

FILTRO DE PEDRAS DE FLUXO ASCENDENTE PARA POLIMENTO DE DEJETOS SUÍNOS VISANDO O REUSO DO EFLUENTE TRATADO

*Maria Cecília Rosinski Lima Gomes¹; Thales Dias Pereira Seabra²;
Viviane Furtado Velho³ & Rejane Helena Ribeiro da Costa⁴*

RESUMO --- Esta pesquisa trata do estudo de pós-tratamento de dejetos suínos enfocando seu reuso para fins não-potáveis. O consumo de água na criação de suínos é da ordem de 15 L/animal/dia, gerando um efluente rico em sólidos, nutrientes, metais pesados e microrganismos, com grande potencial poluidor quando descartados sem tratamento. Deste modo, este trabalho tem como objetivos a avaliação de um filtro de pedras de fluxo ascendente tratando efluente de lagoa de maturação, visando o reuso do dejetos tratado em irrigação e na limpeza das granjas de suínos. O filtro é preenchido com britas nº 3 (25–50mm) e foi testado com taxa de aplicação hidráulica de 0,25m³/m³.d. Foram realizadas análises físico-químicas e biológicas de amostras de entrada e saída do filtro. Para a avaliação do potencial do reuso da água em irrigação, a Razão de Adsorção de Sódio foi relacionada com a condutividade elétrica do dejetos para determinar os riscos de salinidade e sodificação do solo. No período de estudo o filtro atingiu remoção de 29% de sólidos suspensos, mas a condutividade elétrica do efluente é elevada. Portanto, o reuso em irrigação deve considerar espécies de plantas tolerantes a sais. O dejetos tratado pode ser usado na lavagem do piso, sem prejuízo à saúde animal.

ABSTRACT --- The purpose of this research is to study the post-treatment of swine waste, focusing on the reuse of non potable criteria. The water consumption in this type of activity is around 15 liters/animal/day, producing an effluent rich in solids, nutrients, heavy metals and microorganisms, with a great pollution potential when discharged without any previous treatment. Thus, the objective of this study is to evaluate the ascending flow rock filter, treating maturation pond effluent, aiming at the reuse of treated manure in irrigation and pig houses cleaning. The filter is filled with a #3 crushed stones (25-50mm) and was tested with hydraulic loading rate of 0,25 m³/m³.d. The influent and effluent samples were analyzed by physical, chemical and biological criteria. To evaluate the potential of water reuse on irrigation, Sodium Adsorption Ratio was related to the electric conductivity of the manure, to determine the salinity and sodification risks of soils. During the course of the study, the filter reached 29% removal of suspended solids, but the electric conductivity of the effluent is high. Therefore, the reuse of water for irrigation must consider species of plants that tolerate salt. The treated manure can be used to wash the floor, without prejudice to animal health.

Palavras-chave: Dejetos suínos, Filtro de pedras, Reuso

¹ Mestranda em Engenharia Ambiental da UFSC, Campus Universitário CEP 88040-970, Florianópolis-SC. E-mail: engceciiliagomes@gmail.com

² Engenheiro Sanitarista e Ambiental. E-mail: thales.pgrss@gmail.com

³ Mestranda em Engenharia Ambiental da UFSC. E-mail: vivianevelho@yahoo.com.br

⁴ Dra. Professora Titular do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC. E-mail: rejane@ens.ufsc.br

INTRODUÇÃO

O estado de Santa Catarina possui mais de 6 milhões de suínos e esta produção deve-se ao sistema de criação adotado nas granjas, que objetiva a maior produtividade possível na menor área disponível. Para isto, os animais são criados em confinamento, o que provoca grandes concentrações de resíduos e consumo de água. Acrescenta-se a isto a baixa renda da maioria dos produtores e a incerteza dos preços de mercado. Nesta situação, os investimentos em proteção ambiental e redução dos impactos decorrentes da produção de dejetos ficam em segundo plano.

Não tem sido comum a prática de tratamento de resíduos de suinocultura e o lançamento do efluente tratado em corpo receptor, já que é muito difícil atingir a qualidade exigida pela Legislação Ambiental para o efluente. Por outro lado, tem sido feitos esforços para reduzir a quantidade de dejetos que tem sido usado como fertilizante (CHOI, 2007).

O reuso participa da solução do problema na medida em que propicia a redução do desperdício de água, diminuição da contaminação do solo e água com dejetos, além de reduzir a demanda de água e fertilizantes no meio rural.

O efluente de lagoas de estabilização possui componentes como algas, amônia, coliformes, DBO e outros tipos de sólidos. O pós-tratamento escolhido deve acompanhar as características das lagoas: manutenção e operação simplificadas e de baixo custo. Para Middlebrooks *et al.* (2005), quando a disponibilidade de área é limitada e recursos financeiros e mão-de-obra são indisponíveis, é melhor utilizar-se de métodos relativamente simples para a remoção de algas, como filtros intermitentes de areia, aplicação no solo e filtros de pedras.

O desempenho de filtros grosseiros de pedras foi avaliado em algumas pesquisas para o pós-tratamento de esgoto doméstico (VON SPERLING *et al.*, 2007; MIDDLEBROOKS *et al.*, 1995; SEZERINO *et al.*, 2005; JOHNSON *et al.*, 2007) e dejetos suínos (OLIVEIRA, 2008; YANG *et al.*, 1997). Seu principal objetivo é a retenção física de algas, reduzindo a concentração de sólidos totais do efluente final do sistema.

O funcionamento do filtro baseia-se na passagem do efluente através dos poros do leito de pedras, fazendo com as algas fiquem aderidas na superfície das pedras e o líquido flua através dos espaços vazios. As algas acumuladas serão degradadas biologicamente (Middlebrooks *et al.*, 2005).

O filtro de pedras aplicado ao polimento de lagoas tratando esgoto sanitário tem capacidade de produzir um efluente com concentrações de DBO e SST menor que 30mg/L. Entretanto, ele não é eficiente para remoção de amônia (N-NH₃) como outros métodos de filtração (USEPA, 2002).

Para a irrigação agrícola, os aspectos mais importantes da água são a salinidade, substâncias tóxicas, sódio, cloro e nutrientes. A concentração destes componentes influi na permeabilidade do solo e nas plantas, quando estas absorvem água pela raiz e folhas (BLUM, 2003).

A quantidade de sais solúveis (sólidos dissolvidos totais) está relacionada diretamente com a condutividade elétrica. A viabilidade do uso de efluente tratado é dependente principalmente da relação entre a condutividade elétrica e a proporção dos íons sódio, cálcio e magnésio na água. O aumento da concentração de sódio, em relação aos outros dois íons provoca “inchamento” dos solos argilosos, e sua conseqüente impermeabilização (PAGANINI, 2003).

Para o reuso industrial não-potável e não-agrícola, os critérios específicos de qualidade devem ser analisados caso a caso. Não existe legislação específica sobre o assunto no país. O nível de tratamento depende da qualidade requerida para a água de reuso. Trata-se da reciclagem de água, com aproveitamento dela no próprio processo onde foi gerado o efluente (BLUM, 2003). No caso das granjas de suínos ela pode ser usada na limpeza das instalações e lavação de pisos, por exemplo.

Como não há recomendação técnicas para este tipo de reuso, deve-se atentar ao potencial risco à saúde animal. De acordo com o National Institute of Occupational Safety and Health dos Estados Unidos - NIOSH (1996), a acumulação de resíduos nos criadouros de suínos pode gerar gases tóxicos e asfixiantes para os animais, se manejados inadequadamente.

Diante disso, este trabalho tem como objetivo avaliar o polimento do efluente de um sistema de tratamento de dejetos suínos, visando o reuso do efluente tratado em irrigação e na limpeza das granjas. Foi avaliado o desempenho de um filtro de pedras, em escala piloto, na remoção de sólidos suspensos efluentes de uma lagoa de maturação.

MATERIAIS E MÉTODOS

As instalações experimentais localizam-se em uma média propriedade produtora de suínos em Braço do Norte – SC, bacia hidrográfica do rio Cachoeirinhas. O granja possui produção em ciclo completo, com cerca de 2,5 mil animais em confinamento. O maior consumo de água do local ocorre na limpeza das instalações. A produção de dejetos é de 20 m³/dia em média. O tratamento dos dejetos é realizado em escala real e compreende unidades em série: biolagoa (biodigestor), lagoa anaeróbia, lagoa facultativa aerada, lagoa de maturação e filtro de pedras. Para o estudo do desempenho de leitos filtrantes no polimento do efluente foi instalado um filtro de pedras em escala-piloto.

Filtro de Pedras de Fluxo Ascendente

O filtro de pedras de escala-piloto (Figura 1) possui formato retangular de 3x2m, construído em fibra de vidro e instalado sobre base de concreto. O leito filtrante é constituído de britas nº 3 (25 a 50 mm), possui 40 cm de altura útil e 40 cm de altura de folga. Acima no nível de saída do efluente foram colocados 20 cm de brita, para impedir que o efluente filtrado entre em contato com

a luz. A alimentação é contínua, feita com bomba peristáltica (Exatta EX 1201). Foi estudada taxa de aplicação hidráulica de $0,25 \text{ m}^3\text{m}^{-3}.\text{dia}^{-1}$ e o TDH de 4 dias (em relação ao volume total). Esta taxa foi escolhida com base em USEPA (2002). Seu funcionamento iniciou-se em janeiro de 2009 e os resultados do desempenho são mostrados até maio de 2009.



Figura 1a e 1b: Filtro de Pedras de fluxo ascendente, em escala piloto, da “Estação Experimental de Tratamento de Dejetos Suínos” – média propriedade.

O fluxo é ascendente e o afluente é distribuído por dois tubos de PVC perfurados, colocados abaixo do leito filtrante, ao longo do comprimento do filtro. A coleta do efluente é realizada por canaletas de PVC dispostas sobre o leito de pedras, ao longo de seu comprimento.

Métodos analíticos

O efluente gerado no pós-tratamento de dejetos suínos foi monitorado semanalmente por meio de parâmetros físico-químicos e biológicos na entrada e saída do filtro. As amostras foram coletadas na propriedade no período entre 10h e 11h da manhã, e analisadas no Laboratório Integrado de Meio Ambiente (LIMA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), em Florianópolis.

Em campo foram analisados pH e temperatura (peagâmetro Hanna HI 991003) e oxigênio dissolvido (oxímetro AlfaKit AT 130) de cada amostra. No laboratório foram realizadas as análises para cada parâmetro monitorado conforme apresentado na Tabela 1, de acordo com procedimentos descritos no Standard Methods (APHA, AWWA, WEF, 2005).

Tabela 1: Parâmetros e métodos de análises

Parâmetro	Método
DQO total	Refluxo fechado HACH e leitura colorimétrica
Série de sólidos	Centrifugação - para sólidos filtrados – e Gravimetria
N-NH ₃	Destilação VELP e titulação
Clorofila <i>a</i>	Extração com etanol e leitura colorimétrica (Método de Nush, 1980)
Coliformes	Método do substrato cromogênico definido Colilert® (Quanti Tray-2000 IDEXX Laboratories)

Para a avaliação da potencialidade de uso do efluente tratado em irrigação (utilização de água não-potável), foram feitas análises de sódio (Na), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), utilizando espectrofotometria de absorção atômica de chama, pelo laboratório de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). Estes resultados, em meq/L, foram usados na Equação 1 para o cálculo da “Relação de Adsorção de Sódio” (RAS). A RAS permite a quantificação de riscos potenciais da aplicação do efluente em relação às características do solo (PAGANINI, 2003).

$$RAS = \frac{Na^{+}}{\left[\frac{(Ca^{++} + Mg^{++})}{2} \right]^{1/2}} \quad \text{Eq. 1}$$

O diagrama criado pelo US Salinity Laboratory Staff (Salassier, 1995 apud Melo, 2001) avalia o risco de salinidade e sodificação do solo por meio da RAS e condutividade elétrica, respectivamente. A classificação dos riscos vai de “baixo” a “muito alto”.

A condutividade elétrica foi calculada por sua relação com a concentração de sólidos dissolvidos totais, de acordo com a Equação 2 (PAGANINI, 2003):

$$SDT (mg / L) = \mu S / cm * 0,64 \quad \text{Eq. 2}$$

Os resultados provenientes da coleta de amostras e suas análises experimentais foram tratados estatisticamente para a determinação de, por exemplo, desvio padrão e média. Para a investigação

da diferença entre as médias dos resultados dos dois grupos amostrais (entrada e saída) foi aplicado um teste t para amostras independentes, com nível de significância $\alpha=95\%$. Para alguns parâmetros foi necessária a normalização dos dados antes da aplicação dos testes. Foi utilizado o XVIII software Statistica 7.0 (STATSOFT, Inc., 2007) para os cálculos e elaboração dos gráficos Box-Plot (diagramas de caixa).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Quanto ao funcionamento e à eficiência do filtro:

Os resultados obtidos para o pH, temperatura e OD estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: valores médio de pH, Temperatura e OD

	pH	T (°C)	OD (mg/L)
Entrada FP	8,3 \pm 0,3 (n=13)	22,2 \pm 2,6 (n=13)	1,6 \pm 1,0 (n=12)
Saída FP	8,4 \pm 0,4 (n=12)	24,3 \pm 2,3 (n=12)	0,5 (n=12)

O pH das amostras foi superior a 8,0 e a temperatura ficou acima de 22°C, condições ideais para o desenvolvimento de um biofilme ao redor dos grãos do leito filtrante. O OD foi consumido durante a passagem do efluente pelo leito de pedras.

As cargas volumétricas aplicadas e removidas estão apresentadas na Tabela 3. O filtro realizou remoção da carga aplicada de DQO via assimilação biológica bem como pela deposição dos sólidos na superfície dos grãos. Não foi observada remoção da carga aplicada de amônia. Nos diagramas de caixa (Figura 2) são mostrados os resultados médios de entrada e saída dos principais parâmetros monitorados.

Tabela 3: Cargas médias aplicadas, removidas e porcentagens de remoção

	DQOt	SST	N-NH ₃
Carga afluyente (g/m³.d)	438	99	110
Carga removida (g/m³.d)	62	29	1
% remoção	14	29	0

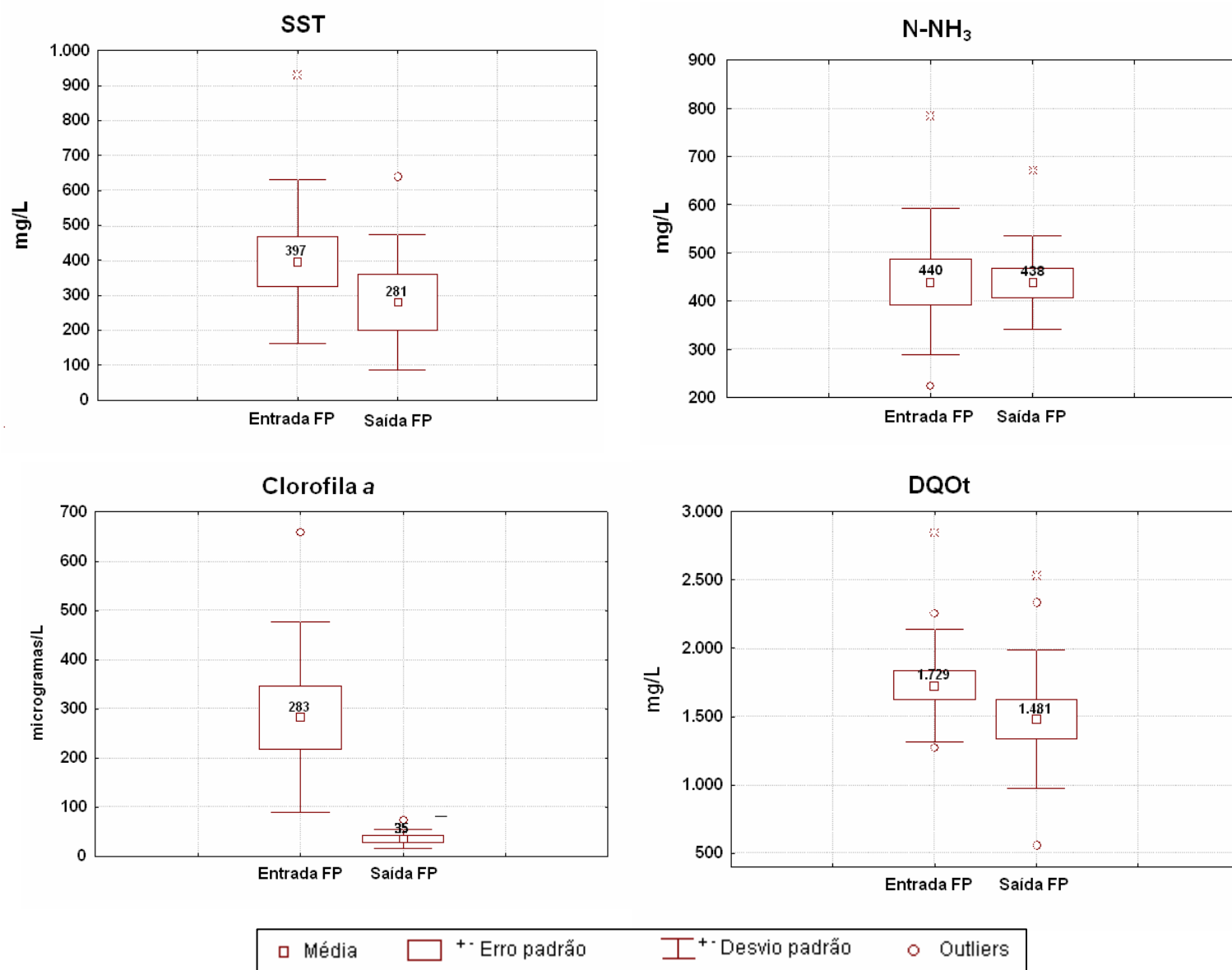


Figura 2: Diagramas de caixa dos dados de SST, N-NH₃, Clorofila *a* e DQOt

Sólidos Suspensos Totais (SST)

O filtro de fluxo ascendente apresentou eficiência de remoção de sólidos de 29% para uma carga média de 99 g/m³.d. Johnson *et al.* (2007) e von Sperling *et al.* (2006) conseguiram até 59% e 75% de remoção, respectivamente, com filtros de fluxo horizontal, granulometria de 30 a 100mm e cargas menores que 50 g/m³.d. Oliveira (2008) obteve eficiência de 17% com filtro de fluxo horizontal e menor carga de sólidos. Seu trabalho demonstrou a importância da regularidade no tamanho das pedras, já que a baixa eficiência deveu-se à granulometria irregular do leito filtrante (30-300 mm), que formou caminhos preferenciais para o líquido, prejudicando a filtração.

Já Short *et al.* (2007) obtiveram eficiência média de 64% para cargas de 11 a 83 g/m³.d e granulometria de 100 mm em média. Yang *et al.* (1997) obtiveram eficiência de 45% com filtro de

fluxo ascendente com pedras de diâmetro 25 a 50 mm. Sezerino *et al.* (2005) avaliaram um filtro de pedras ascendente de granulometria 4,8 a 12,5 mm e obtiveram 92% de remoção de SST, é importante destacar que este filtro atingiu elevada eficiência, porém trabalhou com baixa carga (11,8 g/m³d).

Amônia (N-NH₃)

A carga removida de amônia no filtro de pedras (1g/m³.d) não foi significativa. O valor do pH do afluente não favoreceu a remoção de amônia por volatilização. Este comportamento já havia sido observado por Sezerino *et al.* (2005) em filtro ascendente com taxa de 0,17m³/m³.dia; por Johnson *et al.* (2007), ao avaliar um filtro de pedras de fluxo horizontal com taxa de 0,3-0,6m³/m³.dia e von Sperling (2008) 0,5-1,5m³/m³.dia. Porém, pesquisas mostram que a implantação de aeração no filtro permite uma remoção de amônia de até 90%, sendo um ótimo sistema para polimento do efluente de lagoas (Johnson *et al.*, 2007; Hamdan *et al.* 2009).

Clorofila *a*

A remoção de clorofila *a* é um dos objetivos principais do filtro. Os valores médios de entrada e saída de clorofila *a* são mostrados na Figura 2. O filtro teve eficiência de 87% e a concentração de saída foi em média 35μ/L. Não é descartada a possibilidade de que parte das algas efluente da lagoa de maturação fique retida na tubulação até sua chegada no filtro.

Oliveira (2008) obteve remoção de 17% de clorofila *a* em filtro para efluente de sistema de lagoas tratando dejetos suínos. Para esgoto sanitário, Von Sperling *et al.* obtiveram 59% de remoção, porém com concentração de saída de 449 μ/L. No filtro estudado por Short *et al.*, a remoção foi de 55% em média, com sua carga aplicada similar a deste trabalho.

Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A carga aplicada de DQO teve um valor médio de 438 g/m³.d. A carga removida foi de 14%, valor satisfatório, considerando-se que o processo de tratamento do filtro de pedras é exclusivamente físico, não tendo como objetivo principal o tratamento biológico do efluente (Oliveira *et al.*, 2008; Middlebrooks *et al.*, 2005).

Outras pesquisas apresentam resultados melhores para a remoção de DQO, como por exemplo, Yang *et al.*, os quais conseguiram 27% de remoção de DQO, tratando dejetos suínos, porém os resultados são acompanhados de um melhor desempenho do filtro na remoção de sólidos.

Estatística de comparação entre médias

Os testes t dos parâmetros DQOt, SST e amônia resultaram em diferença não-significativa entre as amostras brutas e filtradas. Isto significa que, apesar de apresentar eficiências de remoção satisfatórias, estas ainda não são estatisticamente significativas.

Quanto ao potencial de reuso na irrigação

Os valores médios de concentração de sólidos dissolvidos (SDT) e condutividade elétrica (CE) são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4: Resultados de SDT e condutividade

Data	SDT (mg/L)	CE (μ S/cm)
Entrada	2184 \pm 694 (n=13)	3651 \pm 693 (n=6)
Saída	2242 \pm 265 (n=6)	3503 \pm 414 (n=6)

Os valores de STD na saída do filtro foram maiores que na entrada, confirmando a solubilização de compostos ao longo do leito filtrante. Para a condutividade, os valores ainda se apresentaram elevados na saída do filtro.

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados das concentrações de sódio, cálcio e magnésio. A partir desses valores e da condutividade elétrica foram encontrados os riscos de salinidade e sodificação, com base no diagrama para classificação da água de irrigação (US Salinity Laboratory Staff (Salassier, 1995 apud Melo, 2001).

Tabela 5: Concentrações de Na⁺, Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺; RAS e risco salinidade e sodificação do solo

Composto	1 abril 09		22 abril 09		14 maio 09	
	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída
Na ⁺ (mg/L)	154,85	148,41	160,47	153,1	164,41	160,89
Na ⁺ (meq/L)	6,73	6,45	7,79	6,66	7,15	7,00
Ca ⁺⁺ (mg/L)	32,72	26,59	30,56	32,65	47,32	39,87
Ca ⁺⁺ (meq/L)	1,64	1,33	1,53	1,63	2,37	1,99
Mg ⁺⁺ (mg/L)	9,25	7,47	5,69	10,64	9,41	9,48
Mg ⁺⁺ (meq/L)	0,76	0,61	0,47	0,88	0,77	0,78
RAS	6,1	6,5	7,9	5,9	5,7	5,9
Risco	C4 S2	C4 S2	C4 S3	C4 S2	C4 S2	C4 S2

Legenda: C (salinização): 1- baixo; 2- médio; 3- alto; 4- muito alto

S (sodificação): 1- baixo; 2- médio; 3- alto; 4- muito alto

O efluente filtrado possui um valor elevado de sólidos dissolvidos, o que ocasiona uma média de condutividade elétrica maior que 3.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Este valor representa risco 4, ou seja, tem grande potencial de causar salinização no solo. A partir dos resultados da proporção entre cálcio, sódio e magnésio, representada pela RAS, observa-se que existe risco médio de sodificação do solo.

As águas de classe 4, de salinidade muito alta, podem ser usadas na irrigação de solos permeáveis e exigem drenagem adequada. Outros cuidados na irrigação devem ser tomados, como a escolha de plantas tolerantes a sais, como aveia, arroz e algodão (PAGANINI, 2003).

Segundo Oliveira et al. (2000), para a irrigação com dejetos suíno, a concentração de sólidos totais é também muito importante para a redução da capacidade de infiltração do solo.

Quanto ao potencial de reuso para limpeza de instalações

Como não existem recomendações técnicas para este tipo de reuso, considerou-se neste trabalho a qualidade sanitária do efluente, em relação ao potencial risco à saúde animal. De acordo com o National Institute of Occupational Safety and Health dos Estados Unidos - NIOSH (1996), a acumulação de resíduos nos criadouros de suínos pode gerar gases tóxicos e asfixiantes para os animais, se manejados inadequadamente e em local pouco ventilado. Segundo este Instituto, a amônia (N-NH_3), ácido sulfídrico (H_2S), e monóxido de carbono (CO) são os primeiros gases que devem ser considerados. A presença de CO deve-se à combustão em motores, não tendo relação com os dejetos.

A emissão de N-NH_3 e H_2S ocorre naturalmente a partir dos dejetos sólidos e líquidos acumulados no piso, sendo que o concreto, segundo Paulo (2008) é o tipo de piso que mais propicia a liberação de amônia do dejetos, em comparação com camas sobrepostas. Deste modo, a limpeza utilizando dejetos pode apresentar um potencial risco para os animais se houver aumento da concentração de amônia no ar pela sua passagem da forma dissolvido para a forma gasosa, transferindo-se do líquido para o ar. Porém, esta transformação somente ocorre com altas temperaturas ou pH maior que 10 (ARAÚJO, 2008), valor bem maior que 8,4, pH médio do efluente do filtro de pedras deste trabalho.

Na granja estudada, o piso das unidades de terminação é de concreto. Já a maternidade e crescimento possuem piso de concreto com grades vazadas para escoamento dos dejetos, diminuindo o contato do animal com o efluente. Uma lavagem grosseira semanal é realizada e a lavagem completa das baias, neste caso sem a presença de animais, ocorre a cada 5 meses, que correspondem a um ciclo de crescimento. A limpeza é realizada com água bruta retirada de nascente.

A partir dos resultados da qualidade do efluente, e da recomendação americana para a saúde dos animais, é possível o uso do dejetos tratado na limpeza das instalações.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados de análises de coliformes do efluente do filtro de pedras e de dois pontos do Rio Cachoeirinhas, da bacia hidrográfica local.

Tabela 6: Concentrações de coliformes totais e *E. coli* na saída do filtro de pedras e rio Cachoeirinhas

	Coliformes Totais (NMP/100mL)	<i>E. coli</i> (NMP/100mL)
Saída Filtro de Pedras (dejetos tratado) (n=4)	$6,2 \times 10^5 \pm 5,0 \times 10^5$	$7,3 \times 10^4 \pm 1,0 \times 10^5$
Rio Cachoeirinhas 1	$7,7 \times 10^4$	$3,7 \times 10^4$
Rio Cachoeirinhas 2	$9,2 \times 10^4$	$3,3 \times 10^4$

A partir destes valores, percebe-se que há contaminação da água do rio com dejetos. Esta água é utilizada frequentemente em propriedades vizinhas e sendo assim o uso do dejetos tratado na limpeza do piso representa condição de risco patogênico igual à da utilização da água do rio.

Resultados preliminares do segundo período de estudo

Devido a mudanças na operação do sistema de tratamento em escala-real, houve uma redução da qualidade do afluente do filtro de pedras. Diante disso, o segundo período de estudo representa seu desempenho em relação à carga hidráulica de $0,17\text{m}^3/\text{m}^3.\text{d}$ (Tabela 7).

Tabela 7: Cargas médias aplicadas, removidas e porcentagens de remoção no segundo período (n=6)

	DQOt	SST	N-NH₃	PT
Carga afluente (g/m³.d)	398	62	105	12
Carga removida (g/m³.d)	105	29	5	3
% remoção	26	48	5	21

A partir dos resultados acima, é possível perceber uma melhora na eficiência do filtro no segundo período. É importante destacar também a carga hidráulica diminuiu, mas as cargas de matéria orgânica e nutrientes não diminuíram na mesma proporção, devido às mudanças citadas.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados do desempenho do filtro no pós-tratamento, pode-se concluir que:

- o filtro de pedras de fluxo ascendente remove satisfatoriamente SST e Clorofila, melhorando a qualidade do efluente, mas não tem capacidade de remover amônia;
- o efluente do sistema pode ser utilizado em irrigação, com elevado risco de salinização do solo e médio risco de sodificação, porém a irrigação não-contínua, isto é, em momentos de estiagem, é possível se for considerada uma boa drenagem do solo e plantas tolerantes a sais;
- o dejetos tratados pode ser utilizado na limpeza da granja, sem prejuízo aos animais, possibilitando economia de água e melhoria da qualidade ambiental.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e à Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica de Santa Catarina – FAPESC.

BIBLIOGRAFIA

APHA (2005). *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. 21^a ed. Washington: American Public Health Association.

BLUM, J. R. C. (2003). “Critérios e padrões de qualidade da água” in Reúso de água. Org. por MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos. Editora Manole: São Paulo, pp. 125-174.

CHOI, E. (2007). *Piggery Waste Management: Towards a Sustainable Future*. IWA Publishing: Londres, 2007. 174p.

HAMDAN, R. e MARA, D. D. (2009). “The effect of aerated rock filter geometry on the rate of nitrogen removal from facultative pond effluents” in 8th IWA Specialist Group Conference on Waste Stabilization Ponds. Belo Horizonte. Belo Horizonte.

JOHNSON, M., VALERO, M. A. C. e MARA, D. D. (2007). “Maturation ponds, rock filter and reedbeds in the UK: statistical analysis of winter performance”. *Revista Water Science and Technology*, v. 55, n. 11, pp. 135-142

MELO, H. N. S., MIRANDA, R. J. A., ANDRADE NETO, C. O. A., LUCAS FILHO, M. (2001). “Salinização no pós-tratamento de esgoto por disposição controlada no solo” in Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios - Coletânea de Artigos Técnicos – Vol. 1. pp. 17-24, FINEP/PROSAB.

MIDDLEBROOKS, E. J. (1995). “Upgrading pond effluents: an overview”. *Revista Water Science and Technology*, v. 31, n. 12, pp. 353-368.

MIDDLEBROOKS, E. J., ADAMS, V. D., BILBY, S. & SHILTON, A. (2005). “Solids removal and other upgrading techniques” in *Pond Treatment Technology*. IWA Publishing: Londres

- NIOSH – National Institute of Occupational Safety and Health (1996). *Safety in swine production systems*. North Carolina: Cooperative Extension Service Publications. n. PIH – 104.
- OLIVEIRA, J. L. R. (2008). *Utilização de filtros no polimento de efluentes de lagoas de estabilização aplicadas aos dejetos suínos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- OLIVEIRA, R. A., CAMPELO, P. L. G., MATOS, A. T., MARTINEZ, M. A. & CECON, P. R. (2000). “*Influência da aplicação de águas residuárias da suinocultura na capacidade de infiltração de um solo podzólico vermelho-amarelo*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.2, p.263-267.
- PAGANINI, W. S. (2003). “*Reúso de água na agricultura*” in *Reúso de água*. Org. por MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos. Editora Manole: São Paulo, pp. 339-401.
- PAULO, R. M. de, TINÔCO, I. F. F., OLIVEIRA, P. A. V., SOUZA, C. F., BAÊTA, F. C. & CECON, P. R. (2009). “*Avaliação de amônia emitida de camas sobrepostas e piso concretado utilizados na criação de suínos*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.13, n.2, p.210–213.
- SEZERINO, P. H., GOTARDO, J. T., MURAOKA, R., PHILIPPI, L. S. e LAPOLLI, F. R. (2005). “*Filtro de pedra como pós-tratamento de efluente de lagoa de estabilização*” in 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande- MS.
- SHORT, M. D., CROMAR, N. J., NIXON, J. B. e FALLOWFIELD H. J. (2007). “*Relative performance of duckweed ponds and rock filtration as advanced in-pond wastewater treatment processes for upgrading waste stabilization pond effluent: a pilot study*”. Revista Water Science and Technology, v. 55, n. 11, pp. 111-119.
- USEPA (2002). United States Environmental Protection Agency. *Rock media polishing filter for lagoons. Wastewater technology fact sheet*. U. S. Environmental Protection Agency.
- VON SPERLING, M., ANDRADA, J.G.B. e MELO JÚNIOR, W.R. (2007). “*Coarse filters pond effluent polishing: comparison of loading rates and grain sizes*”. Revista Water Science & Technology. V. 55. n. 11.
- VON SPERLING, M., OLIVEIRA, C. M., ANDRADA, J. G. B., GODINHO, V. M., ASSUNÇÃO, F. A. L. e MELO JÚNIOR, W. R. (2008). “*Performance evaluation of simple wastewater treatment system comprised by UASB reactor, shallow polishing and coarse rock filter*”. Revista Water Science and Technology, v. 58, n. 6, pp. 1313-1319.
- YANG, P. Y., KHAN, E., GAN, G., PAQUIN, D. e LIANG, T. (2007). “*A prototype small swine waste treatment system for land limited and tropical application*”. Revista Water Science and Technology, v. 35, n. 6, pp. 145-152.