

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO
JEQUITINHONHA E MUCURI - UFVJM**

CÁSSIO VINÍCIUS DE SOUZA

**ANÁLISE AMBIENTAL E ENERGÉTICA DO TRATAMENTO DE
DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS**

**DIAMANTINA - MG
2009**

CÁSSIO VINÍCIUS DE SOUZA

**ANÁLISE AMBIENTAL E ENERGÉTICA DO TRATAMENTO DE
DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Torres Campos

Co-Orientador: Prof. Dr. Enilson de Barros Silva

**DIAMANTINA - MG
2009**

OFEREÇO

*A Deus sempre presente na
minha vida e ao Santo Expedito
que me fortalece e protege.*

DEDICO

*A meus pais Cássio José de Oliveira e
Eliana Ramos de Souza Oliveira, que
me ensinaram a ser um “homem de
bem” e tornaram realidade o Sonho de
Estudar. A Helô pelo Amor,
Companheirismo e paciência, que me
estruturaram nesse período.*

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) pela oportunidade de realização do curso e pela contribuição à minha formação acadêmica.

A CAPES pela concessão de Bolsa de Estudos.

Ao meu orientador Professor Dr. Alessandro Torres Campos pelos ensinamentos, convivência durante o curso e acima de tudo pela confiança na minha capacidade.

Ao meu Co-Orientador Professor Dr. Enilson de Barros Silva pelos ensinamentos, confiança e convívio.

Ao Professor José Sebastião Cunha Fernandes pelos ensinamentos, amizade e exemplos de integridade.

Aos Professores do PPGPV pela contribuição na minha vida acadêmica e pessoal.

A Patrícia Duarte Andrade, por ter aberto as portas de sua propriedade e por ter dado todas as condições para que esse trabalho pudesse ser realizado com sucesso. Muito Obrigado Patrícia!

Aos Amigos do Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal, José Pereira, Juan, Patrícia, Vinícius, João Paulo, José Ricardo, Alexandre, Ricardo e Caio, pelo alegre convívio e trocas de experiências. Agradeço principalmente ao Rodrigo e ao Vilmar, verdadeiros irmãos, pela sinceridade, amizade e companheirismo.

Aos amigos da Farmácia Turma 2 de 2005, pela amizade e momentos de descontração, principalmente aos amigos Rafael, Dênio e Bob.

Às secretárias da Pro-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação Adriana, Márcia e Delair.

A todos aqueles que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização desse trabalho.

RESUMO

SOUZA, Cássio Vinícius de. **Análise ambiental e energética do tratamento de dejetos líquidos de suínos**. 2009. 47p. (Dissertação - Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2009.

No Vale do Jequitinhonha a suinocultura é uma atividade predominantemente praticada por pequenos produtores, os quais têm pouca informação sobre o manejo adequado dos dejetos oriundos da atividade. O manejo adotado geralmente se resume ao armazenamento desses dejetos e posterior aplicação no solo sem um tratamento prévio, constituindo um fator de poluição ambiental. Dessa forma torna-se necessário a utilização de dispositivos que promovam a redução do potencial poluidor dos dejetos e o reaproveitamento integral desses resíduos como forma de resgate de parte da energia empregada no processo produtivo. Diante disso os objetivos desse trabalho foram avaliar a eficiência do sistema de lagoas de estabilização em série na redução do potencial poluidor dos dejetos líquidos de suínos em uma granja comercial em ciclo completo com 500 animais, com vistas ao seu reaproveitamento como biofertilizante e estimar a quantidade de energia para produção de suínos em ciclo completo e o balanço energético do sistema com reaproveitamento dos resíduos gerados como biofertilizante em área de pastagem. Foram coletadas amostras em diferentes pontos do sistema de tratamento e efetuadas as análises dos seguintes parâmetros: 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-Total), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg). Quantificou-se o coeficiente energético de cada componente envolvido no processo produtivo de suínos terminados, tratamento dos resíduos e produção de pastagem de *Brachiaria decumbens*, nas formas de ração, trabalho humano, energia elétrica, máquinas e equipamentos, combustíveis e lubrificantes, instalações, produção de suínos vivos e produção de *Brachiaria decumbens*. A remoção da carga orgânica obtida pelo sistema de lagoas de estabilização em série foi de 84,38% da DBO e 85,27% para a DQO. A série de sólidos apresentou comportamento semelhante e os nutrientes N-Total, P, K, Ca e Mg foram removidos em 28,30; 63,46; 12,24; 42,84 e 74,95% respectivamente. O sistema foi eficiente na remoção da carga orgânica e o efluente tratado demonstrou características favoráveis ao seu reaproveitamento como biofertilizante. No sistema de produção de suínos avaliado, a quantidade média de energia para produzir 1 kg de suíno vivo foi de 53,35 MJ. De toda energia empregada no sistema 76,03% (1.067.106,07 MJ) se referem às entradas e 23,97% (331.400 MJ) as saídas, resultando em um coeficiente de eficiência energética de 0,31. A energia transformada em suínos para abate correspondeu a 55,58% (184.200 MJ) das saídas, ao passo que a pastagem de *Brachiaria decumbens* assumiu um valor de 44,42% (147.200 MJ) apontando que a utilização dos resíduos da cadeia suinícola promoveu renovação de energia, reduzindo os impactos ambientais e minimizando a importação de energia.

Palavras-chave: suinocultura, instalações, dejetos, impactos ambientais, tratamento, sustentabilidade

ABSTRACT

SOUZA, Cássio Vinícius de. **Environmental and energy analysis of treatment of liquid pig manure**. 2009. 47p. Dissertation (Masters in Vegetable Production) – Federal University of the Jequitinhonha and Mucuri Valley, Diamantina, 2009.

Jequitinhonha's Valley in the pig is an activity practiced primarily by small producers, which have little information on the proper management of waste from the activity. The management adopted generally comes to storage and subsequent application of manure in the soil without prior treatment, constituting a factor of environmental pollution. Thus it is necessary the use of devices that promote the reduction of the pollution potential of waste reuse and full of waste as a way of redemption of part of the energy used in the production process. Considering that the objectives of this study were to evaluate the efficiency of stabilization ponds in series to reduce the pollution potential of liquid pig manure on a commercial farm in full cycle with 500 animals, with a view to its reuse as biofertilizer and estimate the quantity of energy for production of pigs in complete cycle and energy balance of the system to reuse the waste generated as biofertilizer in area of pasture. Samples were collected at different points in the system of treatment and performed the analysis of the following parameters: pH, Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical oxygen demand (COD), Total solids (TS), Total fixed solid (STF), Solid total volatile (STV), Total suspended solids (TSS), Suspended solids fixed (SSF), Volatile suspended solids (VSS), Total nitrogen (Total-N), Phosphorus (P), Potassium (K), calcium (Ca) and Magnesium (Mg). We quantified the energy coefficient of each component involved in the production process of finished pigs, waste treatment and production of pasture of *Brachiaria decumbens* in the form of food, human labor, energy, machinery and equipment, fuels and lubricants, plant, production of live pigs and production of *Brachiaria decumbens*. The removal of organic load produced by the system of stabilization ponds in series was 84.38% and 85.27% of BOD to COD respectively. The series showed similar behavior of solids and nutrients-Total N, P, K, Ca and Mg were removed at 28.30, 63.46, 12.24, 42.84 and 74.95% respectively. The system was efficient in removing the organic load and the treated effluent has characteristics favorable to its reuse as biofertilizer. The production system of pigs evaluated, the average amount of energy to produce 1 kg of live pigs was 53.35 MJ. Of all energy used in the 76.03% (MJ 1,067,106.07) refer to inputs and 23.97% (331,400 MJ) the exits, resulting in a coefficient of efficiency of 0.31. The energy transformed into pigs for slaughter was 55.58% (184,200 MJ) of output, while the pasture of *Brachiaria decumbens* took a value of 44.42% (147,200 MJ) indicating that the use of pig waste in the chain promoted renewal of energy, reducing environmental impacts and minimizing the import of energy.

Keywords: swine, buildings, waste, environmental impact, treatment, sustainability

LISTA DE TABELAS

		Página
Tabela 1	Dados referentes aos parâmetros avaliados nos quatro pontos de amostragem sistema de tratamento de dejetos líquidos de suínos.....	16
Tabela 2	Eficiência média de abatimento total e por lagoa para cada parâmetro físico-químico e bioquímico avaliado, dados em porcentagem (%)......	17
Tabela 3	Componentes de entradas energéticas referentes às lagoas de estabilização e seus respectivos coeficientes energéticos.....	27
Tabela 4	Quantificação média dos componentes energéticos envolvidos no sistema de produção de um lote de suínos (150 dias) e aproveitamento do biofertilizante em área de pastagem.....	29
Tabela 5	Máquinas, implementos e equipamentos utilizados no sistema de produção de suínos e pastagem: consumo médio de combustível e tempo de utilização por ciclo de 150 dias.....	29
Tabela 6	Máquinas utilizadas na construção das lagoas de estabilização: consumo de combustível e tempo de utilização.....	30
Tabela 7	Quantificação dos componentes energéticos envolvidos na construção das lagoas de Estabilização.....	30
Tabela 8	Consumo médio de energia direta e indireta no sistema de produção de suínos e pastagem para um período de 150 dias.....	31
Tabela 9	Análise energética média dos componentes da relação Entrada/Saída para o ciclo de produção de suínos e aproveitamento do biofertilizante..	32

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRAT.....	ii
LISTA DE TABELAS.....	iii
INTRODUÇÃO GERAL.....	01
CAPÍTULO 1. REFERENCIAL TEÓRICO.....	03
CAPÍTULO 2. TRATAMENTO DE DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS POR MEIO DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO COM VISTAS AO SEU REUSO AGRÍCOLA.....	12
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
4. CONCLUSÕES.....	22
CAPÍTULO 3. ANÁLISE ENERGÉTICA EM SISTEMA DE PRODUÇÃO DE SUÍNOS COM APROVEITAMENTO DOS DEJETOS COMO BIOFERTILIZANTE EM PASTAGEM.....	23
1. INTRODUÇÃO.....	24
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4. CONCLUSÕES.....	33
CONCLUSÃO GERAL.....	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

INTRODUÇÃO GERAL

A natureza encontra-se submissa aos anseios do desenvolvimento promovido pela sociedade, que provocam alterações no meio natural. Os efeitos negativos estão espalhados por todo planeta, dentre os quais se destacam a poluição das águas, do solo e do ar e a exploração exaustiva dos recursos naturais, denotando a falta de planejamento do desenvolvimento que pode comprometer a vida das futuras gerações. Contudo, a preocupação com a questão da sustentabilidade, a necessidade de conservação e manutenção dos ecossistemas vem despertando o interesse de governos e sociedades em minimizar os impactos ocasionados (AGUIAR NETO et al., 2008).

Em áreas onde a pecuária está presente, existe uma maior ou menor contaminação, que está na dependência de uma série de fatores, envolvendo discernimento do criador, aplicação de recursos, tamanho da propriedade, assistência de órgãos responsáveis, além de condições ambientais propícias (ASSIS & MURATORI, 2007).

A suinocultura é um dos setores que está em constante ascensão no Brasil e no mundo, contribuindo diretamente para a consolidação de uma economia forte e estável (MARCATO & LIMA, 2005). Este grande desenvolvimento, embora tenha proporcionado grandes benefícios à sociedade, também gerou poluição ambiental, em decorrência da quantidade de dejetos produzidos (PEREIRA et al., 2008; BARROS et al., 2005), que na maior parte das vezes são mal manejados constituindo fonte de poluição (MORAES & PAULA JÚNIOR, 2004).

O Vale do Jequitinhonha, situado no Nordeste do estado de Minas Gerais, banhado pelo rio Jequitinhonha, ocupa uma área de 79 mil Km², com população de aproximadamente 940 mil habitantes. Atualmente é composto por 74 municípios. A região demonstra intenso fluxo migratório, pequena oferta de emprego e baixa taxa de urbanização, sendo uma das mais pobres e estagnadas regiões do estado e a quarta região mais carente do mundo (PEREIRA, 2005). Com mais de dois terços da população vivendo na zona rural, ela tem sido caracterizada em vários estudos como "região deprimida", onde os índices de pobreza, miséria, desnutrição, mortalidade, analfabetismo, desemprego e infra-estrutura sócio-econômica imperam desfavoravelmente em grande parte dos municípios. Periodicamente o Vale do Jequitinhonha Mineiro é assolado por seca e por problemas ligados a qualidade da água (RIBEIRO & GALIZONE, 2003).

Nesse cenário do Vale, a suinocultura surge como uma atividade predominantemente praticada por pequenos produtores, os quais têm pouca informação sobre o manejo adequado

dos dejetos oriundos da atividade. O manejo adotado geralmente se resume ao armazenamento desses dejetos e posterior aplicação no solo sem um tratamento prévio, constituindo um fator de poluição ambiental. Dessa forma torna-se necessário a utilização de dispositivos que promovam a redução do potencial poluidor dos dejetos e o reaproveitamento integral desses resíduos. Além de outros aspectos como simplicidade e baixo custo de operação e manutenção.

O manejo inadequado dos resíduos da suinocultura como o extravasamento de esterqueiras e a aplicação excessiva no solo, pode ocasionar a contaminação de rios como a eutrofização, de lençóis subterrâneos levando ao aumento da concentração do íon nitrato, do solo com o aumento da população de patógenos e excesso de nutrientes, e do ar como emissões de gases poluentes (KUNZ et al., 2005).

A problemática descrita é resultado da inexistência de um programa de sustentabilidade da suinocultura no Brasil, que integre os produtores de suínos e as agroindústrias. A resolução desses problemas passa pelo estabelecimento de estratégias que integrem os componentes: humano (formação de recursos humanos), técnico (desenvolvimento de metodologias e tecnologias) e de sensibilização (educação ambiental) (BELLI FILHO et al., 2001), visando a redução dos impactos da atividade e o reaproveitamento integral desses resíduos.

Diante disso, os objetivos desse trabalho foram: (a) Avaliar a eficiência do sistema de lagoas de estabilização em série na redução do potencial poluidor dos dejetos líquidos de suínos, com vistas ao seu reaproveitamento como biofertilizante; (b) Avaliar a eficiência energética de um sistema de produção de suínos em ciclo completo, com reaproveitamento dos dejetos como biofertilizante em área de pastagem.

CAPÍTULO 1
REFERENCIAL TEÓRICO

No Brasil, a suinocultura é explorada de duas formas diferentes. A primeira concentrada nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste responsável por 90% da produção brasileira, é tecnificada, alcançando índices de produtividade entre os melhores do mundo. A outra forma de suinocultura, predominante nas regiões Norte e Nordeste, é rústica e possui baixos índices de produtividade e sanidade (NOGUEIRA & SILVA, 2006). O país possui o quarto plantel de suínos do mundo que contribui diretamente nos aspectos econômicos, sociais e culturais para o país (ZORDAN et al., 2008). No oeste de Santa Catarina, no sul do Brasil, se concentra o maior rebanho de suínos do país (JASPER et al., 2007; COSTA et al., 2000). O Estado de Minas Gerais possui o segundo maior rebanho de suínos do Brasil e uma suinocultura de alta tecnologia, com a criação de animais em regime de confinamento. Esta atividade é muito importante para a economia do estado, pois garante produção e renda, além de gerar empregos e estabilidade social. Entretanto, constitui uma atividade concentradora de resíduos orgânicos de alto potencial poluidor. Assim, em função do grande volume de resíduos produzidos, tem-se enfatizado a necessidade de estudos com o objetivo de reduzir a poluição ambiental, reciclar e aproveitar os nutrientes (SEDIYAMA et al., 2008). Assis & Muratori (2007) ressaltam que, apesar das circunstâncias negativas, a atividade suinícola desempenha um papel de grande relevância no contexto econômico nacional.

A geração de poluentes em elevada quantidade através das fezes, urina e gases demonstram que a eficiência do processo de digestão do suíno é limitada, o que faz com que a suinocultura seja uma das atividades agropecuárias com maior impacto ambiental, e como tal, intensivamente vigiado por órgãos de proteção ambiental. Tanto que nos países do primeiro mundo essa atividade está proibida de expandir (NOGUEIRA & SILVA, 2006).

O lançamento direto do esterco líquido de suínos nos cursos de água vem promovendo profundas alterações no meio ambiente. O potencial contaminante dos efluentes da atividade suinícola é extremamente alto, face ao elevado número de contaminantes que possuem, cuja ação individual ou combinada representa uma fonte potencial de contaminação do ar, dos recursos hídricos e do solo (VANOTTI et al., 2002; STEIL et al., 2002).

Os dejetos suínos, compostos basicamente pelas fezes e urina do animal, misturados à água de lavagem dos galpões e a água desperdiçada nos bebedouros (SORENSEN & AMATO, 2002), possuem grande potencial poluidor, por causa de sua elevada carga orgânica, das altas concentrações de nitrogênio, fósforo potássio, sódio (GONÇALVES et al., 2006; FUKUMOTO & HAGA, 2004), presença de sólidos em suspensão e dissolvidos, patógenos, sais solúveis e metais pesados (BRANDÃO et al., 2003), principalmente cobre e zinco que

são importantes componentes do suplemento dietético das rações e de formulação de antibióticos, aumentando os riscos de contaminação do meio ambiente, inclusive nos demais níveis da cadeia alimentar (OLIVEIRA et al., 2004). Uma variedade de substâncias inorgânicas também estão presentes na urina e fezes de suínos (HANAJIMA et al., 2007; KUNZ et al., 2005). As características dos dejetos podem apresentar variações em função da fisiologia do animal e da composição das rações. A quantidade de resíduos produzida depende muito do peso, da idade dos animais (SOUZA et al., 2008), quantidade de animais e, principalmente, da quantidade de água gasta na higienização das baias (OLIVEIRA et al., 2000a). Segundo Costa et al. (2000), durante a sua vida, um animal produz em média, cerca de 8,6 litros de esterco líquido por dia. Já para Nogueira & Silva (2006), cada animal produz em média 10 litros de dejetos líquidos por dia.

Além dos componentes citados, o material produzido por sistemas de criação de suínos apresenta uma alta Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). São o fósforo, o nitrogênio e a alta DBO que causam grandes impactos ao ecossistema aquático de superfície, sendo o fósforo responsável pelo processo de eutrofização das águas e a DBO pela redução do oxigênio disponível, comprometendo diretamente a biodiversidade do ambiente aquático. Já o nitrogênio oferece maior risco de contaminação da água subterrânea quando lixiviado (MERTEN & MINELLA, 2002), o amônio (NH_4^+) presente nos dejetos é facilmente oxidado a nitrato (NO_3^-), e este é pouco adsorvido nos colóides do solo, sendo facilmente movido para águas superficiais e subsuperficiais. O fósforo é facilmente adsorvido pelos colóides do solo, contudo a saturação dos pontos de ligação e a erosão favorecem o fluxo deste para as coleções de águas (LUO et al., 2002).

De acordo com Costa et al. (2000), os dejetos líquidos são extremamente concentrados, apresentam valores na ordem de 20.000 mg L⁻¹ de sólidos totais, 30.000 mg L⁻¹ de Demanda Química de Oxigênio (DQO), 2.500 mg L⁻¹ de Nitrogênio total e 600 mg L⁻¹ de fósforo total. Em termos de equivalência, comparando-se ao esgoto doméstico, com DBO de cerca de 350 mg L⁻¹, a DBO dos dejetos suínos fica entre 30.000 e 52.000 mg L⁻¹, ou seja 173 vezes superior (RECH et al., 2008; VON SPERLING, 1996). Esses valores estão muito acima daqueles estabelecidos pela resolução do CONAMA nº 357 (2005) que estabelece as condicionantes para o lançamento de efluentes nas coleções de águas.

De forma sintética, os efeitos da suinocultura (produção de dejetos) sobre o solo ocorrem em função da quantidade de esterco líquido que neste pode ser depositado, alterando sua capacidade de filtração e retenção de nutrientes; além disso, seus efeitos sobre a água são provocados, sobretudo, pelo nitrogênio e excesso de fósforo expelidos pelo processo

produtivo suinícola, cujo efeito sobre o ar se dá em decorrência da emissão de gases tóxicos, poluentes e odores desagradáveis ao bem-estar humano. Por sua vez, as influências da atividade em questão sobre a fauna e a flora decorrem, fundamentalmente, devido aos resultados que esta atividade provoca e que contribuem para o desaparecimento de determinadas espécies de animais e vegetais (PEREIRA et al., 2008).

Ceretta et al. (2003) observaram que a utilização contínua de dejetos líquido de suínos representa a adição de grande quantidade de nutrientes ao solo, e eleva principalmente os teores de P, Ca e Mg e que a lixiviação de nitrogênio e a elevada concentração de fósforo na camada mais superficial do solo adubado com esterco líquido de suínos mostram que estes elementos podem comprometer a qualidade do ambiente, especialmente como contaminantes da água.

O uso indiscriminado de dejetos de suínos como fertilizante favorece o acúmulo de Cu e Zn trocáveis no solo, indicando riscos potenciais de poluição do solo com metais pesados (QUEIROZ et al., 2004b). Queiroz et al. (2004a) salientam que a aplicação constante de dejetos suínos sem tratamento no solo, saturam o complexo de troca, sendo recomendável um monitoramento das características químicas do solo, ao longo do seu perfil e das águas subterrâneas para que se avalie os impactos provocados.

Para Rech et al. (2008) os solos considerados aptos a receberem adubação com dejetos suínos, apresentam características de perfil (horizontes A+B) profundo (50 a 100 cm) e muito profundo (> 200 cm), boa porosidade e drenagem, e que se encontram localizados em condições de terreno plano (0 a 3% de declividade), suave ondulado (3 a 8% de declividade) e ondulado (8 a 20% de declividade), e situam-se próximos de instalações de confinamento de animais. Para este grupo, torna-se necessário desenvolver conhecimentos complementares para caracterizar os limites de aporte de esterco em termos de quantidade, frequência, épocas de aplicação, resposta de cultivos, impacto sobre o perfil do solo e corpos de água, relativos à presença de contaminantes.

Barros et al. (2005) salientam que as quantidades e as frequências com que as dejeções animais podem ser aplicadas ao solo, variam com o tipo de solo, com a natureza e composição dos resíduos, com as condições climáticas e com a espécie vegetal cultivada.

Quanto à poluição do ar provocada pelos dejetos suínos, esta pode estar relacionada a níveis macro regionais, podendo integrar-se na escala global junto às emissões de CO₂ e CH₄, colaborando com o aquecimento do ambiente terrestre (BELLI FILHO et al., 2007). Além disso, o ar é poluído por compostos odoríferos (gás sulfídrico, amônia, etc.), durante a estocagem e distribuição dos dejetos de suínos sendo estes últimos os inconvenientes mais

rapidamente sentidos pela população, já os efeitos tóxicos manifestam-se somente com grandes concentrações (RECH et al., 2008). Em nível micro regional se tem o efeito principal do desconforto ambiental proveniente de insetos e maus odores (BELLI FILHO et al., 2007). Os mesmos autores, estudando a gestão dos odores em bacias hidrográficas onde se concentra a atividade suinícola, constataram que existe uma forte emissão de odores provenientes da atividade, percebida pelos produtores e não produtores de suínos, indicando que o seu ambiente apresenta riscos a saúde, além dos demais riscos ao meio ambiente.

Rech et al. (2008), chamam a atenção para a relação do problema com doenças graves como hipertensão, câncer, alergias e as disfunções no sistema nervoso. Também se encontra em Schirmer et al. (2007), Silva & Marques (2004) e Williams (2001), relatos sobre as mais diversas reações de desconforto ambiental em toda a população, em relação aos odores advindos de empreendimentos industriais como a suinocultura como irritação da garganta, olhos e nariz, dor de cabeça, náuseas, diarreia, rouquidão, inflamação na garganta, tosse, dores no peito, congestão nasal, palpitação, estresse, sonolência e alteração do humor. Os autores ainda destacam a falta de padrões adequados quanto a emissão desses odores, para orientar as autoridades e administradores ambientais. Para Zhang & Zhu (2005), a aplicação direta dos dejetos de suínos associada à falta de sistemas de tratamento, é o fator principal para a produção de odores ofensivos nas localidades onde se concentra a atividade suinícola.

Os dejetos de suínos podem, quando bem manejados, constituir-se em alternativa econômica para a propriedade rural, sem comprometimento da qualidade ambiental, permitindo o aproveitamento integral dos dejetos, dentro das condições estabelecidas em cada propriedade (ANGONESE et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2006). Pesquisas buscam alternativas para o aproveitamento de dejetos suínos na forma de adubo orgânico e de vermicomposto ou, simplesmente, aplicando-o em solos improdutivos (OLIVEIRA et al., 2000a).

O aproveitamento destes resíduos orgânicos na propriedade é um fator de extrema importância, tendo em vista o seu potencial poluente, fertilizante e capacidade de promover melhorias na qualidade do solo (GONZÁLEZ-FERNANDEZ et al., 2008; GIL et al., 2008; LORIA et al., 2007; QUEIROZ et al., 2004a; QUEIROZ et al., 2004b), desde que sob manejo criterioso e com base científica (SCHEFFER-BASSO et al., 2008b). Sendo assim o tratamento e reaproveitamento dos dejetos suínos devem ser sistematizados de maneira a minimizar a poluição ambiental, e ainda agregar valor ao resíduo gerado (MAGALHÃES et al., 2005).

A evolução tecnológica produtivista da atividade suinícola vem se confrontando com as perspectivas de recuperação e manutenção do equilíbrio ambiental. Assim, o grande desafio é o desenvolvimento de processos que viabilizem sistemas capazes de reduzir ou minimizar o poder poluente da atividade (SARDÁ et al., 2007; CARMO et al., 2004), além de adotar métodos e técnicas para manejar, estocar, tratar, utilizar e dispor os resíduos, dentro do sistema de produção, com o objetivo da manutenção da qualidade ambiental, reutilização dos resíduos em outros sistemas agrícolas e maior rentabilidade na produção (SOUZA et al., 2005). Dessa forma, nas atividades do agronegócio é cada dia mais comum que as exigências dos órgãos ambientais ou a ausência de proteção dos recursos naturais gerem situações nas quais se necessita construir dispositivos de tratamento dos resíduos (COSTA & LOLLO, 2007).

No que se refere ao produtor, esse necessita avaliar ou reavaliar o manejo de seu sistema de produção quanto aos desperdícios de água nos bebedouros, de ração nos comedouros, na higienização das baias e possíveis vazamentos do sistema hidráulico e, além desses fatores, deve estabelecer um programa de tratamento, distribuição e utilização dos dejetos suínos (ZORDAN et al., 2008).

Várias têm sido as alternativas utilizadas no tratamento de efluentes da suinocultura, entretanto todas elas geram um custo adicional para o produtor que, na maioria das vezes, está impossibilitado de arcar com este ônus, pois trata-se, geralmente, de pequenos produtores rurais que já trabalham com pequena margem de lucro (RODRIGUES & BELLI FILHO, 2004).

Para Gartner & Gama (2005), existem diversos métodos para tratamento global de dejetos para diminuir a carga poluente produzida e mitigar os efeitos da contaminação ambiental. Em termos de dejetos suínos, as alternativas mais utilizadas referem-se à utilização de esterqueiras e bioesterqueiras (SANTOS et al., 2007; PEREIRA-RAMIREZ et al., 2003), lagoas de estabilização (MEDRI & MEDRI, 2004; MEDRI & COSTA, 2003; COSTA & MEDRI, 2002; HURSE & CONNOR, 1999), processos de biodigestão anaeróbia (ANGONESE et al., 2007; IAMAMOTO et al., 2007, FERNANDES & OLIVEIRA, 2006; CHEN & CHENG, 2005; SANTANA & OLIVEIRA, 2005; SOUZA et al., 2005; OLIVEIRA & FOREST, 2004;), fitodepuração (GONÇALVES JÚNIOR et al., 2008; TAVARES et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2000b), filtração (BUELNA et al., 2008; LI et al., 2008; MAGALHÃES et al., 2006; MAGALHÃES et al., 2005; BRANDÃO et al., 2003; RODRIGUES & SELBACH, 2003), e compostagem (SEDIYAMA et al., 2008; CHIUMENTI et al., 2007; SEDIYAMA et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2000a). Práticas de

restrição alimentar e dietas também são utilizadas no manejo dos animais visando à redução do potencial poluidor dos dejetos (MARCATO & LIMA, 2005; OLIVEIRA et al., 2005; NONES et al., 2002).

O sistema de tratamento de dejetos suínos mais difundido é o de lagoas de estabilização em série (MEDRI & MEDRI, 2004), que além de constituir-se na forma mais simples de tratamento de dejetos, também é uma alternativa de baixo custo, fácil implantação e elevada eficiência na redução dos impactos ambientais gerados por dejetos suínos (JASPER et al., 2007), sobretudo reduzindo a carga orgânica, uma vez que cada lagoa apresenta características e funções distintas (CAMPOS et al., 2006). Deve-se destacar, ainda, que o sistema de lagoas é o único que remove as quatro categorias de organismos patogênicos, isto é bactérias, vírus, cistos de protozoários e ovos de helmintos (ANDRADA et al., 2005).

Os sistemas de tratamento biológico de águas residuárias criteriosamente projetados e operados, removem de maneira satisfatória, constituintes indesejáveis, tais como, matéria orgânica biodegradável, sólidos em suspensão e organismos patogênicos, além de propiciar a retenção de elementos nutrientes, o que contribui, favoravelmente, para a aplicação do efluente na fertirrigação (LEITE et al., 2005).

O uso planejado de águas residuárias implica necessidade menor de captação dos recursos hídricos primários e de geração reduzida de efluentes, constituindo-se, portanto, em estratégia eficaz para a conservação desse recurso natural, em seus aspectos qualitativos e quantitativos (BOSCO et al., 2008; MEDEIROS et al., 2007a; SANTOS & MALINOWSKI, 2005). Além disso, o uso planejado de águas residuárias na agricultura é uma alternativa para controle da poluição de corpos d'água reduzindo a disposição desses resíduos sobre esse ambiente e conseqüente redução do processo de eutrofização (SORENSEN & AMATO, 2002). A utilização de dejetos suínos após tratamento também é uma alternativa para diminuir custos além de diminuir a extração de reservas naturais de nutrientes do planeta e melhor equacionar os problemas ligados à sanidade e salinização dos solos, contribuindo para a prática do saneamento ambiental e da sustentabilidade da propriedade agrícola (FACTOR et al., 2008).

A adubação com dejetos líquidos de suínos tratados aumenta os teores de matéria orgânica e melhora a estrutura do solo aumentando a capacidade de retenção de umidade, infiltração da água da chuva, atividade microbiana e capacidade de troca de cátions, solubilizando ou complexando alguns metais tóxicos ou essenciais às plantas, como Fe, Zn, Mn, Cu e Co (SCHEFFER-BASSO et al., 2008b). Somado a isso ainda observa-se a disponibilização de água e fertilizantes para as culturas, reciclagem de nutrientes e aumento

da produção agrícola (PARKIN et al., 2006; ADELI et al., 2005; SANDRI et al., 2007; FONSECA et al., 2001), com eficiência na nutrição das plantas e pode substituir, em parte, ou eliminar a necessidade do uso de adubos minerais na agricultura (SEDIYAMA et al., 2008), pelo fato das águas residuárias da suinocultura apresentarem nutrientes em quantidades suficientes para serem aproveitadas na fertirrigação de culturas agrícolas, levando ao aumento da produção e produtividade, sendo que aproximadamente dois terços do nitrogênio, um terço do fósforo e quase 100% do potássio, encontram-se na água residuária na forma mineral, isto é, numa forma prontamente assimilável pelas culturas (GOMES FILHO et al., 2001). O rendimento das culturas, no entanto, depende da origem dos dejetos e da dose utilizada, de modo que a adubação com chorume suíno tem efeito imediato superior ao dos dejetos de bovinos, em virtude de seu potencial fertilizante, especialmente em relação aos teores de nitrogênio e fósforo (SCHEFFER-BASSO et al., 2008b).

Vários trabalhos têm demonstrado resultados satisfatórios na utilização dos dejetos suínos sem tratamento em várias culturas como, Milho (DAMBREVILLE et al., 2008; GIACOMINI & AITA, 2008; LORIA et al., 2007; BALL COELHO et al., 2005; FREITAS et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2004), Soja (MCANDREWS et al., 2006), Café (GOLÇALVES et al., 2006), Pastagem Natural (SCHEFFER-BASSO et al., 2008b; CERETTA et al., 2003), Brachiaria Brizantha (BARNABÉ et al., 2007), Capim-Marandú (MEDEIROS et al., 2007b), Tifton 85 (SCHEFFER-BASSO et al., 2008a; DRUMOND et al., 2006), Alface (BAUMGARTNER et al., 2007), Tomate (CHENG et al., 2004), Pimentão (FACTOR et al., 2008; ARAÚJO et al., 2007), Cenoura (SEDIYAMA et al., 2007; HUSSAR et al., 2003), Couve (HUSSAR et al., 2004), Beterraba (HUSSAR et al., 2005), Aveia-Preta e Azevém (ASSMANN et al., 2007), entre outras. No entanto, CRUZ et al. (2008), informam que trabalhos enfatizando o reaproveitamento agrícola de dejetos líquidos de suínos tratados, são escassos na literatura.

A sustentabilidade na produção de suínos está no aproveitamento racional dos dejetos, seja pelo aspecto ambiental, seja pelo econômico, com relação à redução de custos do próprio suinocultor (JASPER et al., 2007), o que permite estabelecer equilíbrio no agroecossistema.

Nas últimas décadas, os aumentos marcantes de produtividade na agricultura moderna têm sido acompanhados, muitas vezes, pela degradação ambiental (poluição por pesticidas, erosão e salinização dos solos), problemas sociais (concentração de terras, recursos e produção, mudança no padrão de migração rural/urbana) e pelo uso excessivo dos recursos naturais. A produção agrícola moderna tornou-se altamente complexa, com ganhos de produção dependente de um manejo intensivo e de uma disponibilidade ininterrupta de

energia e recursos suplementares. As técnicas modernas utilizadas não são apropriadas a uma era pobre em energia e de perturbação ao ambiente sendo, assim, altamente coerente a busca de uma agricultura sustentável, conservadora dos recursos, eficiente no uso de energia e economicamente viável; em contrapartida, não se pode ignorar a necessidade de aumentar a produção e a qualidade dos produtos, obrigando o produtor a se tecnificar cada vez mais, adequando o seu produto e seus meios à demanda nacional (FACTOR et al., 2008).

Os sistemas intensivos de produção agrícola têm causado sérios danos ambientais caracterizados, por um lado, pelo rápido esgotamento de recursos naturais e, por outro, pela poluição e/ou contaminação devido à excessiva liberação de componentes residuais no meio ambiente (KOZIOSKI & CIOCCA, 2000). Ao passo que todo processo de produção produz resíduos e todo resíduo armazena alguma energia, os sistemas de produção podem reverter esse resíduo em energia, reduzir seu custo de produção e funcionar de forma energeticamente equilibrada (SANTOS & LUCAS JÚNIOR, 2004). Os dejetos suínos são considerados por muitos produtores como apenas um resíduo, contudo estes podem ser considerados como um resgate de parte da energia empregada no processo de produção (WIENS et al., 2008), sendo reciclado de maneiras diversas (Biogás, Biofertilizante, etc.). Assim sendo, sistemas biointegrados podem maximizar o aproveitamento energético dos dejetos gerados pela suinocultura, dentro do próprio agroecossistema, reduzindo a contaminação exterior dos recursos naturais (ANGONESE et al., 2006), por meio do tratamento dos dejetos e seu reaproveitamento em outros sistemas agrícolas.

CAPÍTULO 02
TRATAMENTO DE DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS POR MEIO DE LAGOAS DE
ESTABILIZAÇÃO COM VISTAS AO SEU REUSO AGRÍCOLA

1. INTRODUÇÃO

A suinocultura nacional vem passando por profundas transformações de natureza tecnológica em busca do aumento de produtividade e, como decorrência, produzindo grandes quantidades de dejetos. Simultaneamente, ocorrem problemas relacionados com o destino desses efluentes, gerando uma preocupação com a poluição ambiental, considerada uma ameaça à sobrevivência dessa atividade (ZORDAN et al., 2008).

Juntamente com a expansão da atividade suinícola no país e o incremento tecnológico nos sistemas de produção, houve um aumento da geração de dejetos os quais são, muitas vezes, lançados nas coleções de água. A adoção de sistemas de confinamento para produção de suínos gera grandes quantidades de dejetos (ANGONESE et al., 2006; FERNANDES & OLIVEIRA, 2006). Os dejetos diluídos, a água desperdiçada em bebedouros e a água de lavagem de instalações para criação em regime de confinamento, geram grandes volumes de águas residuárias, as quais são fontes significativas de poluição ambiental (GOMES FILHO et al., 2001), devido às altas concentrações de matéria orgânica, sólidos, nutrientes, metais pesados e patógenos presentes nas águas residuárias da atividade (FERNANDES & OLIVEIRA, 2006).

Portanto, a suinocultura, por ser uma atividade altamente poluidora, tem nos últimos anos demandado pesquisas com vistas ao desenvolvimento de tecnologias adequadas e de baixo custo para o tratamento das águas residuárias (QUEIROZ et al., 2004a). Visto que, a maioria das alternativas de tratamento de efluentes gera custos adicionais para o produtor que, muitas vezes, é impossibilitado de arcar com este ônus, pois são, normalmente, pequenos produtores rurais, que já trabalham com estreita margem de lucro (RODRIGUES & BELLI FILHO, 2004).

O sistema de lagoas de estabilização é amplamente utilizado no tratamento de águas residuárias da suinocultura (COSTA & MEDRI, 2002). São eficientes na estabilização da matéria orgânica, reduzindo a DBO, DQO, sólidos e nutrientes (COSTA et al., 2000; HURSE & CONNOR, 1999). Esse sistema mostra-se bastante interessante para produtores que não apresentam restrição de área para implantação do mesmo (KUNZ et al., 2005). É um sistema de operação simples, cujo principal modo de ação é a sedimentação da matéria orgânica e dos sólidos e posterior degradação biológica promovida por microrganismos, imitando processos naturais de purificação. Além disso, o sistema apresenta baixos custos de operação, e manutenção em torno de 3 ou 4 anos (ALONSO et al., 2006). Segundo Medri et al. (2006) a

eficiência, a simplicidade do processo, o reduzido custo de operação e as condições climáticas favoráveis, levaram o processo de depuração de águas residuárias por lagoas de estabilização à sua ampla aceitação no Brasil.

No Alto Jequitinhonha existem poucos relatos sobre a atividade suinícola, porém nota-se uma expansão do setor na região. Assim sendo, presume-se que o suinocultor ainda tem pouca informação sobre a questão ambiental e sobre a necessidade de um sistema de tratamento dos dejetos, fazer parte da cadeia produtiva. Diante disso e das condições econômicas dos produtores da região, se faz necessário que as metodologias de tratamento dos dejetos sejam de baixo custo e de simples operação e que o produtor possa agregar valor ao resíduo gerado. Por razões como baixo custo, simplicidade de operação e manutenção e relativa eficiência no tratamento de águas residuárias, o sistema de lagoas de estabilização em série se adere às condições da região, onde a suinocultura é uma atividade predominantemente conduzida por pequenos produtores.

Dessa forma o objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência do sistema de lagoas de estabilização em série na redução do potencial poluidor dos dejetos líquidos de suínos, com vistas ao seu reaproveitamento como biofertilizante.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um sistema de produção de suínos em ciclo completo, na Fazenda Campo Alegre localizada no município de Diamantina na região do Alto Vale do Jequitinhonha, MG, situada a uma latitude de 18° 15' Sul e uma longitude de 43° 36' Oeste, com altitude de 1250 metros. O clima é classificado como Cwb (Köppen), temperado úmido, com inverno seco e chuvas no verão, com precipitação média anual de 1.400 mm.

Sistema de Produção de Suínos

A unidade de produção de suínos é definida por galpões construídos em blocos de concreto pré-moldados, divididos de acordo com as fases de produção, Gestação e Pr -Gestação, Maternidade, Creche, Crescimento e Termina o, perfazendo um total de 1200 m² de área interna das instala es. O telhado   composto por telhas de cimento amianto, suportada por pilares de concreto com estrutura da cobertura em tesouras de madeira e beiral de 0,7 m. A granja possui um plantel de 500 animais, dentre estes, estão 60 matrizes e 4 reprodutores.

Sistema de Manejo e Tratamento dos Dejetos Líquidos

A limpeza das instalações é realizada com jato de água sob alta pressão, através de um conjunto moto-bomba, totalizando uma vazão diária de 5,7 m³ de dejetos manejados na forma líquida. Os dejetos são conduzidos por gravidade em canaletas laterais cobertas por chapas de aço galvanizado, a fim de não receber águas pluviais que promoveriam o aumento do volume, até as caixas de passagem, a partir das quais, os dejetos seguem até o sistema de tratamento por meio de tubulações de PVC.

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. Foram dimensionadas em função da vazão diária de dejetos líquidos (5,7 m³) e do tempo de retenção hidráulica (TRH) das respectivas lagoas (VON SPEARLING, 1996).

A lagoa anaeróbia possui um TRH de 45 dias, dimensões externas de 23,50 x 8,00 m, dimensões internas de 19,5 x 4,00 m, profundidade de 2 m e um volume de 260 m³. A primeira lagoa facultativa opera com TRH de 35 dias, dimensões externas de 18,5 x 8,5 m, dimensões internas de 15,5 x 5,5, profundidade de 1,5 m e volume de 175 m³. A segunda lagoa facultativa opera com TRH de 25 dias, dimensões externas de 13,00 x 8,5 m, dimensões internas de 10,00 x 5,5 m, profundidade de 1,5 m e volume de 120 m³. O TRH total do sistema é de 105 dias. As lagoas foram impermeabilizadas com lona plástica de 200 µm a fim de impedir a infiltração dos dejetos líquidos no solo e uma possível contaminação.

Coleta das Amostras e Análises

Foram coletadas amostras de dejetos líquidos na saída das instalações e na saída de cada uma das três lagoas que compõem o sistema de tratamento. Os seguintes parâmetros foram avaliados: 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-Total), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg). Os procedimentos adotados nas práticas de coleta, transporte e análises das amostras foram de acordo com especificações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998).

A partir dos resultados dos parâmetros físico-químicos foram estabelecidas as porcentagens de abatimento dos mesmos durante o sistema de tratamento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos referentes aos valores dos parâmetros avaliados no sistema de lagoas de estabilização em série, podem ser observados na Tabela 01 e suas respectivas eficiências de abatimento na Tabela 02.

TABELA 01. Dados referentes aos parâmetros avaliados nos quatro pontos de amostragem no sistema de tratamento de dejetos líquidos de suínos

Parâmetro/ Unidade	Saída das Instalações	Lagoa Anaeróbia	1ª Lagoa Facultativa	2ª Lagoa Facultativa
pH	8,0	6,7	7,9	8,2
DBO (mg L ⁻¹)	2243,34	803,40	678,80	350,52
DQO (mg L ⁻¹)	2560,00	1086,50	707,80	377,00
DQO/DBO	1,14	1,35	1,04	1,08
ST (mg L ⁻¹)	4790,00	3210,00	2566,00	2468,00
STF (mg L ⁻¹)	1968,00	1900,00	1580,00	1518,00
STV (mg L ⁻¹)	2822,00	1310,00	986,00	950,00
SST (mg L ⁻¹)	296,00	236,00	220,00	172,00
SSF (mg L ⁻¹)	120,00	96,00	92,00	68,00
SSV (mg L ⁻¹)	176,00	140,00	128,00	104,00
N-Total (mg L ⁻¹)	1668,00	1456,00	1220,00	1196,00
P (mg L ⁻¹)	228,80	195,58	105,94	83,60
K (mg L ⁻¹)	294,00	290,00	273,00	258,00
Ca (mg L ⁻¹)	285,50	244,70	204,00	163,20
Mg (mg L ⁻¹)	49,42	37,15	12,38	12,38

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-Total), Potássio (K), Fósforo (P), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg).

TABELA 02. Eficiência média de abatimento total e por lagoa para cada parâmetro físico-químico e bioquímico avaliado, dados em porcentagem (%).

Parâmetro	Lagoa Anaeróbia	1ª Lagoa Facultativa	2ª Lagoa Facultativa	Eficiência Total
DBO	64,19	15,51	48,36	84,38
DQO	57,56	34,86	46,74	85,27
ST	32,99	20,06	3,82	48,48
STF	3,46	16,84	3,92	22,87
STV	53,58	24,73	3,65	66,34
SST	20,27	6,78	21,82	41,89
SSF	20,00	4,17	26,09	43,33
SSV	20,45	8,57	18,75	40,91
N-Total	12,71	16,21	1,97	28,30
P	14,52	45,83	21,09	63,46
K	1,36	5,86	5,49	12,24
Ca	14,29	16,63	20,00	42,84
Mg	24,83	66,68	0,00	74,95

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-Total), Potássio (K), Fósforo (P), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg)

DBO, DQO, DQO/DBO e pH

A redução da DBO no sistema avaliado foi de 84,38%, sendo que a maior parte da matéria orgânica biodegradável foi removida na lagoa anaeróbia (64,19%), seguida pela segunda lagoa facultativa, com 48,36% de remoção desse parâmetro e pela primeira lagoa facultativa com 15,51%.

Para a DQO, o sistema apresentou 85,27% de eficiência no abatimento, desempenhando a lagoa anaeróbia, maior eficiência no abatimento (57,56%). A 1ª e a 2ª lagoa facultativa contribuíram com 34,86% e 46,74% respectivamente, corroborando com a afirmativa de que a remoção da DBO e DQO é realizada basicamente nas lagoas anaeróbias, sendo o processo otimizado nas lagoas subsequentes (MEDRI et al., 2007; CAMPOS et al., 2006; MEDRI & MEDRI, 2004). Ao passo que Estrada & Hernández (2002) trabalhando com tratamento de dejetos suínos por meio de lagoas de estabilização observaram que a lagoa anaeróbia abateu 30% da DBO e 37% da DQO, e que a lagoa facultativa removeu 83% da DBO e 48% da DQO. A maior eficiência na redução da DQO em relação à DBO se deve pela maior facilidade que grande número de compostos podem ser oxidados por via química do que por via biológica (SILVA et al., 2003a).

Costa & Medri (2002), avaliando o sistema de lagoas de estabilização em série proposto pela EMBRAPA/CNPSA, que consiste em um tanque de homogeneização,

decantador de fluxo ascendente, duas lagoas anaeróbias, uma lagoa facultativa e uma lagoa de aguapés, relatou 97% de abatimento na DBO e 87% na DQO. A melhor eficiência encontrada pelos autores se deveu em parte também ao tratamento preliminar realizado pelo decantador e ao tratamento terciário através da lagoa de aguapés. Entretanto a finalidade do sistema de tratamento da EMBRAPA/CNPSA é possibilitar que o efluente tratado retorne ao meio ambiente através da sua disposição sobre os recursos hídricos, portanto a redução do potencial poluidor segue padrões mais rigorosos.

Apesar do sistema ter se mostrado eficiente na remoção da carga orgânica, o efluente final apresentou um valor de DBO de 350,52 mg L⁻¹ e de DQO de 377,00 mg L⁻¹ (Tabela 01), não se apresentando dentro dos padrões para lançamento de efluentes nas coleções de água, no que tange a resolução do CONAMA nº 357 (2005), que estabelece as condicionantes para o lançamento de efluentes nas coleções de águas. No presente trabalho esse fato não representa um problema uma vez que o efluente tratado é reaproveitado como biofertilizante.

A relação DQO/DBO do resíduo líquido submetido ao processo de tratamento biológico em lagoas de estabilização influencia diretamente no processo de tratamento (LEITE et al., 2005). Braile & Cavalcanti (1993) consideram um resíduo facilmente biodegradável, quando suas demandas química e bioquímica de oxigênio apresentam uma relação DQO/DBO menor que 2. A relação DQO/DBO nos pontos amostrados neste trabalho variou de 1,04 a 1,35. O efluente final apresentou essa relação de 1,08 denotando a presença de uma parcela significativa de material orgânico passível de biodegradação.

O efluente da saída das instalações apresentou um pH 8,0. O parâmetro para o efluente da lagoa anaeróbia apresentou um valor de 6,7; próximo à faixa ótima considerada para a ocorrência do processo de fermentação anaeróbia (7,0-7,2) (MIWA et al., 2007) e tendeu a aumentar nas lagoas subseqüentes assumindo valores de 7,9 e 8,2 para os efluentes da primeira e segunda lagoas facultativas, respectivamente. Para Mascarenhas et al. (2004) e Hurse & Connor (1999) isso se deve ao fato de que nas lagoas mais rasas a luz solar penetra em praticamente toda a massa de água, aumentando a presença de algas nessas lagoas acelerando a fotossíntese, o que resulta em maiores teores de oxigênio dissolvido contribuindo para elevação do pH das lagoas.

Série de Sólidos (ST, STF, STV, SST, SSF e SSV)

O teor de sólidos no sistema avaliado, assim como observado por Campos et al. (2006), apresentou comportamento semelhante a concentração de DBO e DQO, ou seja, promovendo redução dos valores entre as fases do sistema de tratamento.

A remoção dos Sólidos Totais no sistema alcançou desempenho de 48,48%, sendo a maior parte removida na lagoa anaeróbia (32,99%) (Tabela 02), por sedimentação, resultados similares são observados em Zordan et al. (2008). Os Sólidos Totais Fixos, que estão relacionados à fração inorgânica dos Sólidos Totais, apresentaram redução de 22,87%, com maior abatimento na primeira lagoa facultativa (16,84%). A fração orgânica dos Sólidos Totais, representada pela concentração de Sólidos Totais Voláteis sofreu um abatimento de 66,34%. A maior remoção desse parâmetro se deu na lagoa anaeróbia (53,58%), como esperado pelo fato de ter ocorrido nessa etapa do tratamento à maior remoção da carga orgânica na forma de DBO e DQO.

Os Sólidos Suspensos Totais sofreram abatimento total de 41,89%, sendo que a maior parte foi eliminada na segunda lagoa facultativa (21,82%). Os Sólidos Suspensos Fixos foram removidos na ordem de 43,33%. A maior parcela de abatimento foi proporcionada pela segunda lagoa facultativa (26,09%). Em relação ao teor de Sólidos Suspensos Voláteis, estes sofreram redução de 40,91% e foram removidos em maior proporção na lagoa anaeróbia (20,45%), por, como os Sólidos Totais Voláteis, estarem intimamente ligados à presença de matéria orgânica conforme explanam Leite et al.(2005).

As eficiências encontradas para a remoção da Série de Sólidos, em especial os Sólidos Totais, Sólidos Totais Fixos e Sólidos Totais Voláteis, no sistema avaliado, estão abaixo das encontradas na literatura para o sistema de lagoas de estabilização (CAMPOS et al., 2006; LEITE et al., 2005; COSTA & MEDRI, 2002; ESTRADA & HERNÁNDEZ, 2002). No entanto, os sistemas observados na literatura apresentaram dispositivos complementares que permitiam um melhor abatimento na concentração dos parâmetros da série como: decantadores, lagoas de polimento, lagoas de maturação, lagoas de aguapés, entre outros. No presente trabalho isso pode implicar em menores intervalos de tempo, pelo acúmulo de sólidos sedimentados no fundo das lagoas, principalmente na lagoa anaeróbia.

Remoção de Nutrientes (N-Total, P, K, Ca e Mg)

Para Sezerino et al. (2007) e Whalen & 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 ($\text{NH}_4^+ + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^- + 2 \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$). 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 ($5 \text{CH}_3\text{COOH} + 8 \text{NO}_3^- \rightarrow 4 \text{N}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} + 10 \text{CO}_2 + 8 \text{OH}^-$).

Para o Nitrogênio Total a eficiência total de abatimento foi de 28,30% (Tabela 02). A maior parte foi removida na primeira lagoa Facultativa contribuindo com 16,21% e a segunda lagoa facultativa com 1,97%. O efluente da lagoa anaeróbia apresentou maior quantidade de Nitrogênio total (1456 mL^{-1}) (Tabela 01). Por se tratar de um ambiente basicamente anaeróbio se enquadra na afirmativa de Santos et al. (2007) de que a remoção biológica do Nitrogênio nessas condições, torna-se difícil e além disso, o eventual oxigênio disponível no meio é preferencialmente utilizado pelas bactérias heterotróficas facultativas para a oxidação da matéria orgânica como a DQO. Ainda de acordo com os autores, a maior remoção de N-Total no caso da lagoa anaeróbia se deve a processos como a volatilização da amônia e/ou a sedimentação do amônio com a fração particulada dos dejetos. O Nitrogênio Total presente nos dejetos líquidos está na forma de amônio (NH_4^+) e esse se transforma facilmente em amônia (NH_3) (ZORDAN et al., 2008), no entanto o mecanismo de remoção do amônio e transformação em amônia é dependente da temperatura, ou seja em temperaturas mais baixas o processo também é comprometido (MASCARENHAS et al., 2004). Uma vez que o trabalho foi realizado em uma região de clima temperado, presume-se essa explicação para os teores de Nitrogênio total presente no efluente tratado.

Durante a estocagem e distribuição dos dejetos líquidos de suínos ocorre a liberação de vários gases que poluem o meio ambiente tais como gás sulfídrico, amônia, óxido nitroso, gás carbônico, metano, etc (AITA et al., 2007). Atualmente, o óxido nitroso (N_2O) tem recebido maior atenção, principalmente por contribuir para o efeito estufa e para a destruição da camada de ozônio (GIACOMINI et al., 2006). O óxido nitroso do manejo de dejetos é produzido da combinação do processo de nitrificação e desnitrificação que ocorre no nitrogênio dos dejetos. A nitrificação ocorre aerobiamente e converte essa amônia em nitrato, enquanto a desnitrificação ocorre anaerobiamente, e converte o nitrato em óxido nitroso (ANGONESE et al., 2007). A emissão desse gás referente à produção de suínos representa parcela significativa da emissão total atribuída à agricultura nos grandes centros produtores. O potencial de aquecimento global do óxido nitroso é 310 vezes maior do que o potencial de aquecimento do CO_2 (IPCC, 1997). Nesse aspecto, o sistema de lagoas de estabilização em série não se mostra eficiente, uma vez que os gases oriundos dos processos que ocorrem nas lagoas são lançados diretamente na atmosfera, o que contribui diretamente para o aquecimento global.

A sedimentação dos fosfatos no sistema de lagoas de estabilização sofre influência significativa do pH. Unidades de pH entre 7 e 8 são ideais para que essa sedimentação ocorra, ao passo que valores de pH mais baixos desfavorecem o processo (PENG et al., 2007). O

Fósforo sofreu remoção de 63,46% pelo sistema estudado. As lagoas anaeróbia, primeira facultativa e segunda facultativa, apresentaram respectivamente 14,53; 45,83 e 21,09% de eficiência na remoção do nutriente (Tabela 02). O melhor desempenho da primeira lagoa facultativa se deu em função do maior valor de pH, que foi de 7,9 e a maior presença de algas em relação à lagoa anaeróbia. 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.

A remoção de potássio no sistema apresentou baixa eficiência (12,24%) (Tabela 02) corroborando com o observado por Zordan et al. (2008), que relatam baixa eficiência do sistema de lagoas de estabilização na remoção de potássio, que este, por estar dissolvido na parte líquida, não é retido nas partículas orgânicas dos dejetos que sedimentam no fundo das lagoas, com isso, as concentrações deste elemento na massa líquida são altas, não ocorrendo uma remoção significativa. Entretanto, Silva et al. (2003b) afirmam que sob a ótica ambiental, o potássio 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, sem prévia ou com simples desinfecção, e/ou à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas. Assim, não se observa a condicionante do limite máximo para uso ou despejo, ficando isenta a sua variação, concentração ou flutuação. Quanto ao reaproveitamento do efluente Gomes Filho et al. (2001) afirmam que quase todo o potássio presente nos dejetos líquidos suínos está na forma prontamente disponível para as plantas. E ainda salientam que dois terços do nitrogênio e um terço do fósforo também estão nessa forma.

O teor de cálcio foi abatido em 42,84%, sendo sua maior parte removida na segunda lagoa facultativa (20%) (Tabela 02). O sistema apresentou remoção de 74,95% do magnésio, a maior parte dessa remoção se deu na primeira lagoa facultativa. Para a remoção desse nutriente a segunda lagoa facultativa não apresentou resultados perceptíveis, uma vez que a sua remoção se deu apenas nas duas primeiras lagoas (Tabela 02). Os resultados obtidos para remoção de Cálcio e Magnésio vão a encontro das observações de Zordan et al. (2008) que observaram relativa eficiência do sistema de lagoas de estabilização na remoção desses nutrientes. Segundo Powell et al. (2008) e Peng et al. (2007) a remoção do cálcio e do magnésio, no sistema de lagoas de estabilização, pode estar associada à ligação e precipitação desses elementos com os fosfatos, em situações de valores de pH entre 7 e 8, o que explica a maior remoção desses nutrientes nas lagoas mais rasas (facultativas).

O sistema de tratamento de águas residuárias por meio de lagoas de estabilização em série, além da simplicidade, mostra-se eficiente, sobretudo reduzindo a carga orgânica, uma vez que cada lagoa apresenta características e funções distintas (CAMPOS et al., 2006), portanto cada lagoa apresenta diferentes desempenhos quanto à remoção de nutrientes, sólidos e abatimento de carga orgânica na forma de DBO e DQO.

Do ponto de vista agrônômico, o lançamento do efluente no curso de água seria uma incoerência em termos econômicos, pois o efluente poderia ser utilizado com fonte de nutrientes que poderiam ser adicionados ao solo para produção agrícola, assim como consideram Silva et al., (2003b). Os teores dos nutrientes N-Total, P, K, Ca e Mg no efluente tratado foram 1196; 83,6; 258; 163,2 e 12,38 g m⁻³ respectivamente. Permitindo afirmar que o efluente tratado possui características favoráveis a sua reutilização como fertilizante orgânico, podendo substituir em partes ao na totalidade a adubação química (SEDYAMA et al., 2008), além de benefícios que a matéria orgânica residual presente no efluente tratado pode proporcionar como melhorias na estrutura do solo aumentando a capacidade de retenção de umidade, infiltração da água da chuva, atividade microbiana, capacidade de troca de cátions (SCHEFFER-BASSO et al., 2008b; QUEIROZ et al., 2004a), entre vários outros benefícios que a matéria orgânica pode proporcionar aos sistemas agrícolas.

4. CONCLUSÕES

O sistema de lagoas de estabilização em série avaliado demonstrou ser eficiente na redução do potencial poluidor dos dejetos líquidos de suínos, para o propósito em questão, ou seja, o reuso como biofertilizante, com abatimento de 84,38% da DBO e 85,27% da DQO.

A maior parte da carga orgânica foi removida na lagoa anaeróbia.

Caso o destino final do efluente tratado fosse à disposição em recursos hídricos, o sistema avaliado necessitaria de complementação com sistemas de separação de fases e sistemas para depuração final, de maneira que o efluente tratado atendesse as condicionantes para esse meio de disposição.

O efluente final apresentou características favoráveis à sua reutilização como fertilizante orgânico.

Excetuando o potássio, o sistema permitiu remoção do excesso de nutrientes dos dejetos líquidos, possibilitando a utilização racional do efluente tratado na agricultura, sem causar impactos sobre o meio ambiente.

CAPÍTULO 03

ANÁLISE ENERGÉTICA EM SISTEMA DE PRODUÇÃO DE SUÍNOS COM APROVEITAMENTO DOS DEJETOS COMO BIOFERTILIZANTE EM PASTAGEM

1. INTRODUÇÃO

A crise energética do mundo atual reflete em vários aspectos da vida humana. A utilização irracional das fontes de energia não renováveis está contribuindo diretamente para a degradação do meio ambiente e conseqüente diminuição dos recursos naturais. O mesmo ocorre na produção agropecuária, devido à grande demanda por alimentos, implica-se em uma elevada utilização de máquinas e recursos não renováveis como combustíveis fósseis e fertilizantes, comprometendo a sustentabilidade dos agroecossistemas.

O estudo da energia empregada em sistemas agrícolas, seus fluxos, distribuição e conversão constituem importante instrumental para avaliação da sustentabilidade destes sistemas, principalmente considerando as crises no setor energético. Este procedimento possibilita a determinação dos processos, materiais e equipamentos de maior consumo energético, indicando opções de economia (TEIXEIRA et al., 2005; CAMPOS et al., 2003).

De acordo com Pracucho et al. (2007), considerando-se a importância crescente que sistemas de produção agrícolas mais sustentáveis vêm adquirindo, torna-se importante analisar a eficiência energética e econômica como mais um indicativo da sustentabilidade ambiental, particularmente pelo uso de fluxos de energia não renovável, e a sustentabilidade econômica, condição para a permanência dos produtores agrícolas na atividade.

O balanço energético visa estabelecer os fluxos de energia, identificando sua demanda total, a eficiência energética refletida pelo ganho líquido de energia e pela relação saída/entrada (energia produzida/energia empregada) e a energia necessária para produzir ou processar um quilograma de determinado produto (SIQUEIRA et al., 1999).

Os sistemas intensivos de produção agrícola têm causado sérios danos ambientais caracterizados, por um lado, pelo rápido esgotamento de recursos naturais e, por outro, pela poluição e/ou contaminação devido à excessiva liberação de componentes residuais no meio ambiente (ROMERO et al., 2008; KOSIOSKI & CIOCCA, 2000). Como todo processo de produção produz resíduos e todo resíduo armazena alguma energia, os sistemas de produção podem reverter esse resíduo em energia, baratear seu custo de produção e funcionar de forma energeticamente equilibrada (SANTOS & LUCAS JR., 2004).

Devido à expansão da atividade suinícola no país e ao aumento tecnológico da atividade, um grande volume de dejetos são gerados, os quais na maioria das vezes são lançados em rios e mananciais. Devido à adoção de sistemas confinados de produção de suínos, grandes quantidades de dejetos são produzidas (PEREIRA et al, 2008; BELLI FILHO et al., 2001; GOMES FILHO et al., 2001; OLIVEIRA, 1993).

A análise dos agroecossistemas sob a ótica de seus fluxos energéticos pode ser um instrumento para avaliação de balanço energético em sistemas de produção de suínos (ANGONESE et al., 2006), atuando como ferramenta auxiliar na avaliação da sustentabilidade.

Dessa forma o presente trabalho teve como objetivo estimar a quantidade de energia para produção de suínos em ciclo completo e o balanço energético do sistema com reaproveitamento dos resíduos gerados como biofertilizante em área de pastagem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um sistema de produção de suínos em ciclo completo com aproveitamento dos resíduos como biofertilizante em áreas de pastagens de *Brachiaria decumbens*, na Fazenda Campo Alegre localizada no município de Diamantina na região do Vale do Jequitinhonha, MG, situada a uma latitude de 18° 15' Sul e uma longitude de 43° 36' Oeste, com altitude de 1250 metros. O clima é classificado como Cwb (Köppen), temperado úmido, com inverno seco e chuvas no verão, com precipitação média anual de 1.400 mm.

Sistema de Produção de Suínos

A unidade de produção de suínos é definida por galpões construídos em blocos de concreto pré-moldados, divididos de acordo com as fases de produção, Gestação e Pré-Gestação, Maternidade, Creche, Crescimento e Terminação, perfazendo um total de 1200 m² de área interna das instalações. O telhado é construído de telhas de cimento amianto, suportada por pilares de concreto com estrutura de cobertura em tesouras de madeira e beiral de 0,7 m. Os dejetos são manejados na forma líquida e conduzidos por canaletas laterais tampadas com chapas de aço galvanizado, a fim de não receber águas pluviais que promoveriam o aumento do volume dos dejetos. A granja possui um plantel de 500 animais, dentre estes, estão 60 matrizes e 4 reprodutores.

Sistema de Tratamento dos Dejetos

O sistema utilizado para o tratamento dos dejetos é composto por três lagoas de estabilização em série, sendo a primeira anaeróbia e as duas subseqüentes facultativas. Foram dimensionadas em função da vazão diária de dejetos líquidos (5,7 m³) e do tempo de retenção hidráulica (TRH) (VON SPEARLING, 1996). A lagoa anaeróbia possui um TRH de 45 dias, dimensões externas de 23,50 x 8,00 m, dimensões internas de 19,5 x 4,00 m, profundidade de 2 m e um volume de 260 m³. A primeira lagoa facultativa opera com TRH de 35 dias, dimensões externas de 18,5 x 8,5 m, dimensões internas de 15,5 x 5,5, profundidade de 1,5 m

e volume de 175 m³. A segunda lagoa facultativa opera com TRH de 25 dias, dimensões externas de 13,00 x 8,5 m, dimensões internas de 10,00 x 5,5 m, profundidade de 1,5 m e volume de 120 m³. As lagoas foram impermeabilizadas com plástico de 200 µm e recebem os dejetos por gravidade através de tubulações de PVC.

Sistema de Produção de Pastagem

A propriedade possui uma área de 8 ha destinada à produção de *Brachiaria decumbens*, utilizando como prática de manutenção somente a aplicação de todo o biofertilizante advindo do sistema de tratamento dos efluentes da suinocultura na dosagem de 260 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, não havendo adubação química nem correção de acidez.

Matriz Energética

A delimitação do sistema estudado se deu pelas atividades relativas ao trato e manejo das matrizes e reprodutores e produção de suínos terminados para o abate, tratamento dos resíduos gerados pela atividade e aplicação do biofertilizante na área de pastagem.

O período de acompanhamento do sistema foi de fevereiro de 2006 a março de 2008 avaliando dados médios de 05 lotes ou ciclos, desde o nascimento dos leitões até a saída para o abate resultando em um período de 150 dias por ciclo.

Como energia direta, ou seja, a energia aplicada diretamente no sistema produtivo, considerou-se aquela relativa à ração, energia elétrica, combustíveis e dos insumos diretamente consumidos no sistema (BONNY, 1993). Como energia indireta, considerou-se aquela empregada na fabricação de equipamentos, construções e instalações, irrigação e outros *inputs* necessários a produção (CLEVELAND, 1995). Para o cálculo dessa última, foi utilizada a metodologia desenvolvida por DOERING III et al. (1977), a mesma adotada por vários autores (BEBER, 1989; COMITRE, 1995; CARVALHO & LUCAS JR. 2001; ZANINI et al., 2003; CAMPOS et al. 2005; ANGONESE et al., 2006;) e se baseia na depreciação energética, levando em consideração o tempo de utilização e a vida útil dos equipamentos.

Componentes e Coeficientes Energéticos e Conversão Energética

Ração: A quantidade de energia referente a ração para suínos foi estimada através do coeficiente energético de 17 MJ kg⁻¹, preconizado por Oetting (2002), relacionado com a quantidade média de ração consumida por Matrizes, Varrões e pelos leitões dos lotes acompanhados.

Combustíveis e Lubrificantes: Os coeficientes utilizados para óleo diesel, óleo lubrificante e graxa, foram os estabelecidos por Serra et al. (1979), e são respectivamente, 43,93 MJ L⁻¹, 43,908 MJ L⁻¹ e 49,224 MJ kg⁻¹.

Energia Elétrica: A composição energética relativa ao consumo de energia elétrica foi realizada pelo consumo médio diário pela granja em kWh no período avaliado e relacionou-se com o coeficiente energético de 13,11 MJ kWh⁻¹ (BRASIL, 2007).

Trabalho Humano: Considerou-se a energia advinda do trabalho realizado pelos funcionários efetivamente utilizada na produção de suínos e pastagem. Foi contabilizada a carga horária média por ciclo, multiplicando-se pelo coeficiente energético de 4,39 MJ hora⁻¹ homem⁻¹ (PIMENTEL, 1980).

Instalações: A composição energética da construção dos galpões foi estimada de acordo com a área ocupada pelas instalações e o coeficiente energético estabelecido para instalações suínícolas de 956,03 MJ m⁻² (ANGONESE, 2006).

Máquinas e Equipamentos: A metodologia utilizada foi baseada na depreciação energética, que a partir da massa das máquinas e equipamentos, consiste em depreciá-los ao longo de sua vida útil (DOERING III et al., 1977). O coeficiente adotado para equipamentos autopropelidos, como o trator foi de 69,83 MJ kg⁻¹, para o distribuidor de biofertilizante foi adotado o coeficiente de 57,20 MJ kg⁻¹ (MACÊDONIO & PICCHIONI, 1985) e para outros equipamentos relacionados ao sistema produtivo o coeficiente de 83,71 MJ kg⁻¹ (PIMENTEL, 1980).

Lagoas de Estabilização: A composição energética das lagoas de estabilização (Tabela 3) foi estimada a partir dos coeficientes energéticos dos seus componentes construtivos estabelecidos por diversos autores. Adotou-se a metodologia proposta por Doering III et al. (1977) considerando uma vida útil de 20 anos para as lagoas de estabilização (VON SPEARLING, 1996). Contabilizou-se também a energia direta empregada na construção das mesmas.

TABELA 3. Componentes de entradas energéticas referentes às lagoas de estabilização e seus respectivos coeficientes energéticos

Componente de Entrada	Coeficiente Energético	Unidades	Vida Útil
Energia Direta			
Trabalho humano ¹	4,39	MJ homem ⁻¹ h ⁻¹	
Óleo diesel ²	43,93	MJ L ⁻¹	
Óleo lubrificante ²	43,908	MJ L ⁻¹	
Graxa ²	49,224	MJ kg ⁻¹	
Energia Indireta			
Retroescavadeira CASE 580 M ³	57,2	MJ kg ⁻¹	10.000 horas
Caminhão 1113 ³	57,2	MJ kg ⁻¹	10.000 horas
Lona Plástica 200 µ ⁴	130	MJ kg ⁻¹	
Tubulações de PVC ¹	120	MJ kg ⁻¹	40 anos

¹PIMENTEL (1980); ²SERRA et al. (1979); ³MACEDÔNIO & PICCHIONI (1985);

⁴PELLIZZI (1992)

No estudo realizado não foram incluídos insumos energéticos relativos a matrizes e varrões pelo fato do sistema já se encontrar estabilizado. Também não foi computada a energia relativa à implantação da pastagem de *Brachiaria decumbens*, por ser uma pastagem já implantada por longo período de tempo, assumindo representação insignificante no aporte de energia.

Foi considerada como energia útil aquela disponível na forma de suínos para o abate assumindo $9,21 \text{ MJ kg}^{-1}$ de peso vivo (COMITRE, 1995; QUESADA, 1987) e a energia passível de recuperação na forma de *Brachiaria decumbens* fertilizada com o efluente das lagoas de estabilização, assumindo valor de coeficiente energético de $8,0 \text{ MJ kg}^{-1}$ de matéria seca (PELLIZZE, 1992).

A produção média por ciclo foi de 200 leitões com o peso médio de 100 kg, totalizando 20.000 kg de suínos para abate.

A produção da pastagem foi mensurada utilizando metodologia adotada por Oliveira (2006), avaliando a quantidade total de matéria seca produzida no período avaliado (fevereiro de 2006 a março de 2008) dividida pelos 05 ciclos observados durante esse período. A produção média de pastagem de *Brachiaria decumbens* por período de 150 dias foi de $2,3 \text{ t ha}^{-1}$ de matéria seca, chegando ao valor médio de 18,4 t de matéria seca da pastagem nos 08 ha.

Coefficiente de Eficiência Energética

O coeficiente de eficiência energética (η) foi estimado através da razão entre a energia convertida e a energia consumida pelo agroecossistema (QUESADA, 1991), segundo a equação (1):

$$\eta = \frac{\sum E \text{ Convertida}}{\sum E \text{ Entrada}} \quad (1)$$

Onde:

$\sum E \text{ Convertida} = \sum$ das energias convertidas no processo de produção

$\sum E \text{ Entrada} = \sum$ das energias direta e indireta consumida no processo de produção

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 4 apresenta a média dos componentes relativos à entrada de energia e quantidade utilizada de cada *input* no período avaliado.

TABELA 4. Quantificação média dos componentes energéticos envolvidos no sistema de produção de um lote de suínos (150 dias) e aproveitamento do biofertilizante em área de pastagem

Componente de Entrada	Quantidade
Energia Direta	
Ração	49.500 kg
Óleo diesel	2.223 L
Óleo lubrificante	54,72 L
Graxa	13,68 kg
Energia elétrica	7.500 kWh
Trabalho humano	1.800 horas
Energia Indireta	
Instalações	1.200 m ²
Trator 50 cv	1 unidade
Distribuidor de Biofertilizante	1 unidade
Outros equipamentos ¹	-
Lagoas de estabilização	3 unidades

¹Refere-se a pequenos utensílios utilizados no cotidiano da granja

Encontra-se na Tabela 5 as máquinas, implementos e equipamentos utilizados no sistema de produção estudado, o consumo de combustível e tempo de utilização. O peso, consumo de óleo diesel, óleo lubrificante e graxa dos itens foram estimados a partir do manual das máquinas e equipamentos.

TABELA 5. Máquinas, implementos e equipamentos utilizados no sistema de produção de suínos e pastagem: consumo médio de combustível e tempo de utilização por ciclo de 150 dias

Item	Peso (kg)	Consumo			Tempo de utilização (horas)	Vida útil (horas)
		Diesel (L)	Lubrificante (L)	Graxa (kg)		
Trator 50 cv	2.200	2.223	54,72	10,68	342	10.000
Distribuidor de biofertilizante	1.300	-	-	3,0	342	10.000
Outros equipamentos ¹	46	-	-	-	1.800	262.800

¹ Refere-se a pequenos utensílios utilizados no cotidiano da granja

A Tabela 6 apresenta as máquinas utilizadas no processo de construção das lagoas de estabilização, com seus respectivos pesos, vida útil, horas de utilização e consumo de combustíveis e lubrificantes. O peso, consumo de óleo diesel, óleo lubrificante e graxa dos itens foram estimados a partir do manual das máquinas.

TABELA 6. Máquinas utilizadas na construção das lagoas de estabilização: consumo de combustível e tempo de utilização

Item	Peso (kg)	Consumo			Tempo de utilização (horas)	Vida útil (horas)
		Diesel (L)	Lubrificante (L)	Graxa (kg)		
Retroescavadeira CASE 580 M	6.522	308	11,2	7	56	10.000
Caminhão 1113	6.620	492	8,0	3	30	10.000

Não foram encontrados na literatura coeficientes energéticos referentes a lagoas de estabilização em série. Dessa forma, a composição energética referente a esta entrada foi determinada a partir dos coeficientes energéticos dos materiais empregados no processo construtivo e da energia direta empregada na construção das mesmas como apresenta a Tabela 7.

TABELA 7. Quantificação dos componentes energéticos envolvidos na construção das lagoas de Estabilização

Componente de Entrada	Quantidade
Energia Direta	
Trabalho humano	216 horas
Óleo diesel	800 L
Óleo lubrificante	19,2 L
Graxa	10 kg
Energia Indireta	
Retroescavadeira CASE 580 M	1 unidade
Caminhão 1113	1 unidade
Lona Plástica 200 mµ	126 kg
Tubulações de PVC	90 kg

A Tabela 8 sintetiza toda a energia empregada no sistema produtivo. Observou-se o maior consumo na categoria direta, contribuindo com 98,25% do total de entradas de energia, ao passo que a energia indireta assumiu uma pequena participação de 1,75% do total de entradas.

Analisando-se também o consumo de energia nas diversas categorias, destaca-se a preponderância do aporte de energia referente à ração utilizada na alimentação dos animais que correspondeu a 80,26% do total de energia direta empregada no sistema. Esses valores corroboram com aqueles encontrados por outros autores como Santos & Lucas Jr. (2004) que trabalhando com balanço de energia em galpão de frangos de corte observaram que a ração compôs 86,5 % do total de energia direta. Angonese et al. (2006), em trabalho com suínos em terminação apontaram a ração como o componente de maior aporte de energia no processo

(95,28% do total de energia direta). Carvalho & Lucas Jr. (2001), em trabalho de balanço energético em granjas de postura observaram que a ração para as aves, foi responsável por 84,70% da energia consumida pelo sistema, também sendo o componente de maior aporte de energia.

TABELA 8. Consumo médio de energia direta e indireta no sistema de produção de suínos e pastagem para um período de 150 dias

Entradas de energia	Consumo de Energia (MJ)	Consumo de Energia (%)
Energia direta	1.048.459,42	98,25
Ração	841.500,00	80,26
Combustíveis e Lubrificantes	100.732,42	9,61
Energia Elétrica	98.325,00	9,38
Trabalho Humano	7.902,00	0,75
Energia indireta	18.646,65	1,75
Instalações	9.429,33	50,56
Máquinas e Equipamentos	7.823,50	41,97
Lagoas de Estabilização	1.393,92	7,47
Total Entradas	1.067.106,07	100,00

Outros itens relacionados à energia direta empregada no sistema como, combustíveis e lubrificantes e trabalho humano, apresentaram valores baixos, contribuindo pouco para a composição energética, sendo que os combustíveis e lubrificantes representaram 9,61% (100.732,42 MJ), contrastando com os valores obtidos por autores como Zanini et al. (2003), Campos et al. (2004) e Campos et al. (2005) que trabalhando com culturas forrageiras observaram que os combustíveis e lubrificantes apresentaram respectivamente 47,74; 59,61 e 75,05% do consumo total de energia, assumindo maior contribuição no aporte de energia direta dos sistemas estudados.

O trabalho humano apresentou uma pequena parcela de 0,75% (7.902,00 MJ) do total da energia direta, mostrando que a atividade tem uma dependência mínima de trabalho humano quando comparado com as demais entradas de energia direta, o que vai de acordo com o observado por diversos autores (ROMERO et al., 2008; PRACUCHO et al., 2007; ANGONESE et al., 2006; CAMPOS et al., 2005; SANTOS & LUCAS JR., 2004) que trabalhando com análise energética nos agroecossistemas atuais observaram que o trabalho humano apresenta uma pequena porcentagem no aporte de energia.

A energia elétrica apresentou um valor de 9,38% (98.325,00 MJ) da energia direta e um valor de 491 kWh para produzir um suíno terminado correspondendo a 4,91 kWh kg⁻¹ de suíno. Turco et al. (2002) observaram um valor médio de 0,1598 kWh para produzir uma ave de corte. Tendo em vista que o frango pesa em média 2,584 kg na fase de abate, conforme informam Rodrigues et al. (2008), perfazendo-se um valor de 0,62 kWh kg⁻¹ de frango. Esses valores demonstram, nesse caso específico, uma maior dependência da energia elétrica pela

suinocultura em ciclo completo, onde na fase de maternidade emprega-se o calor e este é oriundo de lâmpadas elétricas em maior número e potência.

A energia indireta consumida durante o acompanhamento do sistema foi 18.646,65 MJ, sendo que o percentual empregado nas instalações foi próximo ao observado por Angonese et al. (2006) que apontaram um valor de 55% para as construções, o maior entre os componentes de energia indireta. Neste estudo o valor foi de 50,56% (9.429,33 MJ) da energia indireta, seguido pelas máquinas e equipamentos com 41,97% (7.823,50 MJ) e pelas lagoas de estabilização que contribuíram com 7,47% (1.393,92 MJ) e apresentaram coeficiente energético de 2,51 MJ m⁻³ de lagoa construída.

Consolidação do balanço energético

A Tabela 9 apresenta de forma sintética, todas as entradas e saídas de energia, na forma direta e indireta e a eficiência energética do sistema estudado.

TABELA 9. Análise energética média dos componentes da relação Entrada/Saída para o ciclo de produção de suínos e aproveitamento do biofertilizante

Fontes de Entrada/Saída	Quantidade (MJ)
Entrada ("Inputs")	
Energia direta total	1.048.459,42
Energia indireta total	18.646,65
Total Entradas	1.067.106,07
Saídas ("Outputs")	
Suínos	184.200
<i>Brachiaria decumbens</i>	147.200
Total Saídas	331.400
Balanço Energético	- 735.706,07
Eficiência energética	0,31

Considerando-se o total de energia que é convertida no sistema, a energia relativa à saída, na forma de suínos terminados, foi a mais relevante, representando 55,58% (184.200 MJ) das saídas de energia, corroborando com o valor encontrado por Angonese et al. (2006) que em trabalho de balanço de energia com tratamento dos resíduos em biodigestor, observou que os suínos para o abate corresponderam a 56,8% das saídas de energia, seguido pela produção de biofertilizante (30,2%) e pelo biogás (13%) oriundo da biodigestão anaeróbia. Contudo os autores não avaliaram a contribuição dos resíduos da suinocultura para a produção vegetal, como feito no presente trabalho.

A pastagem de *Brachiaria decumbens* assumiu um valor de 44,42% (147.200 MJ) do total de energia de saída (*Outputs*) o que demonstra que o agroecossistema vai de acordo com o proposto por Drumond et al. (2006), que afirmam que a aplicação de águas residuárias da suinocultura como biofertilizante tem apresentado resultados evidenciando que devem ser utilizados como insumo útil e econômico na produção agropecuária.

O coeficiente de eficiência energética obtido neste trabalho aponta um melhor nível de sustentabilidade, se comparado ao coeficiente de eficiência energética de 0,06 obtido por Quesada et al. (1987) em sistema de produção de suínos em ciclo completo e também acima do coeficiente de 0,28 obtido por Santos & Lucas Jr. (2004) trabalhando com frangos de corte.

Quando associado o resíduo da cadeia suinícola como insumo na cadeia produtiva de pastagem de *Brachiaria decumbens*, nesse caso específico, obteve-se o coeficiente de eficiência energética de 0,31, bem próximo ao observado por Angonese et al. (2006) que, trabalhando em sistema integrando suinocultura com tratamento dos resíduos em biodigestor, com produção de biofertilizante, obtiveram um valor de 0,38.

Beber (1989) e Quesada et al. (1987) afirmam que valores de coeficiente de eficiência energética (η) menores que 1, demonstram que o sistema importa, grande quantidade de energia consumida no processo produtivo, o que é uma característica de sistemas altamente tecnificados, como no caso da suinocultura moderna.

4. CONCLUSÕES

A quantidade média de energia requerida para produzir 1 kg de suíno vivo, no sistema estudado foi de 53,35 MJ.

O componente energético mais expressivo no sistema foi o relativo à ração correspondendo a 80,26% do total de energia direta.

Nas saídas de energia do sistema o componente energético relativo a suínos assumiu um valor de 184.200 MJ, correspondendo a 55,58%.

De toda energia envolvida no agroecossistema estudado, 76,03% se refere à energia que entra no sistema e 23,76% corresponde à energia de saída resultando em um coeficiente de eficiência energética de 0,31 (31%).

A produção de pastagem de *Brachiaria decumbens* assumiu um valor energético considerável (44,42% da energia que sai do sistema), apontando que a utilização dos resíduos da cadeia suinícola promoveu renovação de energia, reduzindo os impactos ambientais e minimizando a importação de energia.

CONCLUSÃO GERAL

O tratamento dos dejetos líquidos de suínos através do sistema de lagoas de estabilização em série mostrou-se eficiente na remoção da carga orgânica e do excesso de nutrientes, reduzindo a contaminação dos recursos naturais. O efluente tratado apresentou características favoráveis ao seu reaproveitamento como biofertilizante, podendo substituir em parte ou na totalidade a adubação química. Além disso, o reaproveitamento agrícola do efluente tratado promoveu o resgate de parte da energia empregada no processo produtivo, reduzindo a importação da mesma, fazendo com que o agroecossistema funcione de forma energeticamente equilibrada indicando opções de economia e de manutenção do equilíbrio ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADELI, A.; VARCO, J.J.; SISTANI, K.R.; ROWE, D.E. Effects os swine lagoon effluent relative to commercial fertilizer applications on warm-season forage nutritive value. **Agronomy Journal**, Madison, v.97, n.2, p.408-417, 2005.

AGUIAR NETO, A.O.; SANTOS, D.; MOREIRA, F.D. Caminho da gestão de recursos hídricos: o caso da sub-bacia hidrográfica do riacho Jacaré, baixo São Francisco sergipano. **Irriga**, Botucatu, v.13, n.1, p.12-25, 2008.

AITA, C.; GIACOMINI, S.J.; HÜBNER, A.P. Nitrificação do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos em solo sob sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.1, p.95-102, 2007.

ALONSO, E.; VILLAR, P.; SANTOS, A.; APARICIO, I. Fractionation of heavy metals in sludge from anaerobic wastewater stabilization ponds in southern Spain. **Waste Management**, Oxford, v.26, n.11, p.1270-1276, 2006.

ANDRADA, J.G.B.; SANTOS, P.S.; VON SPERLING, M. Tratamento de esgoto simplificado, possibilitando atendimento a diversos critérios para reúso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.4 (Suplemento), p.112-117, 2005.

ANGONESE, A.R.; CAMPOS, A.T.; WELTER, R.A. Potencial de redução de emissão de equivalente de carbono de uma unidade suinícola com biodigestor. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.648-657, 2007.

ANGONESE, A.R.; CAMPOS, A.T.; ZACARKIM, C.E.; MATSUO, M.S.; CUNHA, F. Eficiência energética de sistema de produção de suínos com tratamento dos resíduos em biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.3, p.745-750, 2006.

APHA/AWWA/WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 20. ed. Washington: APHA, 1998.

ARAÚJO, E.N.; OLIVEIRA, A.P.; CAVALCANTE, L.F.; PEREIRA, W.E.; BRITO, N.M.; NEVES, C.M.L.; SILVA, É.É. Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.5, p.466-470, 2007.

ASSIS, F.O.; MURATURI, A.M. Poluição hídrica por dejetos de suínos: um estudo de caso na área rural do município de Quilombo, Santa Catarina. **Revista Eletrônica Geografar**, Curitiba, v.2, n.1, p.42-59, 2007.

ASSMANN, T.S.; ASSMANN, J.M.; CASSOL, L.C.; DIHL, R.C.; MANTELI, C.; MAGIERO, E.C. Desempenho da mistura forrageira de aveia-pretamais azevém e atributos químicos do solo em função da aplicação de esterco líquido de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.6, p.1515-1523, 2007.

BALL COELHO, B.R.; ROY, R.C.; BRUIN, A.J. Optimization of liquid swine manure sidedress rate and method for grain corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.97, n.5, p.1322-1332, 2005.

BARNABÉ, M.C.; ROSA, B.; LOPES, E.L.; ROCHA, G.P.; FREITAS, K.R.; PINHEIRO, E.P. Produção e composição químico-bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu adubada com dejetos líquidos de suínos. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.8, n.3, p.435-446, 2007.

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.

BARROS, F.M.; MARTINEZ, M. A.; MATOS, A. T.; NEVES, J. C. L.; SILVA, D. D. Nitrogênio orgânico mineralizável em solo tratado com água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.09, (suplemento), p.146-149, 2005.

BAUMGARTNER, D.; SAMPAIO, S.C.; SILVA, T.R.; 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, 2007.

BEBER, J.A.C. **Eficiência energética e processos de produção em pequenas propriedades rurais, Agudo - RS**. 1989. 295 f. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1989.

BELLI FILHO, P.; SILVA, G.P.; SANTO, C.L.; LISBOA, H.M.; CARMO JÚNIOR, G.N. Avaliação de impactos de odores em bacias hidrográficas de produção de suínos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.12, n.3, p.252-258, 2007.

BELLI FILHO, P.; CASTILHOS JR., A. B.; COSTA, R. H. R.; SOARES, S. R.; PERDOMO, C. C. Tecnologias para o tratamento de dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.166-170, 2001.

BOSCO, T. C. D.; IOST, C.; SILVA, L. N.; CARNELLOSI, C. F.; EBERT, D. C.; SCHREINER, J. S.; SAMPAIO, S. C. Utilização de água residuária de suinocultura em propriedade agrícola – estudo de caso. **Irriga**, Botucatu, v.13, n.1, p.139-144, 2008.

BONNY, S. Is agriculture using more and more energy ? A French case study. **Agricultural Systems**, Kidlington, v.43, n.1, p.51-66, 1993.

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

BRANDÃO, V. S.; MATOS, A. T.; FONTES, M. P. F.; MARTINEZ, M. A. Retenção de poluentes em filtros orgânicos operando com águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.329-334, 2003.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco energético nacional**. Brasília, 2007. 192p.

BUELNA, G.; DUBÉ, R.; TURGEON, N. Pig manure treatment by organic bed biofiltration. **Desalination**, Amsterdam, v.231, n.1-3, p.297-304, 2008.

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

CAMPOS, A. T.; SAGLIETTI, J. R. C.; BUENO, O. C.; CAMPOS, A. T.; KLOSOWSKI, E. S.; GASPARINO, E. Balanço energético na produção de feno de alfafa em sistema intensivo de produção de leite. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n.1, p.245-251, 2004.

CAMPOS, A. T.; SAGLIETTI, J. R. C.; CAMPOS, A. T.; BUENO, O. C. Análise energética na produção de feno de *Cynodon dactylon* (L.) Pers. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.2, p.349-358, 2005.

CAMPOS, A. T.; SAGLIETTI, J. R. C.; CAMPOS, A. T.; BUENO, O. C.; RESENDE, H.; GASPARINO, E.; KLOSOWSKI, E. S. Custo energético de construção de uma instalação para armazenagem de feno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.4, p.667-672, 2003.

CARMO, F. R.; CAMPOS, C. M. M.; BOTELHO, C. G.; COSTA, C. C. Uso de lagoa aerada facultativa como polimento do reator anaeróbico de manta de lodo UASB no tratamento de dejetos de suínos em escala laboratorial. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.3, p.600-607, 2004.

CARVALHO, S. M. R. & LUCAS JÚNIOR, F. Balanço energético e potencial de produção de biogás em granja de postura comercial na região de Marília, SP. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.16, n.1, p.40-61, 2001.

CERETTA, C.A.; DURIGON, R.; BASSO, C.J.; BARCELLOS, L.A.R.; VIEIRA, F.C.B. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.6, p.729-735, 2003.

CHEN, Y. & CHENG, J.J. Anaerobic processes in waste treatment. **Water Environment Research**, Alexandria, v.77, n.3, p.1347-1388, 2005.

CHENG, J.; SHEARIN, T.E.; PEET, M.M.; WILLITS, D.H. Utilization of treated swine wastewater for greenhouse tomato production. **Water Science and Technology**, London, v.50, n.2, p.77-82, 2004.

CHIUMENTI, A.; BORSO, F.D.; RODAR, T.; CHIUMENTI, R. Swine manure composting by means of experimental turning equipment. **Wast Management**, Oxford, v.26, n.11, p.1774-1782, 2007.

CLEVELAND, C.J. The direct and indirect use of fossil fuels and electricity in USA agriculture, 1910-1990. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.55, n.2, p.111-21, 1995.

COMITRE, V. A. questão energética e o padrão tecnológico da agricultura brasileira. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.25, n.12, p.29-35, 1995.

COSTA, O.P. & LOLLO, J.A. Comportamento contrátil de barreiras selantes de solo estabilizado para base de lagoas de tratamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.1, p.115-120, 2007.

COSTA, R.H.R. & MEDRI, W. Modelling and optimisation of stabilization ponds system for the treatment of swine wastes: organic matter evaluation. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.45, n.3, p.385-392, 2002.

COSTA, R.H.R.; MEDRI, W.; PERDOMO, C.C. High-rate pond treatment of piggery wastes. **Water Science and Technology**, London, v.42, n.10-11, p.357-362, 2000.

CRUZ, M.C.M.; RAMOS, J.D.; OLIVEIRA, D.L.; MARQUES, V.B.; HAFLE, O.M. Utilização da água residuária da suinocultura na produção de mudas de maracujazeiro-azedo cv redondo amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.04, p.1107-1112, 2008.

DAMBREVILLE, C.; MORVAN, T.; GERMON, J.C. N₂O emission in maize-crops fertilized with pig slurry, matured pig manure or ammonium nitrate in Brittany. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.123, n.1-3, p.201-210, 2008.

DOERING III, O.C.; CONSIDINE, T.J.; HARLING, C.E. **Accounting for tillage equipment and other machinery in agricultural energy analysis**. West Lafayette: Purdue University, 1977. 4 p. (Agr. Exp.Sta. NSF/RA - 770128).

DRUMOND, L.C.D.; ZANINI, J.R.; AGUIAR, A.P.A.; RODRIGUES, G.P.; FERNANDES, A.L.T. Produção de matéria seca em pastagem de Tifton 85 irrigada, com diferentes doses de dejetos líquidos de suínos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.426-433, 2006.

ESTRADA, V.E.E. & HERNÁNDEZ, D.E.A. Treatment of piggery waste in waste stabilization ponds. **Water Science and Technology**, London, v.45, n.01, p.55-60, 2002.

FACTOR, T.L.; ARAÚJO, J.A.C.; VILELLA JÚNIOR, L.V.E. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.2, p.143-149, 2008.

FERNANDES, G.R.F.; & OLIVEIRA, R.A. Desempenho de processo anaeróbio em dois estágios (reator compartimentado seguido de reator UASB) para tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.243-256, 2006.

FONSECA, S.P.P.; SOARES, A.A.; MATOS, A.T.; PEREIRA, O.G. Avaliação do valor nutritivo e contaminação fecal do capim coastcross cultivado nas faixas de tratamento de esgoto doméstico pelo método do escoamento superficial. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.21, n.3, p.293-301, 2001.

FREITAS, W.S.; OLIVEIRA, R.A.; PINTO, F.A.; CECOM, P.R.; GALVÃO, J.C.C. Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura sobre a produção do milho para silagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.1, p.120-125, 2004.

FUKUMOTO, Y. & HAGA, K. Advanced treatment of swine wastewater by electro dialysis with a tubular ion exchange membrane. **Animal Science Journal**, Tokyo, v.75, n.5, p.479-485, 2004.

GARTNER, I.R.; GAMA, M.L.S. Avaliação multicriterial dos impactos ambientais da suinocultura no Distrito Federal: um estudo de caso. **Organizações Rurais Agroindustriais**, Lavras, v.7, n.2, p.148-161, 2005.

GIACOMINI, S.J. & AITA, C. Cama sobreposta e dejetos líquidos de suínos como fonte de Nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.1, p.195-205, 2008.

GIACOMINI, S.J.; JANTALIA, C.P.; AITA, C.; URQUIAGA, S.S.; ALVES, B.J.R. Emissão de óxido nitroso com a aplicação de dejetos líquidos de suínos em solo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.11, p.1653-1661, 2006.

GIL, M.V.; CARBALLO, M.T.; CALVO, L.F. Fertilization of maize with compost from cattle manure supplemented with additional mineral nutrients. **Waste Management**, Oxford, v.28, n.8, p. 1432-1440, 2008.

GOMES FILHO, R.R.; MATOS, A.T.; SILVA, D.D.; MARTINEZ, H.E.P. Remoção de carga orgânica e produtividade da aveia forrageira em cultivo hidropônico com águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.131-134, 2001.

GONÇALVES JÚNIOR, A.C.; LINDINO, C.A.; ROSA, M.F.; BARICCATTI, R.; GOMES, G.D. Remoção de metais pesados tóxicos Cádmio, Chumbo e Cromo em biofertilizante suíno utilizando macrófita aquática (*Eichornia crassipes*) como bioindicador. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v.30, n.1, p.9-14, 2008.

GONÇALVES, R.A.B.; MANTOVANI, E.C.; RAMOS, M.M.; SOUZA, L.O.C. Diagnóstico da aplicação de águas residuárias da suinocultura na cafeicultura irrigada I. Qualidade da água. **Irriga**, Botucatu, v.11, n.2, p.219-229, 2006.

GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, C.; NIETO-DIEZ, P.P.; LEÓN-COFRECES, C.; GARCÍA-ENCINA, P.A. Solids and nutrients removals from the liquid fraction of swine slurry through screening and flocculation treatment and influence of these processes on anaerobic biodegradability. **Bioresource Technology**, Oxford, v.99, n.14, p.6233-6239, 2008.

HANAJIMA, D.; KURODA, K.; FUKUMOTO, Y.; YASUDA, T.; SUZUKI, K.; HAGA, K. Effect of aeration in reducing phytotoxicity in anaerobic digestion liquor of swine manure. **Animal Science Journal**, Tokyo, v.78, n.4, p.433-439, 2007.

HURSE, T.J. & CONNOR, M.A. Nitrogen removal from wastewater treatment lagoons. **Water Science and Technology**, Oxford, v.39, n.6, p.191-198, 1999.

HUSSAR, G.J.; PARADELA, A.L.; BASTOS, M.C.; REIS, T.K.B.; JONAS, T.C.; SERRA, W.; GOMES, J.P. Efeito do uso do efluente de reator anaeróbico compartimentado na fertirrigação da beterraba. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v.2, n.1, p.35-45, 2005.

HUSSAR, G.J.; PARADELA, A.L.; BASTOS, M.C.; REIS, T.K.B.; JONAS, T.C.; SERRA, W.; GOMES, J.P. Efeito do uso do efluente de reator anaeróbio compartimentado na fertirrigação da cenoura. **Revista Ecosistema**, Espírito Santo do Pinhal, v.28, n.1-2, p.09-15, 2003.

HUSSAR, G.J.; PARADELA, A.L.; SERRA, W.; JONAS, T.C.; GOMES, J.P. Efeito do uso do efluente de reator anaeróbio compartimentado na fertirrigação da couve. **Revista Ecosistema**, Espírito Santo do Pinhal, v.29, n.1, p.65-72, 2004.

IAMAMOTO, C.Y.; OLIVEIRA, R.A.; LUCAS JÚNIOR, J. Alcalinidade como medida de monitoramento do desempenho de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB), tratando águas residuárias de suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.22, n.1, p.118-126, 2002.

IPCC. INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero**, versión revisada em 1996. Reino Unido: IPCC WGI Technical Support Unit, 1997.

JASPER, S.P.; BIAGGIONI, M.A.M.; LOPES, A.B.C. Análise de custo de dois sistemas naturais de tratamento de água residuária na suinocultura. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.22, n.1, p.112-124, 2007.

KOZIOSKI, G.V. & CIOCCA, M.L.S. Energia e sustentabilidade em agroecossistemas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.4, p.737-745, 2000.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v.22, n.3, p.651-665, 2005.

LEITE, V.D.; ATHAYDE JÚNIOR, G.B.; SOUSA, J.T.; LOPES, W.S.; PRASAD, S.; SILVA, S.A. Tratamento em águas residuárias em lagoas de estabilização para aplicação na fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, (Suplemento), p.71-75, 2005.

LI, Y.S.; ROBIN, P.; CLUZEAU, D.; BOUCHÉ, M.; QIU, J.P.; LAPLANCHE, A.; HASSOUNA, M.; MORAND, P.; DAPPELO, C.; CALLAREC, J. Vermifiltration as a stage in reuse swine wastewater: monitoring methodology on a experimental farm. **Ecological Engineering**, Amsterdam, v.32, n.4, p.317-327, 2008.

LORIA, E.R.; SAWYER, J.E.; BARKER, D.W.; LUNDEVALL, J.P.; LORIMOR, J.C. Use of anerobically digested swine manure as nitrogen source in corn production. **Agronomy Journal**, Madison, v.99, n.4, p. 1119-1129, 2007.

LUO, A.; ZHU, J.; NDEGWA, P.M. Removal of Carbon, Nitrogen, and Phosphorus in pig manure by continuous and intermittent aeration at low redox potentials. **Biosystems Engineering**, Silsoe, v.82, n.2, p.209-215, 2002.

MACEDÔNIO, A.C.; PICCHIONI, S.A. **Metodologia para o cálculo do consumo de energia fóssil no processo de produção agropecuária**. Curitiba: Secretaria de Estado da Agricultura, 1985. v.1, 95 p.

MAGALHÃES, M.A.; MATOS, A.T.; DENÍCULE, W.; TINOCO, I.F.F. Operação de filtros orgânicos utilizados no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.2, p.472-478, 2006.

MAGALHÃES, M. A.; MATOS, A. T.; DENÍCULI, W.; AZEVEDO, R. F. Influência da compressão no desempenho de filtros orgânicos para tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.13, n.1, p.26-32, 2005.

MARCATO, S. M. & LIMA, G. J. M. M. Efeito da restrição alimentar como redutor do poder poluente dos dejetos suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.3, p.855-863, 2005.

MASCARENHAS, L.C.A.; VON SPERLING, M.; CHERNICHARO, C.A.L. Avaliação do desempenho de lagoas de polimento rasas, em série, para o pós tratamento de reator UASB. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.9, n.1, p.45-54, 2004.

MCANDREWS, G.M.; LIEBMAN, M.; CAMBARDELLA, C.A.; RICHARDT, L. Residual effects of composted and fresh solid swine (*Sus scrofa* L.) manure on Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] growth and yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.98, n.4, p.873-882, 2006.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. Uso de água de origem urbana no cultivo de gérberas: efeito nos componentes de produção. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.2, n.2, p.569-578, 2007a.

MEDEIROS, L.T.; REZENDE, A.V.; VIEIRA, P.F.; CUNHA NETO, F.R.; VALERIANO, A.R.; CASALI, A.O.; GASTALDELLO JÚNIOR, A.L. Produção e qualidade da forragem de capim-marandu fertirrigada com dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.2, p.309-318, 2007b.

MEDRI, W.; COSTA, R.H.R. A model cost estimation of sistem for piggery wastes treatment ponds – a case study. **Pesquisa Operacional**, São José dos Campos, v.23, n.3, p.463-473, 2003.

MEDRI, W.; COSTA, R.H.R.; MEDRI, V.; BELLI FILHO, P. Stabilization ponds systems: cost estimation for the treatment of piggery waste. **Transactions of The ASABE**, St. Joseph, v.50, n.4, p.1409-1414, 2007.

MEDRI, W.; COSTA, R.H.R.; MEDRI, V. Avaliação de dois sistemas de lagoas de estabilização do Samae de Ibiporã. **Revista Técnica da Sanepar**, Curitiba, v.24, n.24, p.38-45, 2006.

MEDRI, W. & MEDRI, V. Otimização de sistemas de lagoas de estabilização para tratamento de dejetos suínos. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v.25, n.2, p.203-212, 2004.

MERTEN, G.H. & MINELLA, J.P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v.3, n.4, p.33-38, 2002.

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.

MORAES, L. M. & PAULA JR., D. R. Avaliação da biodegradabilidade anaeróbia de resíduos da bovinocultura e suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.445-454, 2004.

NOGUEIRA, C.C.P. & SILVA, I.J.O. Aplicação de águas residuárias da suinocultura na irrigação. **Thesis**, São Paulo, v.6, n.2, p.18-29, 2006.

NONES, K.; LIMA, G.J.M.M.; BELLAVAR, C.; RUTZ, F. Formulação de dietas, desempenho e qualidade da carcaça produção e composição de dejetos suínos. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.59, n.4, p.645-644, 2002.

OETTING, L. L. **Avaliação de diferentes marcadores para a determinação da digestibilidade e taxa de passagem do alimento em suínos**. 2002. 59f. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

OLIVEIRA, P. A. V. Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos. EMBRAPA Centro Nacional Suínos e Aves, Concórdia, 1993. 188p. **Documentos n.27**.

OLIVEIRA, R.A.; CAMPELO, P.L.G.; MATOS, A.T.; MARTINEZ, M.A.; CECOM, P.R. Influência da aplicação de águas residuárias de suinocultura na capacidade de infiltração de solo pdzólico vermelho amarelo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.2, p.263-267, 2000a.

OLIVEIRA, R.A.; DENÍCULI, W.; ITABORAHY, C.R.; CECOM, P.R. Redução da demanda bioquímica de oxigênio de águas residuárias da suinocultura com o emprego da macrófita aquática. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.1, p.81-86, 2000b.

OLIVEIRA, R.A.; FREITAS, W.S.; GALVÃO, J.C.C.; PINTO, F.A.; CECOM, P.R. Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura nas características nutricionais do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.3, n.3, p.357-369, 2004.

OLIVEIRA, R.A. & FOREST, E. Balanço de massa de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) tratando águas residuárias de suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.807-820, 2004.

OLIVEIRA, V.; FIALHO, E.T.; LIMA, J.A.F.; BERTECHINI, A.G.; FREITAS, R.T.F. Teor de proteínas no metabolismo do nitrogênio e da energia em suínos durante o crescimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.4, p.866-874, 2005.

OLIVEIRA, W. **Uso de água residuária da suinocultura em pastagens da *Brachiaria decumbens* e grama estrela *Cynodom plectostachyum***. 2006. 104 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

PARKIN, T.B.; KASPAR, T.C.; SINGER, J.W. Cover crop effect on the fate of N following soil application of swine manure. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.289, n.1, p.141-152, 2006.

PELLIZZI, G. Use of energy and labour in Italian agriculture. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Silsoe, v.52, n.2, p.111-119, 1992.

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.

PEREIRA, B. D.; MAIA, J. C. S.; CAMILOT, R. Eficiência técnica na suinocultura: efeito dos gastos com o meio ambiente e da renúncia fiscal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.2, p.200-204, 2008.

PEREIRA, F. Diagnóstico socioeconômico revela que potenciais do Vale do Jequitinhonha não são explorados. In: CORRÊA et al (Org.). **Informativo Pólo de Integração da UFMG no Vale do Jequitinhonha**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais/Pro-Reitoria de Extensão, 2005.

PEREIRA-RAMIREZ, O.; QUADRO, M.S.; ANTUNES, R.M.; KOETZ, P.R. Influência da carga orgânica aplicada no pós-tratamento de águas residuárias de suinocultura por contactores biológicos rotatórios e reator anóxico. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.9, n.4, p.413-420, 2003.

PIMENTEL, D. **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1980, 475p.

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.

PRACUCHO, T. T. G. M.; ESPERANCINE, M. S. T.; BUENO, O. C. Análise energética e econômica da produção de milho (*Zea mays*) em sistema de plantio direto em propriedades familiares no município de Pratânia-SP. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.22, n.2, p.94-109, 2007.

QUEIROZ, F. M.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G.; OLIVEIRA, R. A. Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1487-1492, 2004a.

QUEIROZ, F. M.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G.; OLIVEIRA, R. A.; LEMOS, A. F. Características químicas do solo e absorção de nutrientes por gramíneas em rampas de tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.12, n.2, p.77-79, 2004b.

QUESADA, G. M.; BEBER, J. A. C.; SOUZA, S. P. Balanços energéticos: uma proposta metodológica para o Rio Grande do Sul. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.39, n.1, p.20-28, 1987.

QUESADA, G. M.; PEREIRA FILHO, O. P.; BEBER, J. A. C.; NEUMANN, P. S. Energia, organização social e tecnologia. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v.2, n.2, p.13-29, 1991.

RECH, C.; SCHOENHALS, M.; FOLLADOR, F.A.C. Avaliação da capacidade de suporte para a atividade de suinocultura em uma microbacia hidrográfica do sudoeste do Paraná tendo em vista a prevenção da degradação ambiental. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v.5, n.3, p.220-233, 2008.

Resolução **CONAMA nº 357** de 17 de março de 2005.

RIBEIRO, E.M.; GALIZONE, F.M. Água população rural e políticas de gestão: o caso do vale do Jequitinhonha, Minas Gerais. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v.5, n.2, p.129-146, 2003.

RODRIGUES, J.B.R. & BELLI FILHO, P. Eficiência da microalga chlorella minutíssima no tratamento de resíduos da suinocultura enriquecido com uréia. **Biotemas**, Florianópolis, v.17, n.2, p.07-26, 2004.

RODRIGUES, K. F.; RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F.; FIALHO, E. T.; BERTECHINE, A. G.; NAGATA, A. K. Desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte no período de 22 a 42 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes relações lisina digestível:proteína bruta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.4, p.645-652, 2008.

ROMERO, M. G. C.; BUENO, O. C.; ESPERANCINI, M. S. T. Eficiência energética e econômica em sistemas familiares de produção de algodão. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.38, n.1, p.07-19, 2008.

RODRIGUES, R.S. & SELBACH, P.A. Redução da carga poluidora em lodo de suinocultura através da filtração. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.9, n.4, p.407-411, 2003.

SANDRI, D.; MATSURA, E.E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.1, p.17-29, 2007.

SANTANA, A.M. & OLIVEIRA, R.A. Desempenho de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo em dois estágios tratando águas residuárias de suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.817-830, 2005.

SANTOS, D.C. & MALINOWSKI, A. Programa de conservação de água no meio urbano: uma aplicação enfocando o reúso da água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, (Suplemento), p.171-175, 2005.

SANTOS, M.A.A.; SCHMIDT, V.; BITENCOURT, V.C.; MAROSO, M.T.D. Esterqueiras: avaliação físico-química e microbiológica do dejetos suíno armazenado. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.537-543, 2007.

SANTOS, T.M.B. & LUCAS JÚNIOR, J. Balanço energético em galpão de frangos de corte. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.25-36, 2004.

SARDÁ, L. G.; HIGARASHI, M. M.; COMIN, J. J. Uso de zeólitas como alternativa para tratamento de dejetos suínos e redução da poluição ambiental. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v.2, n.2, p.1353-1356, 2007.

SCHEFFER-BASSO, S. M.; ELLWANGER, M.F.; SCHERER, C.V.; FONTANELI, R.S. Resposta de pastagens perenes à adubação com chorume suíno: tifton 85. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.11, p.1940-1946, 2008a.

SCHEFFER-BASSO, S. M.; SCHERER, C. V.; ELLWANGER, M. F. Resposta de pastagens perenes à adubação com chorume suíno: pastagem natural. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.2, p.221-227, 2008b.

SCHIRMER, W.N.; LACEY, M.E.Q.; LISBOA, H.M.; MIRANDA, G.R. Características, natureza e métodos de amostragem/análise de gases odorantes emitidos em processos industriais: caso das lagoas de tratamento de efluentes. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v.1, n.2, p.35-52, 2007.

SEDIYAMA, M.A.N.; GARCIA, N.C.P.; VIDIGAL, S.M.; MATOS, A.T. Nutrientes em copostos orgânicos de resíduos vegetais e dejetos de suínos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.1, p.185-189, 2000.

SEDIYAMA, M.A.N.; PEDROSA, M.W.; VIDIGAL, S.M.; SALGADO, L.T.; SANTOS, M.R.; NOBRE, M.C.R.; FIALHO, A.P. Estado nutricional da cenoura adubada com esterco de suínos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v.2, n.2, p.1140-1144, 2007.

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.

SERRA G.; HEEZEN, A. M.; MOREIRA, J. R.; GOLDEMBERG, J. **Avaliação da energia investida na fase agrícola de algumas culturas**. Brasília: Secretaria de Tecnologia Industrial, 1979. 86p.

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.F.; FREITAS, P.S.L.; BERTONHA, A.; REZENDE, R. GONÇALVES, A.C.A.; DALLACORT, R. Variação da carga orgânica do efluente de fecularia de mandioca. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.25, n.01, p.161-165, 2003a.

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, 2003b.

SILVA, G.P. & MARQUES, S.M.T. Impacto dos maus odores decorrentes da suinocultura na saúde de moradores rurais no município de Concórdia, Santa Catarina, Brasil. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.3, n.2, p.135-141, 2004.

SIQUEIRA, R.; GAMERO, C. A.; BOLLER, W. Balanço de energia na implantação e manejo de plantas de cobertura de solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.19, n.1, p.80-89, 1999.

SORENSEN, P. & AMATO, M. Remineralisation and residual effects of N after application of pig slurry to soil. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.16, n.2, p.81-95, 2002.

SOUZA, C. F.; CAMPOS, J. A.; SANTOS, C. R.; BRESSAN, W. S.; MOGAMI, C. A. Produção volumétrica de metano – dejetos suínos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.1, p.219-224, 2008.

SOUZA, C. F.; LUCAS JÚNIOR, J.; FERREIRA, W. P. M. Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos sob efeito de três temperaturas e dois níveis de agitação do substrato – considerações sobre a partida. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.2, p.530-539, 2005.

STEIL, L.; LUCAS JÚNIOR, J.; OLIVEIRA, R.A. Avaliação do uso de inóculos na digestão anaeróbia de resíduos de aves de postura, frangos de corte e suínos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.22, n.2, p.146-159, 2002.

TAVARES, F.A.; RODRIGUES, J.B.R.; BELLI FILHO, P.; LOBO-RECIO, M.A.; LAPOLLI, F.R. Desempenho da macrófita *Lemna valdiviana* no tratamento terciário de efluentes de suinocultura e sua contribuição para a sustentabilidade da atividade. **Biotemas**, Florianópolis, v.21, n.1, p.17-27, 2008.

TEIXEIRA, C. A.; LACERDA FILHO, A. F.; PEREIRA, S; SOUZA, L. H.; RUSSO, J. R. Balanço energético de uma cultura de tomate. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.3, p.429-432, 2005.

TURCO, J. E. P.; FERREIRA, L., F., S., A.; FURLAN, R., L. Consumo e custo de energia elétrica em equipamentos utilizados em galpão de frangos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, p.519-522, 2002.

VANOTTI, M. B.; RASHASH, D. M. C.; HUNT, P. G. Solid-liquid separation of flushed swine manure with pam: effect of wastewater strength. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 45, n. 6, p. 1959-1969, 2002.

VON SPEARLING, M. **Lagoas de Estabilização**. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 1996. 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.

WIENS, M.J.; ENTZ, M.H.; WILSON, C.; OMINSKI, K.H. Energy requirements for transport and surface application of liquid pig manure in Manitoba, Canada. **Agricultural Systems**, Gainsville, v.98, n.2, p.74-81, 2008.

WILLIAMS, C.M. Technologies to adress air quality issues impacting animal agriculture. **Water Science and Technology**, London, v.44, n.9, p.233-236, 2001.

ZANINI, A.; CAMPOS, A. T.; PRESTES, T. M. V.; DALMOLIN, M. F. S., CAMPOS, A. T.; KLOSOWSKI, E. S. Análise do consumo de energia na produção de silagem de milho em plantio direto. **Acta Scientiarum Animal Science**, Maringá, v.25, n.2, p.249-253, 2003.

ZHANG, Z. & ZHU, J. Effectiveness of short-term aeration in treating swine finishing manure to reduce odour generation potential. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v.105, n.1-2, p.115-125, 2005.

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.