (P_2O_5 -total) e Potássio (K_2O) com eficiência de 86,323; 87,213 e 61,41% respectivamente.
- A presença do vegetal, apesar de não ser estatisticamente influente para dois dos 3 elementos, representou um acréscimo na eficiência do sistema, cerca de 8,04; 9,55 e 0,1% respectivamente para os 3 parâmetros supracitados.
- Apesar da configuração deste sistema de leitos cultivados obter resultados muito satisfatórios, não se pode prever sua vida útil (período antes da colmatagem), necessitando um tempo mais longo de experimentação do mesmo.

REFERÊNCIAS

APHA, AWWA and WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21 Ed., Washington, DC: APHA, 2003.

ESTÁQUIO JUNIOR, V; MATOS, A.T; CAMPOS, L.C; BORGES, A.C. Desempenho agrônômico da aveia-preta (*Avena strigosa*), cultivada em sistemas alagados construídos. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v.5, n.1, p. 68-78, 2010.

FERREIRA, T. B.; GOBBO, C. G. R.; OLIVEIRA, L. T.; OLIVEIRA, J. P.; FERNANDES, A. L. T. Análise da eficiência de leitos cultivados no tratamento de efluente suíno. Periódico eletrônico: **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 7, n.12, p.1621-1626. 2011.

FREITAS, W. da S. **Desempenho de sistemas alagados construídos com diferentes espécies vegetais, no tratamento de águas residuárias na suinocultura**. 2006. 159f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2006.

HUSSAR, G. J. **Avaliação do desempenho de leitos cultivados no tratamento de águas residuárias de suinocultura**. 2001. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2001.

MARTINS, P. D.; FERNANDES, A. L. T.; FERREIRA, T. B. Avaliação da compostagem de cama de frango com adição de água residuária suína e aditivos minerais In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 7., 2012, Criciúma. **Anais...** Criciúma: UNESC, 2012. p.83.

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

MATOS, A. T.; FREITAS, W. S.; FIA, R.; MATOS, M. P. Qualidade do efluente de sistemas alagados construídos utilizados no tratamento de águas residuárias da suinocultura visando seu reuso. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v.17 n.5, p. 383-391, Setembro / Outubro 2009.

MATOS, A. T.; FREITAS, W. S.; MONACO, P. A. V. Eficiência de sistemas alagados construídos na remoção de poluentes de águas residuárias da suinocultura. **Ambiente e água**, Taubaté, v.5 n.2, p. 119-132, Agosto 2010.

MAZZOLA, M. **Uso de leitos cultivados de fluxo vertical por batelada no pós-tratamento de efluente de reator anaeróbio compartimentado**. 2003. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2003.

OLIVEIRA, P. A. V. de coord. **Manual de manejo e utilização dos dejetos suínos**. Concordia: EMBRAPA-CNPSA, 1993. 188p.

PERDOMO, C. C.; COSTA, R. R. H. da; MEDRI, W.; MIRANDA, C. da R. **Dimensionamento de Sistemas de Tratamento (Decantador de Lagoas) e Utilização de Dejetos Suínos**. Concordia: EMBRAPA-CNPSA, 1999. 5p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/58411/1/CUsersPiazzonDocuments234.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2012.

SARMENTO, A. P. **Remoção de poluentes em sistemas alagados construídos de escoamento vertical cultivados com diferentes espécies vegetais**. 2010. 83f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2010.

SILVA, E. M; ROSTON, D. M. Tratamento de efluentes de sala de ordenha de bovinocultura: Lagoas De Estabilização Seguidas De Leito Cultivado. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.1, p.67-73, jan./fev. 2010.

VALENTIM, M. A. A. **Uso de leitos cultivados no tratamento de efluente de tanque séptico modificado**. 1999. 137p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 1999.

Von SPERLING, M., Princípios básicos do tratamento de esgotos. **DESA-UFMG**, Belo Horizonte, v. 3, p. 211, 1996.