



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE SUINOCULTURA

Stella Quaglia Junqueira de Luca¹; Gilberto José Hussar; André Luiz Paradela³; Euzebio Beli³

RESUMO

A suinocultura é responsável pela produção de grande quantidade de efluentes líquidos e sólidos que estão quantitativamente e qualitativamente relacionados com o sistema de produção empregado; os resíduos gerados são constituídos por altas cargas de matéria orgânica e nutrientes, portanto, necessitam de correta destinação para evitar impactos ao ambiente e à saúde humana. O presente trabalho teve como objetivo realizar o estudo da eficiência do sistema de tratamento de efluentes líquidos de suinocultura, composto por caixas de separação de fases, lagoa anaeróbia e maturação, instalado no Instituto Federal do Sul de Minas Gerais, Campus Inconfidentes. A metodologia do trabalho consistiu na coleta de amostras em três pontos do sistema de tratamento, e, na realização de análises laboratoriais para a determinação de Alcalinidade, Condutividade, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5d}), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Gás Carbônico, Nitrato (N-NO₃), Fosfato (P-PO₄), pH, Sólidos Solúveis, Sólidos Totais e Turbidez. Os resultados obtidos mostraram um aumento expressivo dos valores dos parâmetros analisados nas lagoas anaeróbia e de maturação, demonstrando um colapso do sistema de tratamento. Assim sendo, conclui-se ser necessária a realização de estudos para modificar o sistema atualmente empregado, a fim de melhorar sua eficiência e adequar o efluente final às condições de lançamento estabelecidas na Legislação Vigente.

Palavras-chave: Resíduos; meio ambiente; lagoas; suinocultura.

STUDY OF THE EFFICIENCY OF A SUINOCULTURE LIQUID EFFLUENT TREATMENT SYSTEM

ABSTRACT

Swine breeding is responsible for the production of large amounts of liquid and solid effluents that are qualitatively and quantitatively related to the production system used; the generated residues are consisting of high loads of organic material and nutrients, therefore, they require proper disposal to avoid impacts to the environment and human health. The present study aimed to conduct the efficiency study of the treatment system for liquid effluent from swine breeding, composed of phases separation boxes, anaerobic and maturation ponds, installed at the Federal Institute of Southern Minas- Campus Inconfidentes. The study methodology consisted of collecting samples at three points of the treatment system, and, laboratory analyses to determine Alkalinity, Conductivity, Biochemical Oxygen Demand (BOD_{5d}), Chemical Oxygen Demand (COD), Carbon Dioxide, Nitrate (NO₃-N), Phosphate (P-PO₄), pH, Soluble Solids, Total Solids and Turbidity. The results showed an expressive increase of the parameter values analyzed in the anaerobic and maturation ponds demonstrating a collapse of the treatment system. Therefore, it is concluded to be necessary to perform studies to modify the current system in order to improve its efficiency and to adjust the final effluent to the discharge standards in accordance with the legislation.

Keywords: Residues; environment; ponds; swine breeding.

¹ Engenheira Ambiental pelo Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal – UNIPINHAL, SP. e-mail: stella.luca@hotmail.com.

² Engenheiro Agrônomo pela Fundação Pinhalense de Ensino e Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas. Professor do curso de Engenharia Ambiental do Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal – UNIPINHAL, SP. Orientador. e-mail: hussar@unipinhal.edu.br

³ Professores do Curso de Engenharia Ambiental do Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal – Unipinhal, SP.

1. INTRODUÇÃO

A suinocultura constitui uma importante atividade agropecuária presente em grande parte das propriedades rurais existentes no Brasil e compõem um dos fatores impulsionadores do desenvolvimento econômico nacional por sua grande geração de renda e empregos diretos e indiretos.

De acordo com Gervásio (2013), o Brasil possui o quarto maior rebanho suíno do mundo, com aproximadamente 38,9 milhões de cabeças e 34,9 milhões de abates em 2011. No ano de 2012 o Brasil exportou 576,8 mil toneladas de carne suína o que representou um avanço de 11,8% no volume comparativamente ao total exportado no ano de 2011.

O aumento considerável da produtividade contribui, evidentemente, para o aumento dos resíduos gerados e, assim, como toda atividade agropecuária, a suinocultura é responsável pela produção de grande quantidade de efluentes líquidos e sólidos provenientes de urina, esterco, água de lavagem e bebedouro, raspagem e limpeza de baias, gaiolas e demais instalações que estão inseridas no processo de criação de suínos.

As características dos efluentes gerados pela suinocultura estão relacionadas com o sistema de produção empregado, no entanto, tais resíduos são

constituídos essencialmente de altas cargas de matéria orgânica e nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, que quando lançados diretamente em corpos de água potencializam o processo de eutrofização da água, além de disseminar microrganismos patogênicos.

Os impactos da eutrofização no meio aquático referem-se à desestruturação do ecossistema ali presente, de modo que, tal fenômeno conduz a escassez de oxigênio dissolvido na água e, conseqüente, deterioração do recurso hídrico, tornando-a imprópria para consumo humano, além de causar a morte da fauna aquática.

Deste modo, a necessidade do estudo de técnicas para que disposição de efluentes advindos da suinocultura seja de menor impacto possível ao meio ambiente ganha relevância, uma vez que, a introdução de sistemas de tratamento de efluentes constitui uma importante ferramenta capaz de melhorar significativamente a qualidade dos efluentes líquidos gerados.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo realizar o estudo da eficiência do sistema de tratamento de efluentes líquidos de suinocultura, composto por caixas de separação de fases, lagoa anaeróbia e maturação, instalado no Instituto Federal do Sul de Minas Gerais, Campus Inconfidentes.

A Suinocultura no Brasil

A produção de suínos no Brasil até as décadas de 50 e 60 era realizada de forma artesanal e não constituía fator de preocupação devido a sua pequena concentração de animais por unidade. Entretanto, a partir dos anos 70 tal atividade transformou-se pela inclusão de novas tecnologias no setor agrícola, com o objetivo de aumentar a capacidade produtiva, ocasionando, ao longo do tempo, grandes concentrações de animais e, conseqüentemente, aumento da produção dos resíduos (GUIVANT; MIRANDA, 2004 *apud* CERETTA; GIROTTO, 2009).

Após os anos 80, a suinocultura passa a ser grande geradora de resíduos com a adoção do sistema de produção de confinamento de animais sem a implementação de um manejo adequado dos dejetos (OLIVEIRA, 1993).

Atualmente, a atividade suinícola está presente em grande quantidade das propriedades rurais e contribui para a geração de empregos diretos e indiretos em todo sistema produtivo. Estima-se que 730 mil pessoas dependem diretamente da suinocultura, sendo essa atividade responsável pela renda de mais de 2,7 milhões de pessoas (ROPPA, 2002 *apud* SOUZA et al., 2009).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2012)

foram registrados em 2010 no Brasil o total de 39,3 milhões de suínos, de modo que, o maior efetivo encontra-se no sul do país, com 48,6% de todo rebanho nacional.

Apesar da produção de suínos estar concentrada na região sul, recentemente houve crescimento da atividade nas regiões Sudeste e Centro-Oeste com a instalação de grandes plantas frigoríficas, que contam, respectivamente, com 17% e 12% da produção nacional; nas regiões Nordeste e Norte a produção não demonstra indícios de crescimento e correspondem a 18% e 4% (EMBRAPA, 2011).

Características dos resíduos de suinocultura

O volume de resíduos líquidos produzidos pela suinocultura está estreitamente relacionado ao sistema de criação, ou seja, a quantidade de água desperdiçada no bebedouro, produção de urina e ingestão de água, volume de água utilizado na limpeza das edificações e animais, número e categoria dos animais no rebanho (OLIVEIRA, 1993), além de utilização ou não de raspagem prévia a lavagem com água e frequência da limpeza.

De acordo com Jelinek (1977) *apud* Oliveira (1993), a quantificação dos resíduos líquidos que são produzidos diariamente varia com o desenvolvimento ponderal dos animais, cerca de 8,5 a 4,9%

de seu peso vivo para a faixa de 15 a 100 quilogramas.

O esterco gerado pela atividade suinícola é constituído pelas fezes dos animais, tal material é composto por matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês, ferro, zinco, cobre e outros elementos dependentes das características da alimentação (DIESEL et al., 2002).

A Tabela 1 apresenta a produção média diária de esterco, mistura de esterco e urina e dejetos líquidos por animal em cada categoria de produção, de acordo com Oliveira (1993).

Tabela 1. Produção média diária de esterco, esterco e urina e dejetos líquidos por animal.

Categoria	(kg)	Esterco e urina (kg)	Dejetos líquidos (dm ³)
25 – 100 kg	2,30	4,90	7,00
Porcas em gestação	3,60	11,00	16,00
Porcas em lactação	6,40	18,00	27,00
Macho	3,00	6,00	9,00
Leitões	0,35	0,95	1,40

Fonte: Oliveira (1993).

Ainda de acordo com Oliveira (1993), a composição físico-química dos resíduos líquidos gerados está associada ao sistema de manejo adotado e pode apresentar grandes variações em sua composição. De um modo geral, a composição química dos resíduos líquidos gerados em unidades de crescimento e terminação é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Características dos dejetos de suínos em unidade de crescimento e terminação.

Parâmetros	Média
pH	6,94
Matéria seca (%)	8,99
Sólidos totais (%)	9,00
Sólidos voláteis (%)	75,05
Nitrogênio total (%)	0,60
Fósforo (%)	0,25
Potássio (%)	0,12
DBO (mg/dm ³)	52.270
DQO (mg/dia)	98.650

Fonte: Konzen (1980) apud Oliveira (1993).

Impactos causados pelos resíduos de suinocultura

De acordo com Diesel et al. (2002), a poluição ambiental causada pelos resíduos de suinocultura tem como motivo principal seu lançamento direto em cursos de água. Para Peres; Hussar; Beli (2010), as principais consequências da disposição de efluentes no meio ambiente aquático é ocasionada pela estabilização da matéria orgânica, provocando principalmente a eutrofização dos corpos receptores, e a transmissão de doenças pela água contaminada não tratada.

Os efluentes líquidos podem conter os mais variados organismos patogênicos, como vírus, bactérias, protozoários e helmintos, que causam riscos a saúde. A transmissão de doenças pode ocorrer pelo contato direto com o efluente ou pelo consumo de alimentos contaminados (BASTOS et al., 2002 apud HUSSAR et al., 2005).

Os organismos patogênicos são excretados através da urina e fezes dos animais infectados, tais dejetos, quando lançados diretamente em cursos de água, provocam enfermidades como, por exemplo, leptospirose, tularemia, febre aftosa, hepatite, salmonelose, doenças causadas por coliformes, dentre outras (OLIVEIRA, 1993).

Outra questão importante a ser considerada é a contaminação do solo pelos resíduos de suinocultura, a qual relaciona-se com a aplicação do esterco líquido em grande quantidade na camada superior do solo, sobrecarregando sua capacidade filtrante e retenção dos nutrientes do esterco, tais nutrientes podem atingir e contaminar águas subterrâneas ou superficiais (OLIVEIRA, 1993). Segundo Nolasco et al. (2005), os principais constituintes dos dejetos suínos que afetam águas subterrâneas são nitratos e bactérias.

Lagoas de estabilização

Lagoa anaeróbia

O tratamento dos efluentes líquidos em lagoas anaeróbias dá-se em um ambiente essencialmente anaeróbio onde o lançamento de grande carga de DBO por unidade de volume da lagoa faz com que a taxa de consumo de oxigênio seja superior à de produção (VON SPERLING, 2002).

Os processos anaeróbios são eficientes na remoção de matéria orgânica e sólidos suspensos, entretanto, não remove satisfatoriamente microrganismos patogênicos e nutrientes eutrofizantes, constituindo um processo vantajoso para o tratamento primário. A lagoa anaeróbia dispõe de pequenas áreas, produz pouco lodo, possui simplicidade em sua construção e operação, além de não consumir energia e não necessitar de equipamentos eletromecânicos (ANDRADE NETO, 1997).

A lagoa anaeróbia deve ser profunda, de ordem de 03 a 05 m, para reduzir a possibilidade da penetração do oxigênio produzido na superfície para as demais camadas. Devido a sua maior profundidade, requer menor área superficial (VON SPERLING, 2002).

O tratamento anaeróbio é um processo que envolve três estágios, a hidrólise de material orgânico complexo, o qual é transformado em material orgânico simples solúvel; formação de ácidos através das bactérias anaeróbias e facultativas, com a conversão dos compostos orgânicos solúveis em ácidos orgânicos; e fermentação metanogênica, estágio em que as bactérias metanogênicas convertem os ácidos orgânicos simples em metano e CO₂ (OLIVEIRA, 1993).

As bactérias metanogênicas são exclusivamente anaeróbias e produzem

metano por fermentação do ácido acético, formação de metano e dióxido de carbono, ou por redução do dióxido de carbono com gás hidrogênio, formação de metano e água (MERKEL, 1981 *apud* OLIVEIRA, 1993).

A eficiência na remoção da DBO nas lagoas anaeróbias é em torno de 50%, o que faz com que seja necessária uma posterior unidade de tratamento, normalmente lagoas facultativas, chamado de sistema australiano (CASTRO; CARVALHO, 2003).

Lagoa de Maturação

A lagoa de maturação é responsável pelo pós-tratamento das águas residuárias, recebe um efluente cuja DBO está praticamente estabilizada e o oxigênio dissolvido está presente em toda massa líquida, possui o principal objetivo de remoção de nitrogênio e fósforo. Devido à qualidade do líquido em seu interior, essas lagoas garantem significativas taxas de remoção de organismos patogênicos (KELLNER; PIRES, 1998).

Entre os organismos a serem removidos, incluem-se bactérias, vírus, cistos de protozoários e ovos de helmintos. Tais lagoas são dimensionadas de forma a fazer a utilização ótima de mecanismos que contribuem para a remoção desses organismos patogênicos, como, por exemplo, temperatura, insolação, pH, competição, escassez de alimento e

oxigênio dissolvido. Alguns desses mecanismos tornam-se mais efetivos com menores profundidades da lagoa, justificando o fato de que as lagoas de maturação sejam mais rasas (VON SPERLIG, 2002).

Ainda de acordo com Von Sperling (2002), as lagoas de maturação atingem elevadíssima eficiência na remoção de coliformes (99,99%), e, usualmente, atingem eliminação total de cistos de protozoários e ovos de helmintos.

O mais importante mecanismo de remoção de nitrogênio em lagoas de estabilização denomina-se volatilização da amônia, ou seja, desprendimento da amônia para a atmosfera. A fotossíntese nas lagoas de maturação, a reduzidas profundidades, contribui para a elevação do pH, por retirar do meio líquido o CO₂, e, em condições de elevada atividade fotossintética, o pH pode subir a valores superiores a 9,0 proporcionando condições para a volatilização da amônia e remoção de 70 e 80% (VON SPERLIG, 2002).

A remoção de fósforo dá-se pela retirada do fósforo orgânico contido nas algas e bactérias através de saída com o efluente final ou pela precipitação de fosfato em condições de elevado pH. Com relação ao fosfato, em lagoas especialmente rasas, sua remoção situa-se entre 60 e 80% (CAVALCANTI et al., 2001 *apud* VON SPERLIG, 2002).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo da eficiência do sistema de tratamento de efluentes líquidos de suinocultura foi realizado na granja da fazenda experimental do Instituto Federal do Sul de Minas Gerais, localizado no município de Inconfidentes, MG.

A granja possui 461 animais em sistema de criação de confinamento total com 49 gaiolas e 34 baias dispostas nas áreas de gestação, maternidade, creche e crescimento/terminação.

A área de gestação é composta por um galpão com 137,71 m², contendo 34 gaiolas individuais de gestação e 4 baias coletivas, tem capacidade para abrigar 34 matrizes, 03 reprodutores e 1 rufião.

Portanto, a área de gestação possui capacidade de abrigar 38 animais.

A área de maternidade é composta por um galpão de alvenaria com 396 m², possui o total de 15 gaiolas dispostas em três salas e capacidade para abrigar 15 matrizes e 150 leitões.

A área da creche é composta por duas salas em um galpão de alvenaria com 95,90 m², tal instalação possui o total de 10 baias e uma capacidade para abrigar 30 leitões por sala, portanto, 60 leitões.

O local onde os animais ficam situados em fase de crescimento até a terminação possui 20 baias coletivas

dispostas em uma área de 420,06 m², cada baia possui a capacidade de abrigar 15 suínos, totalizando 300 suínos.

Tratamento dos efluentes líquidos e sólidos

A Tabela 3 apresenta a produção média de efluentes líquidos e sólidos para os 461 animais situados na granja.

Tabela 3. Produção média de efluentes.

Parâmetros	Média
Consumo diário de água total/dm ³	4.610
Produção diária de estrume úmido total/kg	691,5
Produção diária de estrume úmido unitário médio/kg	1,50
Produção diária de urina total/dm ³	1.613,5
Produção diária de urina unitária média/dm ³	3,50
Quantidade final diária de efluentes líquidos/dm ³	6.915

O sistema de limpeza é diferente para cada instalação, de modo que, os galpões da gestação são completamente lavados uma vez por semana, entretanto, as baias são raspadas diariamente e as gaiolas recebem raspagem e lavagem diárias. Os galpões da maternidade e creche são raspados e lavados rapidamente todos os dias, ao passo que, o galpão de crescimento/terminação recebe raspagem diariamente e lavagem duas vezes por semana. Previamente às lavagens com água são realizadas raspagens do material, afim de reduzir ao máximo a geração de

efluentes líquidos; tal material sólido raspado é utilizado como adubo para a plantação de milho existente na fazenda. O material que recebeu a lavagem com água é transportado por gravidade por tubos de PVC de 150 mm para as caixas de separação de fases por bomba de recalque para as lagoas anaeróbia e de maturação. Após o processo o efluente é liberado em um afluente do Rio Mogi Guaçu.

A caixa de separação de fases atua como tratamento preliminar com o propósito de potencializar os tratamentos subsequentes, contribuindo com a eliminação do material grosseiro e grande quantidade de material orgânico. A separação das fases líquida e sólida é realizada através de dez caixas construídas em alvenaria, divididas em dois conjuntos. Tais caixas estão localizadas próximas às baias e possuem as dimensões internas de 2,0 m de comprimento, 1,20 m de largura e 1,12 m de profundidade, portanto, com capacidade de retenção de 2,688 m³ para cada caixa.

As caixas de separação de fases possuem um sistema de pequena comporta em madeira, o qual permite que o fluxo de efluente seja desviado para a primeira caixa, depois para a segunda, terceira, e assim por diante.

As caixas possuem uma abertura na parte frontal a qual é fechada com tábuas superpostas e removíveis. Deste modo,

quando se coloca nelas o efluente da granja, a parte sólida é retida dentro da caixa. À medida que uma das caixas enche, o material sólido ali depositado é retirado com auxílio de pá, sendo, posteriormente, utilizado como adubo para a plantação de milho existente na fazenda.

A parte líquida escorre pelas frestas das ripas para uma canaleta localizada do lado de fora e abaixo das caixas e é então conduzida por cano de PVC até um tanque de recalque onde o efluente líquido é bombeado para a lagoa anaeróbia e de maturação.

A lagoa anaeróbia consiste em um tanque escavado no solo e revestido com lona de PVC. Possui dimensões internas de 25 m de comprimento, 16 m de largura e 1,80 m de profundidade, totaliza 720.000 dm³ de capacidade para armazenamento de efluente. O tempo de retenção do efluente é de aproximadamente 105 dias, com a entrada e saída diária de 6.915 dm³.

A lagoa de maturação trata-se de um tanque escavado no solo revestido com lona de PVC, possui dimensões internas de 16 m de comprimento, 12 m de largura e 1,20 m de profundidade, totaliza 230.400 dm³ de capacidade para armazenamento de efluente. O tempo de retenção do efluente é de aproximadamente 34 dias, com a entrada e saída diária de 6.915 dm³.

2.3. Coleta de amostras e análises

A coleta foi realizada em 15 de agosto de 2013 em três pontos diferentes do sistema de tratamento: saída do efluente das caixas de separação de fases (Amostra 1); efluente em retenção na lagoa anaeróbia (Amostra 2); e efluente em retenção na lagoa de maturação (Amostra 3). Deste modo, houve a necessidade da utilização de luvas cirúrgicas, três garrafas transparentes com volume de 500 mL, caixa de isopor de 5 dm³ e gelo para a conservação das amostras.

As análises para a determinação de Alcalinidade, Condutividade, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5d}), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Gás Carbônico, Nitrato (N-NO₃), Fosfato (P-PO₄), pH, Sólidos Solúveis, Sólidos Totais e Turbidez foram realizadas no mesmo dia da coleta no Laboratório de Águas Residuárias, situado nos blocos B e C, do Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal, município de Espírito Santo do Pinhal, SP.

Os resultados obtidos pelas análises laboratoriais para os parâmetros pH, DQO, DBO_{5d} e Sólidos Totais foram comparados com as condições de lançamento de efluentes estabelecidos na Deliberação Normativa Conjunta nº 01, de 05 de maio de 2008, do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) e Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais (CERH-MG).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises encontram-se expressos na Tabela 4.

Tabela 4. Resultado das análises laboratoriais.

Parâmetro analisado	Caixa Separação	Lagoa Anaeróbia	Lagoa Maturação
Alcalinidade/(mg/dm ³ CaCO ₃)	60	4656	3414
Condutividade/(μS)	58	5200	3990
DBO _{5d} /(mg/dm ³)	13	78	240
DQO/(mg/dm ³)	254	1213	1288
Gás Carbônico/(mg/dm ³ CaCO ₃)	38	340	67
N-NO ₃ ⁻ /(mg/dm ³)	0,50	1,55	0,90
P-PO ₄ ⁻ /(mg/dm ³)	0,14	2,20	3,80
pH	6,40	7,56	7,87
Sólidos Solúveis/(mg/dm ³)	24	1436	1395
Sólidos Totais/(mg/dm ³)	430	3604	3501
Turbidez/(UT)	34	423	366

De acordo com Grady e Lim (1980) *apud* Pereira et al. (2009), para a maioria dos casos, a alcalinidade total entre 2500 a 5000 mg/dm³ em CaCO₃ é suficiente para produzir adequado efeito tampão no sistema. Assim, os valores das análises para tal parâmetro nas lagoas anaeróbia e de maturação, com 4656 e 3414 mg/dm³ em CaCO₃, respectivamente, estão dentro do intervalo proposto pelos autores.

Quanto à condutividade, os valores encontrados para os efluentes contidos na caixa de separação, lagoas anaeróbia e de maturação foram 58, 5200 e 3990 μS, respectivamente. A condutividade elétrica representa uma medida indireta da concentração de poluentes, em geral, níveis superiores a 100 μScm⁻¹ indicam

ambientes impactados; a condutividade aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, de modo que, altos valores podem indicar características corrosivas da água (CETESB, 2009).

Os valores de DBO variaram de 13 a 240 mg/dm³, ao passo que, os valores de DQO variaram de 254 a 1288 mg/dm³, ou seja, não houve remoção de DBO e DQO, mas sim um aumento considerável de tais parâmetros. Souza (2009) avaliou a eficiência de um sistema composto por três lagoas de estabilização em série, a primeira anaeróbia e as duas subsequentes facultativas, na redução do potencial poluidor dos dejetos líquidos de suínos em uma granja com 500 animais, onde os valores de DBO variaram entre 2243,34 a 350,52 mg/dm³, e os de DQO variaram de 2560,00 a 377,00 mg/dm³; observou-se a eficiência na remoção de 84,38% e 85,27% para DBO e DQO, respectivamente, de modo que, a lagoa anaeróbia contribuiu para a remoção de 64,19% de DBO e 57,56% de DQO.

Os resultados para gás carbônico foram de 38 mg/dm³ em CaCO₃ para caixa de separação de fases, 340 mg/dm³ em CaCO₃ para lagoa anaeróbia, e, 67 mg/dm³ em CaCO₃ para lagoa de maturação.

Não houve remoção do nitrogênio na forma de nitrato e do fósforo na forma de fosfato, mas sim um acréscimo destes nutrientes nas lagoas de estabilização. Os

valores para o nitrato variaram de 0,50 a 0,90 mg/dm³, ao passo que, os valores para o fosfato variam de 0,14 a 3,80 mg/dm³.

Hussar (2001) avaliou o desempenho de um sistema de leitos cultivados com macrófitas aquáticas de vazão sub-superficial no tratamento de água residuária de granja de suínos e observou valores médios de 37,71 % para remoção do nitrato, e, 22,31 % para remoção do fosfato. Vale ressaltar que o nitrato na concentração de 0,05 mg/ml é um inibidor do desenvolvimento bacteriano (FAO, 1989 *apud* OLIVEIRA, 1993).

Os resultados das análises dos efluentes contidos na caixa de separação, lagoas anaeróbia e de maturação para o parâmetro pH foram 6,40, 7,56 e 7,87, respectivamente. De acordo com Ward et al. (2008), a faixa de pH ideal para a digestão anaeróbia é muito estreita e encontra-se entre 6,8 e 7,2. O pH ótimo para a metanogênese fica em torno de 7, de modo que, para hidrólise e acidogênese foi avaliado como sendo entre 5,5 e 6,5 (KIM et al., 2003; YU; FANG, 2002 *apud* WARD et al., 2008).

O teor dos sólidos no sistema avaliado apresentou comportamento semelhante aos outros parâmetros analisados, ou seja, aumentou consideravelmente. Os valores para sólidos totais variaram de 430 a 3501 mg/dm³, enquanto os valores para sólidos solúveis

variaram de 24 a 1395 mg/dm³. No sistema de lagoas de estabilização em série avaliado por Souza (2009), a remoção dos sólidos totais alcançou desempenho de 48,48%, de modo que, a lagoa anaeróbia contribuiu para a remoção da maior parte por sedimentação, 32,99%.

Os resultados para turbidez permitiram a constatação do aumento expressivo da quantidade de sólidos em suspensão nas lagoas de estabilização; especificamente com relação à lagoa anaeróbia, tal valor chegou a 423 UT, ao passo que, para a caixa de separação, o valor da análise foi de 34 UT.

Segundo Moravia et al. (2007) *apud* Silva (2007) o ajuste de condições favoráveis ao desenvolvimento da comunidade microbiana responsável pela degradação biológica da matéria orgânica e remoção de nutrientes é extremamente necessário, pois a eficácia do tratamento está diretamente ligada ao desenvolvimento biótico. A falta de condições favoráveis pode levar a perda de biomassa e, conseqüentemente, ao não funcionamento do sistema.

A deterioração na eficiência do sistema de tratamento de efluentes líquidos foi evidenciada pelo aumento expressivo dos valores dos parâmetros analisados nas lagoas anaeróbia e de maturação. A Tabela 5 apresenta o aumento dos valores em porcentagem.

Tabela 5. Porcentagem de aumento dos parâmetros analisados.

Parâmetro analisado	Lagoa Anaeróbia	Lagoa Maturação
Alcalinidade (%)	7660	5590
Condutividade (%)	8865,52	6779,31
DBO _{5d} (%)	500	1746,15
DQO (%)	377,56	407,09
Gás Carbônico (%)	794,74	76,31
N-NO ₃ ⁻ (%)	210	80
P-PO ₄ ⁻ (%)	1471,43	2614,29
Sólidos Solúveis (%)	5883,33	5712,50
Sólidos Totais (%)	738,14	714,19
Turbidez (%)	1144,12	976,47

Pode-se atribuir o aumento dos valores nos parâmetros analisados, possivelmente ao dimensionamento incompatível com a vazão de água residuária gerada, que entra no sistema com 6.915 dm³/dia, bem como ao acúmulo de material de origem sólida nas lagoas.

A Tabela 6 compara os resultados das análises laboratoriais com as condições de lançamento de efluentes estabelecidos na DN COPAM/CERH-MG n° 01/2008.

Tabela 6. Comparativo entre os resultados das análises laboratoriais com a legislação.

Parâmetro	Condições de lançamento	Lagoa Maturação
pH	6,0 a 9,0	7,87
DQO/(mg/dm ³)	até 180 ou tratamento com eficiência de redução de no mínimo 70%	1288
DBO _{5d} /(mg/dm ³)	até 60 ou tratamento com eficiência de redução de no mínimo 75%	240
Sólidos Totais/(mg/dm ³)	até 150	3501

Excluindo-se o parâmetro pH, todos os outros estão em desacordo com as

condições de lançamento de efluentes estabelecidos na legislação. A citada Deliberação Normativa estabelece em seu artigo 19º e 20º que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições estabelecidas, sendo vedado o lançamento e a autorização de lançamento de efluentes em desacordo com a mesma.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstraram aumento expressivo dos valores dos parâmetros analisados nas lagoas anaeróbia e de maturação. Isto permite concluir que o sistema de tratamento de efluentes líquidos de suinocultura atualmente instalado no Instituto Federal do Sul de Minas Gerais, Campus Inconfidentes mostrou-se ineficiente na remoção de carga orgânica, nutrientes e demais parâmetros, com um comprometimento significativo da qualidade do efluente final.

O aumento dos valores nos parâmetros analisados pode ser atribuído, possivelmente, ao dimensionamento incompatível com a vazão de água residuária gerada, bem como ao acúmulo de material de origem sólida nas lagoas.

Através do comparativo entre os resultados das análises laboratoriais com as condições de lançamento de efluentes estabelecidos na DN COPAM/CERH-MG nº 01/ 2008 pôde-se constatar que, excluindo-se o parâmetro pH, todos os outros apresentaram seus valores acima das condições permitidas.

Deste modo, é importante a realização de estudos para determinar com exatidão as causas da ineficiência do sistema, e apresentar medidas para melhorar seu desempenho, ou sua substituição, a fim de adequar o efluente final às condições de lançamento estabelecidas na legislação vigente e evitar a degradação do corpo hídrico receptor.

5. REFERÊNCIAS

- ANDRADE NETO, C.O. **Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários: Experiências brasileiras**. Rio de Janeiro: ABES, 1997. 301p.
- CASTRO, L.B.; CARVALHO, E.H. Estudo de mudança de concepção da estação de tratamento de esgotos de Ituiutaba (MG). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL NO. 22, 2003, Joinville. **Anais...** Joinville: ABES, 2003. p. 1-28.

- CERETTA, C.A.; GIROTTO, E. **Estratégias para otimização do poder fertilizante dos dejetos e mitigação do impacto ambiental.** Florianópolis: UFSM, 2009. 11 p.
- CETESB. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo.** 2009. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/variaveis.pdf>> Acesso: 26 de agosto de 2013.
- COPAM/CERH-MG. **Deliberação Normativa Conjunta nº 01, de 05 de maio de 2008.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>> Acesso: 26 de agosto de 2013.
- DIESEL, R.; MIRANDA, C.R.; PERDOMO, C.C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos de suínos.** Concórdia: EMBRAPA - CNPSA /EMATER/RS, 2002. 30 p.
- EMBRAPA. **Distribuição espacial da produção de suínos no Brasil.** 2011. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/cias/index.php?option=com_content&view=article&id=59> Acesso: 30 de março de 2013.
- GERVÁSIO, E.W. **Suinocultura - Análise da Conjuntura Agropecuária.** 2013. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/SuinoCultura_2012_2013.pdf> Acesso: 26 de agosto de 2013.
- HUSSAR, G.J. **Avaliação do desempenho de leitões cultivados no tratamento de águas residuárias de suinocultura.** Campinas: UNICAMP, 2001. 118 p.
- HUSSAR, G.J.; PARADELA, A.L.; BASTOS, M.C.; BASTOS REIS, T.K.; JONAS, T.C.; SERRA, W.; GOMES, J.P. Efeito do uso do efluente de reator anaeróbio compartimentado na fertirrigação da beterraba. **Revista Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 2, n. 1, p. 35-45, 2005.
- IBGE. **Animais de médio porte: crescem suínos e ovinos, enquanto caprinos ficam estáveis.** 2012. Disponível em: <<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=2241>> Acesso: 30 de março de 2013.
- KELLNER, E.; PIRES, E.C. **Lagoas de estabilização: Projeto e operação.** Rio de Janeiro: ABES, 1998. 244 p.
- NOLASCO, M.A.; GLASER JÚNIOR, P.R.; BAGGIO, R.B.; GRIEBELER, J. Implicações ambientais e qualidade da água da produção animal intensiva. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v.3, n.2, p.19-26, 2005.
- OLIVEIRA, P.V.A. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos.** Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1993. 188 p.

- PEREIRA, E.L.; CAMPOS, C.M.M.; MOTERANI, F. Efeitos do pH, acidez e alcalinidade na microbiota de um reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) tratando efluentes de suinocultura. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 4, n. 3, p. 157-168, 2009.
- PERES, L. J. S.; HUSSAR, G. J.; BELI, E. Eficiência do tratamento de esgoto doméstico de comunidades rurais por meio de fossa séptica biodigestora. **Revista Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 1, p. 020-036, 2010.
- SCARIOT, M.R. **Modelagem e Simulação Sistêmica de Rios: Avaliação dos Impactos Ambientais no Rio Mogi-Guaçu/SP**. Campinas: UNICAMP, 2008. 200 p.
- SILVA, J.D. **Tratamento de Lixiviados de Aterro Sanitário por Lagoas de Estabilização em Série – Estudo em Escala Piloto**. Florianópolis: UFSC, 2007. 218 p.
- SOUZA, C.S.; TORRES, F.F.; PEDROSA, L.M.; FERREIRA, C.M.; SANTOS, A.L. **Avaliação dos determinantes do consumo de carne suína no município de Rondonópolis-MT**. Águas de Lindóia: FZEA/USP-ABZ, 2009. 3 p.
- SOUZA, C.V. **Análise ambiental e energética do tratamento de dejetos líquidos de suínos**. Diamantina: UFVJM, 2009. 55 p.
- VON SPERLIG, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Lagoas de estabilização**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, v. 3, 2002. 196p.
- WARD, A. J.; HOBBS, P. J.; HOLLIMAN, P. J.; JONES, D. L. Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources. **Bioresource Technology**, n. 99, p. 7928–7940, 2008.