



XI SILUBESA

Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

II-144 – REDUÇÃO DE DQO E SS DE EFLUENTES DA SUINOCULTURA EM LEITO DE AREIA – ESTUDOS PRELIMINARES PARA A APLICAÇÃO DE SISTEMAS TIPO WETLANDS

Pablo Heleno Sezerino⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista e Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).
Doutorando em Engenharia Ambiental pela UFSC. Bolsista do CNPq.

Bruno Kossatz

Acadêmico do Curso de Engenharia Sanitária – Ambiental (UFSC). Bolsista de IC – CNPq.

Paulo Belli Filho

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Doutor pela Universidade de Rennes (França). Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Christoph Platzer

Engenheiro Civil com Especialização em Saneamento pela Universidade Técnica de Munique (Alemanha). Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade Técnica de Berlim (Alemanha). Diretor Técnico da Rotária do Brasil.

Luiz Sérgio Philippi

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutor em Saneamento Ambiental pela Université de Montpellier I (França). Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Endereço⁽¹⁾: Rua Santos Saraiva 739/502 – Estreito – Florianópolis/SC – CEP: 88070-100 – Brasil - Tel: (48) 331-7696



phsezerino@hotmail.com

RESUMO

Basicamente, as tecnologias empregadas no tratamento de efluente da suinocultura caracterizam-se por armazenamento temporário seguido de aplicação no solo, ou por uma seqüência de lagoas que tendem a estabilizar o material carbonáceo e reduzir a colimetria. Estas lagoas, por sua vez, promovem efluentes finais com consideráveis concentrações de sólidos suspensos - SS, devido ao crescimento algal associado. Mais recentemente, sistemas tipo *wetlands* vêm sendo aplicados como polimento do efluente das lagoas de estabilização empregadas aos dejetos de suínos. Contudo, por se tratarem de unidades que baseiam-se na interação de um solo reconstituído, na maioria dos casos formados por areia e brita, com microrganismos e plantas, o fenômeno da colmatação do maciço filtrante torna-se um parâmetro chave na manutenção da qualidade do tratamento realizado. Esta colmatação, por sua vez, está associada à redução da permeabilidade do maciço filtrante – representada pelo parâmetro condutividade hidráulica saturada (Ks). O objetivo do presente estudo é avaliar o comportamento de diferentes materiais filtrantes passíveis de serem empregados em unidades tipo *wetlands*, notadamente perante a performance de remoção de DQO e SS, bem como verificar a dinâmica de Ks junto aos materiais filtrantes ensaiados. A metodologia empregada está baseada em ensaios de escala laboratorial, utilizando-se colunas de PVC com diâmetro nominal de 150mm e altura de leito de 0,80m. Três diferentes materiais de recheio são empregados. Durante o período de ensaios, não verificou-se uma

correlação entre as cargas de SS aplicadas com o decréscimo de Ks. Mesmo aplicando cargas de DQO e SS superiores as recomendadas na literatura, obteve-se em média remoções variando de 88% a 90% em termos de DQO e 99% de remoção de SS para a coluna C₁ (composta por areia grossa).

PALAVRAS-CHAVE: Efluentes da suinocultura, Redução de DQO, Redução de SS, Leito de areia.

INTRODUÇÃO

Os efluentes gerados com a produção de suínos vêm no decorrer dos anos promovendo distúrbios ambientais consideráveis, notadamente a depleção de oxigênio nos corpos d'água superficiais. Basicamente, as tecnologias empregadas no tratamento deste tipo de efluente caracterizam-se por armazenamento temporário seguido de aplicação no solo, ou por uma sequência de lagoas que tendem a estabilizar o material carbonáceo e reduzir a colimetria. Estas lagoas, por sua vez, promovem efluentes finais com consideráveis concentrações de sólidos suspensos - SS, devido ao crescimento algal associado.

Mais recentemente, sistemas tipo *wetlands* vêm sendo aplicados como polimento do efluente das lagoas de estabilização empregadas aos dejetos de suínos (Sezerino *et al.*, 2003; Kantawanichkul *et al.*, 2000). Estas unidades de tratamento, compreendida na maioria das vezes por leitos de areia associadas a diferentes macrófitas, apresentam eficiência elevada perante a remoção de SS e da DQO remanescente.

Contudo, por se tratarem de unidades que baseiam-se na interação de um solo reconstituído, na maioria dos casos formados por areia e brita, com microrganismos e plantas, o fenômeno da colmatação do maciço filtrante torna-se um parâmetro chave na manutenção da qualidade do tratamento realizado. Esta colmatação, por sua vez, está associada à redução da permeabilidade do maciço filtrante – representada pelo parâmetro condutividade hidráulica saturada (Ks).

Langergraber *et al.* (2003) destaca os mecanismos que induzem a colmatação em filtros de areia, e conseqüentemente nos *wetlands*, tais como:

- deposição de sólidos orgânicos e inorgânicos na superfície;
- produção de biomassa em excesso devido o crescimento de microrganismos associados;
- crescimento demasiado das raízes das macrófitas;
- compactação do maciço filtrante.

Inúmeros estudos vêm sendo conduzidos no sentido de se conhecer melhor os mecanismos que induzem a colmatação, bem como prever ações corretivas para que se possa manter a vida útil do sistema. Recomendações quanto a qualidade do efluente a ser tratado nos *wetlands*, revelam a necessidade da existência de unidades de tratamento a montante suficientemente eficientes garantindo uma concentração em termos de SS máxima de 100 mg/L, sendo a carga de DQO e SS aplicada, sob as condições climáticas da Europa Central, inferior a 20g/m².d e 5g/m².d, respectivamente (Winter e Goetz, 2003).

O objetivo do presente estudo é avaliar o comportamento de diferentes materiais filtrantes passíveis de serem empregados em unidades tipo *wetlands*, notadamente perante a performance de remoção de DQO e SS, bem como verificar a dinâmica de Ks junto aos materiais filtrantes ensaiados.

MATERIAIS E MÉTODOS

● Hipótese Formulada

Através do conhecimento da dinâmica de fluxo sob diferentes materiais filtrantes, passíveis de serem utilizados em filtros plantados com macrófitas (*vertical flow constructed wetlands*) e filtros de pedra (*rock filters*), pode-se obter parâmetros de dimensionamento, tais como a taxa hidráulica aplicada, a intermitência de alimentação e o processo de colmatação.

● Simplificações Assumidas

O estudo da dinâmica de fluxo é realizado em escala laboratorial, a qual representa o perfil vertical de uma unidade em escala real.

Os modelos de dimensionamento empregados para a alimentação das colunas de areia (representativa dos filtros plantados com macrófitas) e de brita (representativo do filtro de pedra), seguiram orientação de Platzer (1999) e Saidam *et al.* (1995), respectivamente.

● **Análises Realizadas**

- Granulometria (curva granulométrica), segundo EB-2097(ABNT, 1990);
- Condutividade hidráulica saturada, segundo Darcy (1856) *in* Prevedello (1996);
- Ensaios físico-químicos, segundo APHA (1995)

● **Condução dos ensaios**

A metodologia empregada está baseada em ensaios de escala laboratorial, utilizando-se colunas de PVC com diâmetro nominal de 150mm e altura de leito de 0,80m. Três diferentes materiais de recheio são empregados, conforme destacado na Tabela 1.

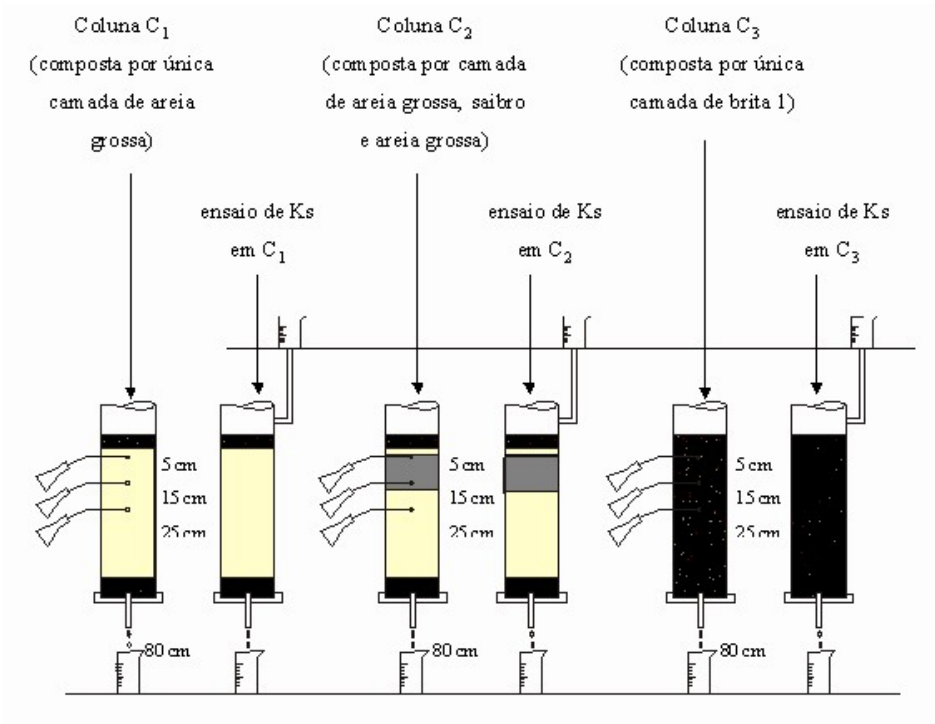
Tabela 1: Caracterização dos diferentes materiais empregados nos ensaios em colunas.

material	d ₁₀ (mm)	d ₆₀ (mm)	U d ₆₀ /d ₁₀
areia grossa	0,116	0,666	5,70
saibro	0,016	0,909	56,80
brita 1	7,000	13,209	1,89

Legenda: Valores para diâmetro efetivo (d₁₀), d₆₀, coeficiente de uniformidade (U)

Os ensaios, condutividade hidráulica e análises físico-químicas, foram conduzidos em 3 pares de colunas contendo diferentes materiais filtrantes (Figura 1). A primeira coluna de cada par é utilizada para a coleta e o acompanhamento do tratamento do percolado, e a outra com a finalidade de acompanhar a dinâmica da condutividade hidráulica saturada (K_s).

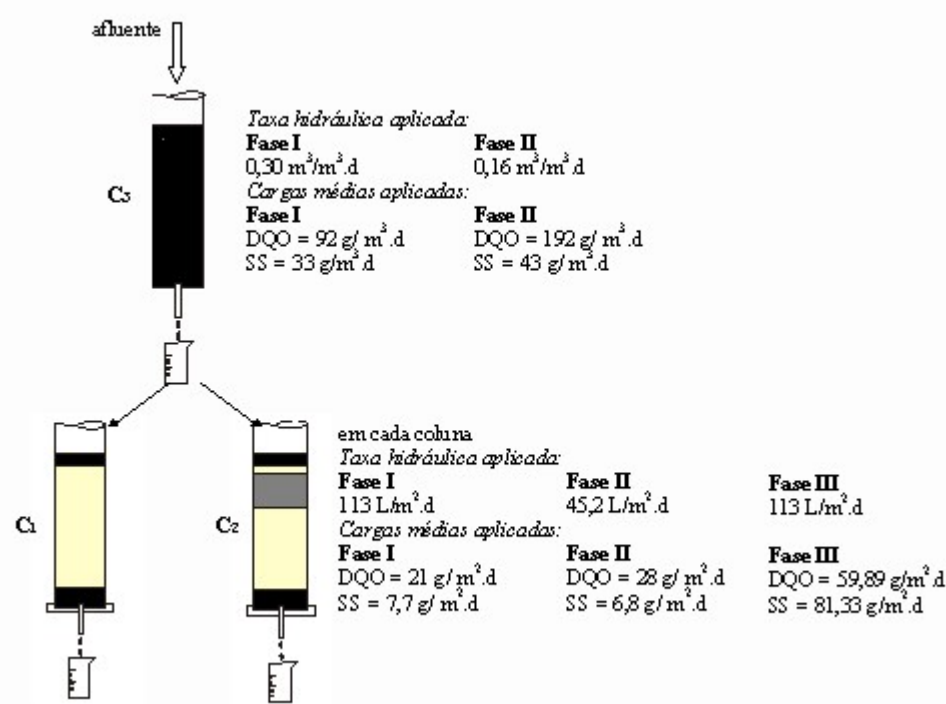
Figura 1: Esquema representativo do ensaio em colunas



Os primeiros 50 dias de ensaio, denominados de fase I, foram conduzidos com efluentes de lagoas de estabilização empregadas no tratamento de esgotos domésticos. Após este período, fase II, a alimentação das colunas foi conduzida com dejetos de suínos diluídos 50 vezes. Esta fase durou 80 dias. A terceira e última fase, a fase III – 60 dias de duração, também foi conduzida com dejetos de suínos, contudo a coluna C₃ foi retirada da operação.

A alimentação das colunas foi de forma intermitente (2 vezes por dia – 5 dias por semana). O afluente foi, primeiramente, disposto na C₃. O percolado desta coluna C₃ foi, então, o afluente das demais colunas C₁ e C₂ (durante as Fases I e II). A Figura 2 descreve a forma de alimentação das colunas, destacando as taxas hidráulicas aplicadas nas fases I, II e III.

Figura 2: Esquema representativo da alimentação das colunas e suas respectivas taxas hidráulicas e cargas orgânicas médias aplicadas.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar das recomendações de literatura apontarem para máximas cargas aplicadas de DQO de 20g/m².d e SS de 5g/m².d, a média destas cargas aplicadas nas colunas foram de 21gDQO/m².d e 7,7 gSS/m².d para a fase I, de 28gDQO/m².d e 6,8 gSS/m².d durante a fase II, e de 59,89gDQO/m².d e 81,33 gSS/m².d para a fase III (efluente de suínos diluído 50 vezes – sem a utilização da coluna C₃).

As concentrações médias afluente e efluente em termos de DQO e SS nas colunas C₁, C₂ e C₃ durante as três diferentes fases, podem ser resumidas na Tabela 2.

Tabela 2: Concentrações médias afluente e efluente das colunas C₁, C₂ e C₃ sob as três diferentes fases do ensaio

Parâmetros	Afluente			Efluente							
				C ₃		C ₁			C ₂		
				Fases		Fases			Fases		
	I	II	III	I	II	I	II	III	I	II	III
DQO (mg/L)	307	890	530	189	509	67	51	65	78	61	86
SS (mg/L)	110	240	720	68	153	ND	1,5	1,7	ND	2,6	2,9

Legenda: ND = não detectável

Ao longo da fase I, a coluna C₃ apresentou remoções médias de 38% para DQO e SS, enquanto que as colunas C₁ e C₂ apresentaram 64% e 59% para a DQO, respectivamente. Nesta mesma fase, não foram detectadas concentrações de SS no efluente tratado em C₁ e C₂.

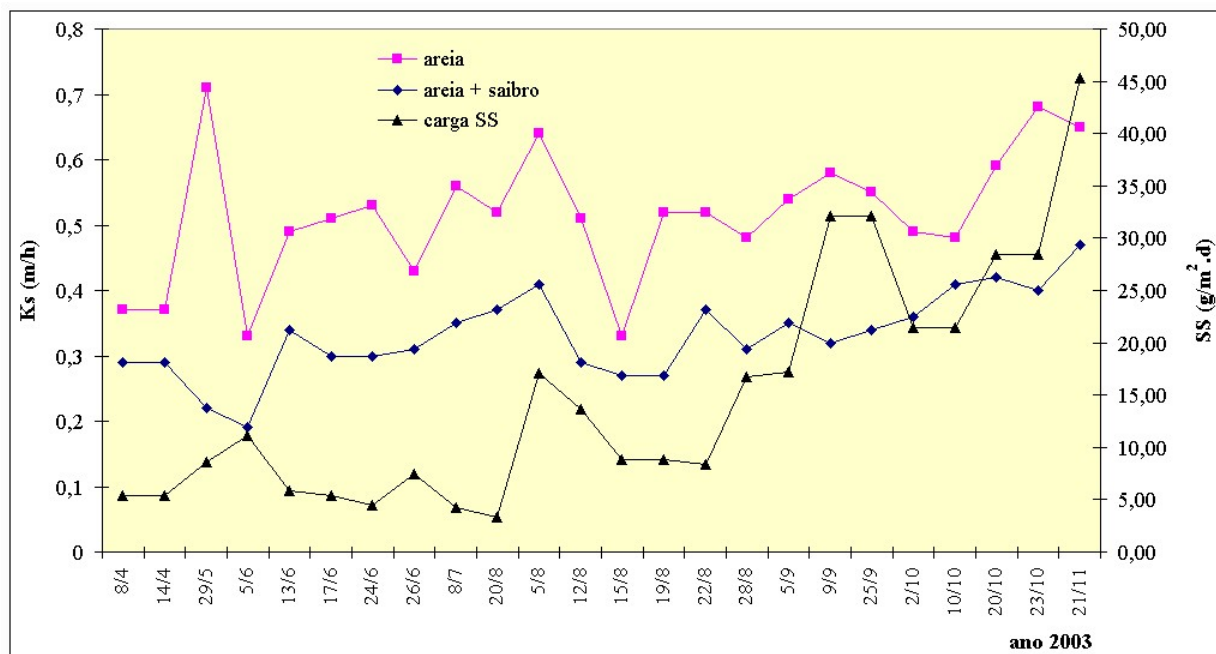
Durante a fase II, a coluna C₃ apresentou remoção média de 43% para a DQO e 36% para SS, C₁ apresentou 90% para DQO e 99% para SS. Já a coluna C₂ obteve 88% de remoção em termos de DQO e 98% para SS.

A terceira e última fase, período em que a coluna C₃ foi tirada de operação e assim o afluente da C₁ e C₂ era o dejetos de suínos diluído 50 vezes, apresentou performance de remoção de DQO e SS de 88% e 99% para C₁, respectivamente, e de 84% e 99% para C₂, respectivamente.

Estudos realizados anteriormente, sob um período de 224 dias, em areias não seleccionadas (areia 1: d₁₀ = 0,21mm; d₆₀ = 0,45; K_s inicial de 1,58 m/h; areia 2: d₁₀ = 0,23mm; d₆₀ = 1,38; K_s inicial de 1,94 m/h) apresentaram 56% e 45% de remoção de DQO para a areia 1 e 2, respectivamente (Sezerino, 2002). As cargas aplicadas variaram de 11 a 29 gDQO/m².d. Não fora reportado neste estudo redução significativa do potencial de infiltração do maciço.

O comportamento da condutividade hidráulica (K_s) da coluna C₃ não sofreu alteração significativa ao longo das fases I e II, apresentando valor média em torno de 13 m/h. Para as colunas C₁ e C₂, houve variações nos valores de K_s conforme variaram as cargas de SS aplicadas. A Figura 3 descreve o comportamento de K_s conforme a variação de SS aplicado.

Figura 3: Comportamento da variação de K_s segundo a carga de SS aplicada nas colunas C₁ (areia) e C₂ (areia + saibro).



A partir dos dados obtidos com o ensaio de K_s e relacionando-os com a carga de SS aplicada nas colunas, não fica evidente uma correlação entre o acúmulo de material orgânico na superfície do material filtrante das colunas com a redução do potencial de permeabilidade, durante o período de estudo. O que pode ser observado é uma redução em K_s após picos de cargas de SS aplicadas. Contudo, há a necessidade de maior período de avaliação para poder se traçar um perfil entre o acúmulo de sólidos e o decréscimo da permeabilidade hidráulica.

CONCLUSÕES

Com base nos ensaios realizados, concluiu-se que:

Materiais filtrantes compostos por areia (d₁₀ = 0,11; Uniformidade = 5,70), adquiridas nas casas de materiais de construção como areia grossa, mostram-se eficientes na remoção de DQO e SS em efluentes provenientes da

suinocultura;

As concentrações de SS no efluente final das colunas ficaram abaixo de 3mg/L, sendo reportado valores somente após um período de 122 dias de alimentação regular;

Durante o período de ensaios, não verificou-se uma correlação entre as cargas de SS aplicadas com o decréscimo de K_s ;

Mesmo aplicando cargas de DQO e SS superiores as recomendadas na literatura, obteve-se em média remoções variando de 88% a 90% em termos de DQO e 99% de remoção de SS para a coluna C₁ (composta por areia grossa);

Recomenda-se o uso de areia grossa como material filtrante para unidades tipo *constructed wetlands*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Material filtrante – areia, antracito e pedregulho. Rio de Janeiro: ABNT. 7p. 1990.
2. APHA. – AWWA – WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th e. Washington: APHA. 1995.
3. KANTAWANICHKUL, S., NEAMKAM, P. e SHUTES, R.B.E. Nitrogen removal in a combined system: vertical vegetated bed over horizontal flow sand bed. In: 7th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control. Proceedings. Lake Buena Vista, FL: University of Florida / IWA. pp. 293-299. 2000.
4. LANGERGRABER, G. et al. Evaluation of substrate clogging processes in vertical flow constructed wetlands. Wat.Sci.Tech., v. 48, n.5, pp. 25-34. 2003.
5. PLATZER, C. Design recommendation for subsurface flow constructed wetlands for nitrification and denitrification. Wat.Sci. Tech., v. 40, n. 3, pp. 257-263. 1999.
6. PREVEDELLO, C.L. Física do solo: com problemas resolvidos. SAEAFS: Curitiba. 446p. 1996.
7. SAIDAM, M.Y. et al. Upgrading waste stabilization pond effluent by rock filtes. Wat.Sci.Tech., v. 31, pp.369-378. 1995.
8. SEZERINO, P.H. et al. Nutrient removal from piggery effluent using vertical flow constructed wetlands in southern Brazil. Wat.Sci.Tech., v.48, n.2, pp. 129-135. 2003.
9. SEZERINO, P.H. Utilização de biofiltros com macrófitas (vertical constructed wetlands) como pós-tratamento de lagoas de estabilização aplicadas aos dejetos de suínos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. 125p. 2002.
10. WINTER, K.J. e GOETZ, D. The impact of sewage composition on the soil clogging phenomena of vertical flow constructed wetlands. Wat.Sci.Tech., v.48, n.5, pp. 9-14. 2003.