

# REDUÇÃO DO POTENCIAL POLUIDOR DE DEJETOS DE SUÍNOS EM LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO EM SÉRIE

## POLLUTION POTENTIAL REDUCING OF SWINE MANURE IN STABILIZATION PONDS IN SERIES

**Francine Aparecida SOUSA<sup>1</sup>; Alessandro Torres CAMPOS<sup>2</sup>; Enilson de Barros SILVA<sup>3</sup>; Andrezza Mara Martins GANDINI<sup>4</sup>; Juliano Miari CORRÊA<sup>5</sup>**

1. Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Engenharia Agrícola pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras - UFLA, Bolsista CAPES, Lavras, MG, Brasil. francine.sousa@ymail.com; 2. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia, Bolsista Produtividade do CNPq, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil; 3. Professor Associado do Departamento de Agronomia, Bolsista Produtividade do CNPq, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, Diamantina, MG; 4. Engenheira Florestal, Mestre em Produção Vegetal pela UFVJM, Diamantina, MG; 4. Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Produção Vegetal pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, Brasil.

**RESUMO:** As lagoas de estabilização, em virtude da sua simplicidade e eficiência do processo, do baixo custo de construção e operação e das condições climáticas favoráveis, apresentam-se como solução para atender a grande parte dos requisitos impostos para o tratamento dos dejetos na região do Vale do Jequitinhonha. Diante disso, o objetivo do trabalho foi caracterizar os parâmetros físico-químicos de dejetos líquidos de suínos (DLS) tratados em sistema de lagoas de estabilização em série e avaliar a redução do seu potencial poluidor. O estudo foi conduzido na granja Campo Alegre no município de Diamantina-MG. Os dejetos foram coletados nos seguintes locais: saída das instalações, saída da lagoa anaeróbia, saída da primeira lagoa facultativa e saída da segunda lagoa facultativa. O sistema de lagoas de estabilização em série apresentou 88% de eficiência na remoção da DQO<sub>t</sub> e 91% na remoção de DBO<sub>5</sub>. Os elementos Mg, Fe, Mn e P foram removidos nos percentuais de 66; 83; 33 e 54%, respectivamente. A eficiência de remoção de N-Total foi de 24%. K, Ca e S, foram removidos em 40; 31; e 52%, respectivamente. O sistema de lagoas de estabilização em série estudado demonstrou ser eficiente no abatimento de nutrientes, demonstrando características favoráveis ao reaproveitamento dos dejetos como biofertilizante.

**PALAVRAS-CHAVE:** Instalações. Suinocultura. Resíduos. Construções Rurais. Biofertilizante. Eficiência de tratamento. Reaproveitamento.

### INTRODUÇÃO

A suinocultura é tida como uma atividade de grande potencial poluidor aos recursos hídricos, em razão de gerar efluentes, em sua maioria na forma líquida, com elevada carga de matéria orgânica, nutrientes e metais pesados como Cu e Zn, em apreciável volume (BAUMGARTNER et al., 2007; STEINMETZ et al., 2009; ORRICO JÚNIOR et al., 2010; RODRIGUES et al., 2010; SMANHOTTO et al., 2010). A concentração de poluentes nos dejetos, se destinados incorretamente, pode causar sérios problemas ambientais (ABREU NETO et al., 2009).

Kunz et al. (2009) alertam que, em regiões em que a geração de efluentes supera a capacidade de suporte do solo e, ou as recomendações dos órgãos de fiscalização ambiental, alternativas de tratamento ou exportação de nutrientes precisam ser adotadas. Orrico Júnior et al. (2009) complementam que, o uso excessivo de água na limpeza das instalações de suínos leva à formação de efluente com baixa concentração de sólidos, se tornando indicados sistemas como lagoas de

estabilização ou biodigestores, no tratamento dos dejetos, sendo o último de elevado custo.

De acordo com Higarashi et al. (2007) e Vivan et al. (2010), no Brasil, existem diversas alternativas de processos através dos quais se pode realizar o tratamento dos dejetos de suínos: físicos, físico-químicos e biológicos. Entretanto, Zordan et al. (2008) apontam que o sistema mundialmente mais utilizado é a lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa.

Dentre as vantagens das lagoas de estabilização, pode-se citar o excelente desempenho quanto à remoção de matéria orgânica e sólidos, o baixo custo de implantação e manutenção e a capacidade de trabalhar com sobrecargas hidráulicas e orgânicas. A limitação na implantação de sistemas de lagoas constitui-se na necessidade do uso de grandes áreas (SILVA et al., 2009). Este problema é minimizado na Região do Jequitinhonha, onde encontra-se grandes áreas de solo sem aptidão agrícola e de baixo custo, que podem ser empregados na implantação destes sistemas de tratamento de dejetos com lagoas.

A proteção ambiental no Brasil é regida por uma série de leis, decretos e portarias, que

relacionam o uso dos efluentes da produção animal como fonte de adubação e impõem limites para seu lançamento em corpos de água. Destaca-se a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA): a de n.º. 430 de maio de 2011, que estabelece padrões de lançamento de efluentes nos corpos de água e regulamenta a aplicação do efluente animal no solo quando este se encontra na forma de lodo (MIELE; KUNZ, 2007).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de sistema de lagoas de estabilização em uma granja de suínos, na redução do potencial poluidor, por meio de análises físico-químicas dos dejetos coletados em diferentes fases do sistema.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Fazenda Campo Alegre, localizada na região do Vale do Jequitinhonha-MG, município de Diamantina, (Latitude: 18°15' Sul, Longitude: 43°36' Oeste e Altitude Máxima: 1.296m). O clima da região é do tipo Cwb, temperado úmido, com inverno seco e chuvas no verão, com precipitação média anual de 1.400mm e temperatura média de 18°C, segundo classificação de Koppen. O sistema foi avaliado no período de setembro a dezembro do ano de 2009, e apresentou precipitação média de 84 mm durante a avaliação e temperatura média de 23°C.

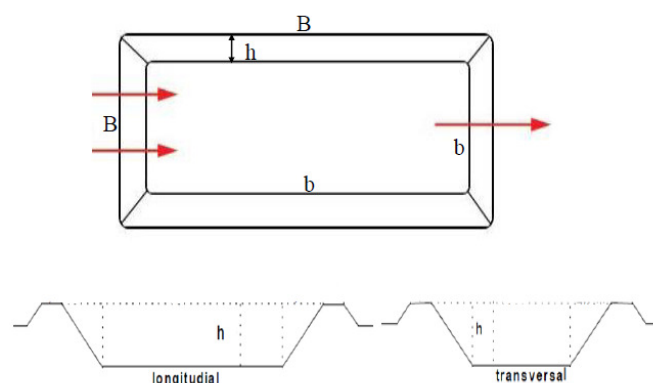
O sistema de criação de suínos é em ciclo completo (CC), onde os animais passam pelas fases de gestação, maternidade, creche, crescimento e terminação. O plantel no período da pesquisa

possuía 500 animais, dentre estes 60 matrizes e quatro reprodutores. A alimentação básica dos animais é composta por milho (70%) e farelo de soja (30%). Cada fase recebe uma formulação, recomendada por prestadora de serviços em nutrição e saúde animal. A formulação das rações é feita numa pequena fábrica da propriedade.

A granja é composta por galpões para cada fase de produção dos suínos, perfazendo um total de 1.200 m<sup>2</sup> de área interna das instalações. Os dejetos são manejados na forma líquida e conduzidos por canaletas até o sistema de tratamento.

O sistema utilizado para o tratamento dos dejetos é composto por três lagoas de estabilização em série, sendo a primeira anaeróbia e as duas subsequentes facultativas, as quais foram dimensionadas em função da vazão diária de dejetos líquidos (5,7 m<sup>3</sup>) e do tempo de retenção hidráulica (TRH) das respectivas lagoas, segundo metodologia apresentada por Von Spearling (2005).

A lagoa anaeróbia possui um TRH de 45 dias, dimensões externas de 23,5 x 8,0m, dimensões internas de 19,5 x 4,0m, profundidade de 2,0m e um volume de 260,0m<sup>3</sup>. A primeira lagoa facultativa opera com TRH de 35 dias, possui dimensões externas de 18,5 x 8,5m, dimensões internas de 15,5 x 5,5m, profundidade de 1,5m e volume de 175,0m<sup>3</sup>. A segunda lagoa facultativa opera com TRH de 25 dias, possui dimensões externas de 13,0 x 8,5 m, dimensões internas de 10,0 x 5,5m, profundidade de 1,5m e volume de 120,0m<sup>3</sup> Figura 1. As lagoas foram impermeabilizadas com manta plástica de 200µm e recebem os dejetos por gravidade por meio de tubulações de PVC.



**Figura 1.** Planta baixa da lagoa e cortes longitudinal e transversal sem escala.

Fórmula:

$$V = \frac{h}{3} \cdot (S_B + \sqrt{S_B \cdot S_b} + S_b)$$

Onde,  
V → é o volume

h → é a altura

S<sub>B</sub> → é a área da base maior

S<sub>b</sub> → é a área da base menor

Foram coletadas amostras do efluente líquido em diferentes pontos do sistema: 1) Na saída

das instalações: Os dejetos advindos das instalações de maternidade e creche eram conduzidos juntos após o processo de lavagem das baias para a lagoa anaeróbia, gestação e terminação, durante o processo de lavagem dos galpões seguiam para as lagoas em canos separados. 2) Na saída da lagoa anaeróbia: amostras simples no tubo de passagem para a primeira lagoa facultativa; 3) Na saída das lagoas facultativas: amostras simples no tubo de saída de cada lagoa.

As amostras foram coletadas em frascos previamente esterilizados, de aproximadamente 5L, acondicionadas em caixas de isopor contendo gelo e levadas em seguida para o laboratório. A coleta, preservação e análise das amostras seguiram as especificações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005). Para todos os pontos amostrados foram analisados as seguintes variáveis: Potencial Hidrogeniônico (pH), Demanda Bioquímica de

Oxigênio (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Totais (ST), Sólidos Totais Fixos (STF), Sólidos Totais Voláteis (STV), Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Suspensos Fixos (SSF), Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), Nitrogênio Total (N-Total), Carbono Orgânico Total (COT), Nitrogênio Amoniacal (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Manganês (Mn), Ferro (Fe), Cobre (Cu) e Zinco (Zn).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Dejetos brutos

As características físico-químicas dos dejetos líquidos de suínos foram diferentes entre as instalações (Tabela 1). O teor de Sólidos Suspensos Fixos foi bem menor se comparado com os resultados de Sólidos Suspensos Voláteis e a maior concentração se deu no efluente da fase de creche.

**Tabela 1.** Concentrações dos parâmetros físico-químicos avaliados nas fases de gestação, maternidade e creche e terminação

Parâmetro/Unidade	Gestação	Maternidade e Creche	Terminação
pH	6,3	6,4	7,1
DBO <sub>5</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	4536	8299	2721
DQO <sub>t</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	4705	8500	4698
DQO <sub>t</sub> /DBO <sub>5</sub>	1,04	1,02	1,73
ST (mg L <sup>-1</sup> )	1316	13794	2882
STF (mg L <sup>-1</sup> )	484	3316	782
STV (mg L <sup>-1</sup> )	832	10478	2100
SST (mg L <sup>-1</sup> )	168	1568	544
SSF (mg L <sup>-1</sup> )	32	316	144
SSV (mg L <sup>-1</sup> )	136	1252	400
N-Total (mg L <sup>-1</sup> )	12,3	19,3	11,1
COT (mg L <sup>-1</sup> )	419	2035	367
P (mg L <sup>-1</sup> )	306	765	9,00
K (mg L <sup>-1</sup> )	17,1	97,7	25,4
Ca (mg L <sup>-1</sup> )	24,1	77,1	80,4
Mg (mg L <sup>-1</sup> )	15,8	0,3	3,5
Mn (mg L <sup>-1</sup> )	5,19	5,29	1,15
S (mg L <sup>-1</sup> )	0,92	0,92	0,99
Fe (mg L <sup>-1</sup> )	16,8	9,9	25,8
Cu (mg L <sup>-1</sup> )	18,4	52,3	35,8
Zn (mg L <sup>-1</sup> )	<0,01	0,28	0,07

Potencial Hidrogeniônico (pH), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Totais (ST), Sólidos Totais Fixos (STF), Sólidos Totais Voláteis (STV), Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Suspensos Fixos (SSF), Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), Nitrogênio Total (N-T), Carbono Orgânico Total (COT), Potássio (K), Fósforo (P), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Manganês (Mg), Enxofre (S), Ferro (Fe), Cobre (Cu) e Zinco (Zn).

Pelos resultados obtidos de DQO<sub>t</sub> e da DBO<sub>5</sub> nas fases analisadas, observa-se que os dejetos provenientes da maternidade e creche foram 45% mais concentrados do que o restante do sistema. O mesmo ocorreu com a DBO<sub>5</sub>, que

apresentou concentração 67% superior aos dejetos líquidos dos suínos (DLS) da fase de terminação.

Os (DLS) da fase de terminação apresentaram maior relação DQO<sub>t</sub>/DBO<sub>5</sub>, indicando menor biodegradabilidade. Braile e Cavalcanti (1993) enfatizam que valores da razão

DQOt/DBO<sub>5</sub> acima de 2,5 indicam conteúdo significativo de inertes ou material não biodegradável presente no resíduo. Considerando os padrões para lançamento de efluentes estabelecidos pelo CONAMA na Resolução nº 430/2011, a DBO<sub>5</sub> poderá atingir o valor máximo de 60mg L<sup>-1</sup>. Na granja em estudo, porém, os dejetos provenientes das diversas unidades eram conduzidos para lagoas de estabilização em série, onde permaneciam por 120 dias e ao final do processo de tratamento o valor da DBO foi de 561mg L<sup>-1</sup>, acarretando diminuição da concentração inicial de DBO que era de 6240mg L<sup>-1</sup>.

Os nutrientes fósforo, nitrogênio e potássio apresentaram maiores valores nos DLS provenientes das instalações de maternidade e creche, com concentrações de 765mg L<sup>-1</sup>, 19mg L<sup>-1</sup> e 97mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. De acordo com Souza et al., (2009), o aproveitamento desse nutriente presente no resíduo, em caso de adubação, está relacionada às necessidades inerentes à cultura e composição do solo, o que é específico para cada caso.

Com relação aos metais, a concentração de Cobre nos dejetos advindos da gestação, maternidade e creche e terminação ultrapassaram

substancialmente o limite de 1mg L<sup>-1</sup> estabelecido na Resolução CONAMA 430/2011, para disposição em cursos de água, uma vez que os valores encontrados foram 18,4mg L<sup>-1</sup>, 35,8mg L<sup>-1</sup> e 52,3mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. As concentrações de Zinco contidos nos DLS de todas as fases foram menores que o limite permitido pela Resolução CONAMA 430/2011, que é de 5,0mg L<sup>-1</sup> para cursos de água. Já para o metal manganês, os valores encontrados excedem o limite máximo de 1,0mg L<sup>-1</sup>, na gestação 5,1mg L<sup>-1</sup>, na terminação 1,1mg L<sup>-1</sup> e na maternidade e creche 5,2mg L<sup>-1</sup>. Para o Ferro, somente os DLS da fase de gestação e terminação tiveram valores superiores ao limite aceitável, que é de 15,0 mg L<sup>-1</sup>. Essa disparidade entre os valores se deve à composição diferenciada das rações fornecidas para as diferentes fases de criação dos suínos. Esses resultados reforçam a necessidade de tratamento dos DLS para que eles possam ser lançados ao solo como biofertilizantes. Através de análises físico-químicas das amostras de DLS na entrada e saída do sistema de tratamento, foram avaliados os parâmetros de desempenho da digestão anaeróbia e aeróbia, Tabela 2.

**Tabela 2.** Valores referentes às concentrações dos parâmetros físico-químicos avaliados nos quatro pontos de amostragem no sistema de tratamento de dejetos líquidos de suínos

Parâmetro/Unidade	Saída das Instalações (dejeito bruto)	Saída Lagoa Anaeróbia	Saída 1ª Lagoa Facultativa	Saída 2ª Lagoa Facultativa
pH	6,2	7,6	7,1	7,3
DBO (mg L <sup>-1</sup> )	6240	1579	731	561
DQO (mg L <sup>-1</sup> )	6762	1914	823	746
DQO/DBO	1,08	1,21	1,12	1,32
ST (mg L <sup>-1</sup> )	35920	11237	1599	1565
STF (mg L <sup>-1</sup> )	3406	2992	954	716
STV (mg L <sup>-1</sup> )	32927	7831	883	610
SST (mg L <sup>-1</sup> )	21500	5600	494	447
SSF (mg L <sup>-1</sup> )	7133,3	3750	136	52
SSV (mg L <sup>-1</sup> )	14366	5225	491	310
N-Total (mg L <sup>-1</sup> )	969	790	754	734
COT (mg L <sup>-1</sup> )	853	753	533	508
P (mg L <sup>-1</sup> )	84,8	51,2	38,4	38,3
K (mg L <sup>-1</sup> )	1550	1271	1147	930
Ca (mg L <sup>-1</sup> )	131,5	123,3	106,8	90,8
Mg (mg L <sup>-1</sup> )	21,5	13,6	7,1	2,8
Mn (mg L <sup>-1</sup> )	18,6	9,3	6,2	6,2
S (mg L <sup>-1</sup> )	26,4	17,4	13,7	12,8
Fe (mg L <sup>-1</sup> )	47,5	33,5	10,0	8,0
Cu (mg L <sup>-1</sup> )	2,5	1,0	0,5	0,2
Zn (mg L <sup>-1</sup> )	9,9	8,0	6,0	5,0

Potencial Hidrogeniônico (pH), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Totais (ST), Sólidos Totais Fixos (STF), Sólidos Totais Voláteis (STV), Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Suspensos Fixos (SSF), Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), Nitrogênio Total (N-T), Carbono Orgânico Total (COT), Potássio (K), Fósforo (P), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Manganês (Mg), Enxofre (S), Ferro (Fe), Cobre (Cu) e Zinco (Zn).

Na amostra composta dos dejetos brutos da saída das instalações (que entram no sistema de tratamento), o pH foi de 6,2. Já no final do tratamento, na saída da terceira lagoa, o valor foi de 7,3 (Tabela 2), bem próximo ao considerado como faixa ótima para a ocorrência do processo de fermentação anaeróbia (7,0-7,2) (MIWA et al., 2007).

Os dejetos brutos que alimentavam a Lagoa anaeróbia possuíam concentrações de DQO<sub>t</sub> de 6762mg L<sup>-1</sup> e de DBO<sub>5</sub> de 6240mg L<sup>-1</sup> (Tabela 2). As eficiências de remoção foram satisfatórias,

ocorrendo remoção final de 91% de DBO<sub>5</sub>, 88% de DQO<sub>t</sub> (Tabela 3). Na lagoa anaeróbia, a remoção de DBO<sub>5</sub> foi de 74%, e de DQO<sub>t</sub> de 71 %, sendo o ponto mais eficiente de redução. Em um sistema de tratamento em lagoas de estabilização em série, proposto pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA/CNPQA), observou-se reduções de 97 e 87% na DBO<sub>5</sub> e na DQO<sub>t</sub>, respectivamente (COSTA; MEDRI, 2002). Já Silva et al. (2009) obtiveram eficiência média de 86%, tanto para DBO como para DQO, valores estes compatíveis com os encontrados neste trabalho.

**Tabela 3.** Eficiência de redução total e por lagoa para cada parâmetro físico-químico e bioquímico avaliado em relação aos DLS na saída das instalações, dados em porcentagem (%)

Parâmetros	Lagoa Anaeróbia	1ª Lagoa Facultativa	2ª Lagoa Facultativa	Eficiência Total
DBO	74,6	53,7	23,3	91,0
DQO	71,7	57,0	9,3	88,9
ST	68,7	85,7	2,1	95,6
STF	12,1	68,1	24,9	78,9
STV	76,2	88,7	30,8	98,0
SST	73,9	91,1	9,4	97,9
SSF	47,4	96,3	61,3	99,2
SSV	63,6	90,6	36,7	97,8
N-Total	18,4	4,5	2,7	24,0
COTotal	11,7	29,2	4,6	40,4
P - Total	39,6	25,0	0,1	54,7
K	18,0	9,7	18,9	40,0
Ca	6,2	13,3	14,9	31,0
Mg	36,7	47,3	60,2	66,7
Mn	50,0	33,3	0,0	33,3
S	34,2	21,2	6,5	51,6
Fe	29,4	70,1	20,0	83,1
Cu	60,0	50,0	48,0	89,6
Zn	19,3	25,0	16,6	49,6

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de Oxigênio (DQO<sub>t</sub>), Sólidos Totais (ST), Sólidos Totais Fixos (STF), Sólidos Totais Voláteis (STV), Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Suspensos Fixos (SSF), Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), Nitrogênio Total (N-T), Carbono Orgânico Total (COT), Potássio (K), Fósforo Total (P), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Manganês (Mg), Enxofre (S), Ferro (Fe), Cobre (Cu) e Zinco (Zn).

Os resultados obtidos corroboram com a afirmativa de que as lagoas anaeróbias são as mais eficientes na remoção de DBO<sub>5</sub> e DQO<sub>t</sub>, sendo o processo complementado nas lagoas subsequentes (CAMPOS et al., 2006; MEDRI et al., 2007). RODRIGUES et al. (2009), em lagoa de polimento, obtiveram eficiência média de remoção de 58,9% para DBO e de 40,4% para DQO. A maior eficiência na redução da DBO em relação à DQO se deve à maior facilidade que grande número de compostos podem ser oxidados por via química do que por via biológica (SILVA et al., 2003).

O resíduo é facilmente biodegradável, quando suas demandas química e bioquímica de oxigênio apresentam uma relação DQO<sub>t</sub>/DBO<sub>5</sub>

menor que dois (BRAILE; CAVALCANTI, 1993). A relação DQO<sub>t</sub>/DBO<sub>5</sub> do presente trabalho variou de 1,08 a 1,32, indicando que o tratamento biológico foi eficiente na remoção da carga orgânica (Tabela 2).

Assim como ocorreu com DBO e DQO, a série de sólidos teve seus valores reduzidos paulatinamente entre as fases do sistema, tendência também observada por Campos et al. (2006), no tratamento de águas residuárias de fecularia por meio de lagoas de estabilização.

Os sólidos totais e sólidos totais voláteis baixaram de 35920mg L<sup>-1</sup> e 32927mg L<sup>-1</sup>, nos dejetos brutos, para 1565mg L<sup>-1</sup> e 610mg L<sup>-1</sup>, no efluente da segunda lagoa facultativa,

respectivamente (Tabela 2), correspondendo a remoções de 95 e 98%, respectivamente (Tabela 3). Para essas reduções, a primeira lagoa facultativa participou com maior parte (85% de ST e 88% de STV) (Tabela 3).

Os Sólidos Totais Fixos, que estão relacionados à fração inorgânica dos Sólidos Totais, apresentaram redução de 78%, com maior redução na primeira lagoa facultativa (68%), resultados similares ao observados por ZORDAN et al. (2008). A fração orgânica dos Sólidos Totais, representada pela concentração de Sólidos Totais Voláteis, sofreu uma redução de 98%. O maior nível de remoção se deu na primeira lagoa facultativa (88%) (Tabela 3).

O teor de  $N_{total}$  reduziu de  $969\text{mg L}^{-1}$ , no afluente, para  $734\text{mg L}^{-1}$ , no efluente da segunda lagoa facultativa, correspondendo a uma remoção da ordem de 24% (Tabelas 2 e 3). A maior parte foi removida na primeira lagoa facultativa, contribuindo com 16,2% e a segunda lagoa facultativa com 1,9%. De acordo com Whalen e Deberardinis (2007), a eliminação do nitrogênio via processos biológicos, é realizada em duas etapas. Primeiramente, em presença de oxigênio, a amônia ionizada é oxidada a uma forma nitrogenada menos tóxica, o nitrato, pelo processo da nitrificação. Posteriormente, em ausência de oxigênio, o nitrato é reduzido até nitrogênio gasoso, tendo matéria orgânica como doador final de elétrons, processo este conhecido como desnitrificação (SEZERINO et al., 2007; ZHU et al., 2008).

Os nutrientes Mg, Mn e P foram removidos em 66,7; 33,3 e 54,7%, respectivamente (Tabela 3). O valor de P-Total, de  $84,8\text{mg L}^{-1}$  nos dejetos brutos, caiu para  $38,3\text{mg L}^{-1}$  no efluente da segunda lagoa facultativa, o que corresponde uma redução de 54,7% (Tabela 3). Barthel et al. (2008) e Powell et al. (2008) afirmam que a remoção do fósforo também se dá por via biológica. A quantidade do elemento presente no efluente em tratamento é acumulada pelas algas, as quais estão presentes em maiores quantidades nas lagoas de menor profundidade.

K, Ca e S, no final do tratamento tiveram remoções de 40, 31 e 51%, respectivamente (Tabela 3). A remoção de K no sistema apresentou eficiência de 40%, diferindo do resultado observado por Zordan et al. (2008), que relatam baixa eficiência do sistema de lagoas de estabilização na remoção desse nutriente, apresentando apenas 2,2% de remoção. Entretanto, Silva et al. (2003) afirmam que, sob a ótica ambiental, o K não é poluente, razão pela qual se encontra isento nas exigências para as águas de classes 1 ou especial que são aquelas destinadas ao abastecimento doméstico.

Assim, não se observa a condicionante do limite máximo para seu uso ou despejo, ficando isenta a sua variação, concentração ou flutuação. Parte da concentração do K fica retida nas partículas orgânicas dos dejetos que sedimentam no fundo das lagoas, com isso, as concentrações deste elemento na massa final reduzem.

O teor de Ca foi reduzido em 31%, sendo sua maior parte removida na segunda lagoa facultativa (14%) (Tabela 3). O sistema apresentou remoção de 66% do Mg, sendo a maior parte na segunda lagoa facultativa. Os resultados de remoção de Ca e Mg corroboram com os obtidos por Zordan et al. (2008), que observaram eficiência do sistema de lagoas de estabilização no abatimento desses nutrientes. Segundo Powell et al. (2008) e Peng et al. (2007), a remoção do Ca e Mg, em sistemas de lagoas de estabilização, pode estar associada à ligação e precipitação desses elementos com os fosfatos, em situações de valores de pH entre 7,0 e 8,0, o que explica a maior remoção desses nutrientes nas lagoas mais rasas (facultativas). O resultado obtido para o Cu no final do tratamento dos dejetos ( $0,26\text{mg L}^{-1}$ ) não ultrapassa o limite de  $1\text{mg L}^{-1}$  (Tabela 2) estabelecido na Resolução CONAMA 430/2011 para cursos de água. A concentração de Zn encontrada na segunda lagoa facultativa foi de  $5,0\text{mg L}^{-1}$  (Tabela 2), que corresponde ao limite permitido pela Resolução. Já para o metal Mn, os valores encontrados em todos os pontos de coleta excedem o limite máximo de despejo em curso d'água que é de  $1,0\text{mg L}^{-1}$ , sendo o valor final após todo o processo de tratamento de  $6,2\text{mg L}^{-1}$  (Tabela 2). A concentração inicial de Fe antes do tratamento se apresentava muito acima do máximo permitido para despejo em curso d'água com total de  $47,5\text{mg L}^{-1}$ . Com o tratamento nas lagoas de estabilização em série, a concentração de Fe foi diminuindo e finalizou com  $8,0\text{mg L}^{-1}$  (Tabela 2), ou seja, dentro dos padrões estabelecidos para utilização que é de  $15,0\text{mg L}^{-1}$ .

O Cu e Zn têm origem nas rações fornecidas aos suínos que, geralmente, recebem suplementação com fontes de Cu e Zn, em quantidades, muitas vezes, excedendo o requerimento fisiológico dos suínos (JONDREVILLE et al., 2003). A preocupação com a possibilidade de contaminação dos solos com metais pesados levou diversos países a estabelecerem limites máximos de concentração dos metais em lodo de esgoto e taxa de aplicação de metais pesados no solo (CONAMA, 2011).

## CONCLUSÕES

O sistema de tratamento estudado composto de lagoas de estabilização em série avaliado se mostrou eficaz na redução do potencial poluidor dos dejetos e proporcionou uma remoção na concentração de ferro.

Ocorreram elevadas reduções de matéria orgânica, DBO e DQO e série de sólidos ao final do tratamento. A relação DBO/DQO demonstrou elevada degradabilidade dos resíduos ao final do processo.

Observou-se elevada redução dos metais pesados, ferro, zinco e cobre devido a processos

físico-químico e apresentaram valores menores do que aqueles estabelecidos pelo CONAMA para lançamento,

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo apoio financeiro, pelo fornecimento de bolsa de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial DTI-3 e bolsa de Produtividade em Pesquisa. À Granja Campo Alegre, pela disponibilização de suas instalações para o trabalho.

---

**ABSTRACT:** The stabilization ponds, because of its simplicity and efficiency of the process, low construction cost and operation and the favorable climatic conditions, are presented as a solution to meet most of the requirements for processing wastes in the region. The wastes produced in pigs are usually used as fertilizer in agricultural areas, this being the main alternative disposal. Therefore, the objective of this study was to characterize the physical and chemical parameters of pig slurry (PS) system treated in stabilization ponds in series and evaluate the reduction of their pollution potential. The study was conducted in the Campo Alegre farm in Diamantina-MG. The wastes were collected at various points, exit of the facilities, exit of the anaerobic pond, exit of the first facultative pond, exit of the second facultative pond. The system of stabilization ponds in series features 88% efficiency in removing DQO<sub>t</sub> and 91% of BOD<sub>5</sub>. The fractions of solids showed similar behavior and nutrients Mg, Fe, Mn and P were removed in the percentages of 66, 83, 33 and 54%. The removal efficiency of N-total amounted to 24%. However to K, Ca and S were removed 40, 31, and 52%. The system of stabilization ponds in series studied proved to be effective in removing excess nutrients. It is noteworthy that the treatment demonstrated favorable characteristics to the reuse of waste as biofertilizer.

**KEYWORDS:** Facilities. Swine. Manure. Agricultural Buildings. Biofertilizer. Treatment efficiency. Reuse.

---

## REFERÊNCIAS

ABREU NETO, M. S. DE; OLIVEIRA, R. A. DE. Remoção de matéria orgânica, de nutrientes e de coliformes no processo anaeróbio em dois estágios (reator compartimentado seguido de reator UASB) para o tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 148-161, jan./mar. 2009.

APHA/AWWA/WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 21. ed. Washington: APHA, 2005.

BARTHEL, L.; OLIVEIRA, P. A. V.; COSTA, R. H. R. Plankton biomass in secondary ponds treating piggery waste. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 51, n. 06, p. 1287-1298, 2008.

BAUMGARTNER, D.; SAMPAIO, S. C.; SILVA, T. R. da; TEO, C. R. P. A.; VILAS BOAS, M. A. Reúso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alface. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 152-163, jan./abr. 2007.

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo: CETESB, 1993. 764p.

CAMPOS, A.T.; DAGA, J.; RODRIGUES, E.E.; FRANZENER, G.; SUGUIY, M.M.T.; SYPERRECK. Tratamento de águas residuárias de fecularia por meio de lagoas de estabilização. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 235-242, 2006.

- CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. Legislação Ambiental, Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Disponível em: < [www.saude.mg.gov.br/.../RECONAMA403-2011\\_...](http://www.saude.mg.gov.br/.../RECONAMA403-2011_...) >. Acesso em: 15 nov. 2011.
- COSTA, R. H. R.; MEDRI, W. Modeling and optimization of stabilization ponds system for treatment of swine waste: organic matter evaluation. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 45, n. 3, p. 385-392, 2002.
- HIGARASHI, M. M.; KUNZ, A.; OLIVEIRA, P. A. Redução da carga poluente: sistemas de tratamento. In: SEGANFREDO, M. O. (Org.). **Gestão ambiental na suinocultura**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 120-148, 2007.
- JONDREVILLE, C.; REVY, P. S.; DOURMAD, J. Y. Dietary means to better control the environmental impact of copper and zinc by pigs from weaning to slaughter. **Livestock Production Science**, New York, v. 84, p. 147-156, 2003.
- KUNZ, A.; MIELE, M.; STEINMETZ, R. L. R. Advanced swine manure treatment end utilization in Brazil. **Bioresource Technology**, New York, v. 100, n. 22, p. 5485-5489, 2009.
- MEDRI, W.; COSTA, R. H. R.; MEDRI, V.; BELLI FILHO, P. Stabilization ponds systems: cost estimation for the treatment of piggy waste. **Transactions of The ASABE**, St. Joseph, v. 50, n. 4, p. 1409-1414, 2007.
- MIELE, M.; KUNZ, A. Suinocultura, meio ambiente e competitividade. **Revista Suinocultura Industrial**, n. 7, p. 26-29, 2007.
- MIWA, A. C. P.; FREIRE, R. H. F.; CALIJURI, M. C. Dinâmica do Nitrogênio em um sistema de lagoas de estabilização na região do Vale do Ribeira (São Paulo – Brasil). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 02, p. 169-180, 2007.
- ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JÚNIOR, J. DE. Avaliação de parâmetros da biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos alimentados com dietas à base de milho e sorgo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 600-607, jul./ago. 2010.
- ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JÚNIOR, J. DE. Potencial de produção de biogás remanescente nos efluentes de biodigestores abastecidos com dejetos de suínos, com e sem separação da fração sólida, e conduzidos sob diferentes tempos de retenção hidráulica. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 679-686, out./dez. 2009.
- PENG, J. F.; WANG, B. Z.; SONG, Y. H.; YUAN, P.; LIU, Z. Adsorption and release of phosphorus in surface sediment of a wastewater stabilization pond. **Ecological Engineering**, Amsterdam, v. 31, n. 02, p. 92-97, 2007.
- POWELL, N.; SHILTON, A. N.; PRATT, S.; CHISTI, Y. Factors influencing luxury uptake of phosphorus by microalgae in waste stabilization ponds. **Environmental Science & Technology**, Washington, v. 42, n. 16, p. 5958-5962, 2008.
- RODRIGUES, L. S.; SILVA, I. J. DA; ZOCRATO, M. C. DE O.; PAPA, D. N.; SPERLING, M. V. & OLIVEIRA, P. R. DE. Avaliação de desempenho de reator UASB no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 94-100, 2010.
- RODRIGUES, L. S.; SILVA, I. J.; SANTOS, R. L. H.; GOULART, D. B.; OLIVEIRA, P. R.; VON SPERLING, M.; FONTES, D. O. Avaliação de desempenho de lagoa de polimento para pós-tratamento de reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.61, n.6, p.1428-1433, 2009.



- SEDIYAMA, M. A. N.; VIDIGAL, S. M.; PEDROSA, M. W.; PINTO, C. L. O.; SALGADO, L. T. Fermentação de esterco suíno para uso como adubo orgânico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 6, p. 638-644, 2008.
- SEZERINO, P. H.; REGINATTO, V.; MATER, A.; BENTO, A. P.; SOARES, H. M.; PHILIPPI, S. Tratamento terciário de efluente da indústria processadora de aves e suínos – estudo em colunas de areia. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 1, p. 73-79, 2007.
- SILVA, F. L.; SILVA, I. J.; RODRIGUES, L. S.; OLIVEIRA, P. R. Influência dos parâmetros de projeto e condições operacionais no desempenho de lagoas de estabilização no tratamento de dejetos de suínos. **Engenharia Ambiental** - Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 3, p. 422-433, set /dez 2009.
- SILVA, F. F.; FREITAS, P. S. L.; BERTONHA, A.; REZENDE, R.; GONÇALVES, A. C. A.; DALLACORT, R. Flutuações das características químicas do efluente industrial de fecularia de mandioca. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 167-175, 2003.
- SMANHOTTO, A.; SOUSA, A. P.; SAMPAIO, S. C.; NÓBREGA, L. H. P.; M. PRIOR. Cobre e zinco no material percolado e no solo com a aplicação de água residuária de suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 346-357, mar./abr. 2010.
- SOUZA, C. de F.; CARVALHO, C. da C. S.; CAMPOS, J. A.; MATOS, A. T.; FERREIRA W. P. M. Caracterização de dejetos de suínos em fase de terminação. **Revista Ceres**. Viçosa, v. 56, n. 2, p. 128-133, Mar/Abr . 2009.
- STEINMETZ, R. L. R.; KUNZ, A.; DRESSLER, F. E. M. M.; MARTINS, A. F. Study of metal distribution in raw end screened swine manure. **CLEAN – Soil, Air, Water**, v. 37, n. 3, p. 239-244, 2009.
- VIVAN, M.; KUNZ, A.; STOLBERG, J.; PERDOMO, C.; TECHIO, V. Eficiência na interação biodigestor e lagoas de estabilização na remoção de poluentes em dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 3, p. 320-325, 2010.
- VON SPEARLING, M. **Lagoas de Estabilização**. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2005. 134p.
- WHALEN, S. C.; DEBERARDINIS, J. T. Nitrogen mass balance in fields irrigated with liquid swine waste. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Bonn, v. 78, n. 01, p. 37-50, 2007.
- ZHU, G.; PENG, Y.; LI, B.; GUO, J.; YANG, Q.; WANG, S. Biological removal of nitrogen from wastewater. **Reviews Of Environmental Contamination And Toxicology**, New York, v. 192, p. 159-195, 2008.
- ZORDAN, M.S.; SALÉH, B.B.; MENDONÇA, A. Eficiência na remoção de nutrientes em lagoas de estabilização da granja escola FESURV. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 01, n. 01, p. 51-62, 2008.