

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UM BIODIGESTOR CANADENSE MODIFICADO NO TRATAMENTO DE DEJETOS DE SUÍNOS

Allan W. Aires¹
Fabiana M. da Silva²
Verônica M. U. de Castro³
Bruno M. Wenzel⁴

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho do processo de biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos em uma unidade de produção de leitões (UPL) e a qualidade do efluente para uso como fertilizante orgânico. A UPL possui 2544 animais que encaminham seus dejetos a um biodigestor, modelo canadense modificado, onde foi estimado um tempo de residência de 20,2 dias. Foram avaliados diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos do efluente na entrada e na saída do reator. Os resultados evidenciaram uma elevada diluição do efluente, em comparação com dados apresentados na literatura. Foram observadas elevadas eficiências de remoção de DQO, sólidos voláteis e sólidos totais – 72,8, 56,9 e 47,5%, respectivamente. A partir da aplicação do conceito de balanço material, foi estimada uma produção de biomassa celular (lodo) de 0,709 g de C/L de efluente tratado. A produção específica de biogás foi estimada como 0,338 Nm³ CH₄/kg SV. A observação das quantidades de sólidos presentes na entrada e saída do sistema permitiu concluir que o biogás é produzido a partir dos sólidos voláteis e que, quando na forma suspensa, os mesmos deverão se dissolver na fase líquida antes de sua transformação a biogás. O efluente do biodigestor apresentou cerca de 1% em massa de nutrientes, enquanto no lodo estes valores chegam a cerca 2%, tornando mais favorável sua aplicação como fertilizante agrícola.

Palavras-chave: digestão anaeróbia; biodigestor; biogás; fertilizante agrícola.

Abstract: This study aimed to evaluate the performance of the anaerobic digestion of pig slurry in a system of piglets production (UPL) and evaluate effluent quality for use as organic fertilizer. The work was performed in an UPL with 2544 animals that send their waste to a digester - modified Canadian model. Was estimated a residence time of 20.2 days. Several physical, chemical and biological parameters at the inlet and outlet of the reactor were evaluated. The results showed a high dilution of the waste compared with data reported in literature. High removal efficiencies of COD, total solids and volatile solids were observed - 72.8, 56.9 and 47.5%, respectively. From the application of the material conservation principle was estimated a production of cell biomass (sludge) of 0.709 g C/L of treated effluent. The specific biogas production was estimated as 0.338 Nm³ CH₄/kg SV. The observation of the solids present in the input and output of the system allowed concluded that biogas is produced from the volatile solids and that, when in suspended form, they must dissolve in the liquid phase before conversion to biogas. The digester effluent showed about 1 wt% of nutrients whereas that in the sludge these values reach about 2wt%, making its application more favorable as agricultural fertilizer.

Keywords: anaerobic digestion; biodigester; biogas; agricultural fertilizer.

¹Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS). E-mail: allanwastowski@uffs.edu.br

²Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS).

³Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS).

⁴Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS). E-mail: bruno.wenzel@uffs.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A busca por um novo padrão de desenvolvimento baseado no conceito de sustentabilidade tem se tornado foco dos processos produtivos. Neste contexto, energia e meio ambiente apresentam-se como campos intimamente ligados e que estão demandando intensa atividade, tanto em termos de pesquisa e desenvolvimento, como na implantação de novas tecnologias.

Sistemas de biodigestão anaeróbia com geração de energia, mais especificamente a partir de resíduos animais, despontam como uma alternativa capaz de contribuir positivamente na busca por este novo padrão de desenvolvimento, já que são capazes de solucionar vários problemas, tais como a poluição ambiental, a viabilização de empreendimentos econômicos em pequenas e médias propriedades rurais e a geração de energia renovável.

Avaliações preliminares dos dejetos de suínos em granjas de produção de leitões (UPL) na região das Missões, RS (dados não publicados) têm mostrado que os mesmos apresentam baixos valores dos parâmetros característicos (físicos, químicos e biológicos), se comparados aos trabalhos desenvolvidos pela EMBRAPA (Diesel *et al.*, 2002). As principais diferenças dizem respeito a diluição. No entanto estes valores são próximos aos apresentados por Campos *et al.* (2005). Os valores de alguns parâmetros médios apresentados por Campos *et al.* (2005) e Souza *et al.* (2008), respectivamente, são os seguintes: sólidos totais (ST): 1.810 e 22.399 mg/L; sólidos voláteis (SV): 1.240 e 16.389 mg/L; sólidos fixos (SF): 570 e 6.010 mg/L.

Neste contexto, o presente trabalho objetiva avaliar o desempenho do processo de biodigestão anaeróbia em um efluente proveniente de UPL típico da região. Foi selecionada uma granja que possui um biodigestor modelo canadense

modificado (o modelo mais utilizado no Brasil, segundo Cortez *et al.*, 2008). Esta avaliação consistiu na determinação de parâmetros físicos (quantidade, conteúdo de sólidos e densidade), químicos (pH e concentração de nutrientes) e biológicos (demanda bioquímica de oxigênio e demanda química de oxigênio) do efluente na entrada e na saída do reator. Também, a partir da qualidade observada do efluente, a possibilidade da sua utilização como fertilizante orgânico pode ser avaliada.

2. METODOLOGIA

2.1. Descrição geral da granja

Os dados relatados no presente trabalho foram obtidos a partir da coleta de amostras em uma propriedade rural, localizada no interior do município de São Pedro do Butiá, região das Missões – RS. A propriedade é destinada ao sistema designado como unidade de produção de leitões (UPL), a qual possui, aproximadamente, 2544 animais, contando fêmeas em lactação, leitões e machos. A unidade possui galpões divididos em creche, maternidade e salas de gestação.

Os dejetos dos diversos galpões são encaminhados para o biodigestor através de canaletas laterais abrigadas, evitando assim que haja diluição pelas águas das chuvas. A limpeza das baias é feita duas vezes ao dia, sendo uma pela manhã e outra durante à tarde.

2.2. Biodigestor

Os dejetos dos animais, incluindo a água usada na lavagem das baias são encaminhados a um pequeno tanque homogeneizador e posteriormente ao biodigestor, o qual pode ser classificado, de acordo com Cortez *et al.* (2008), como Canadense Modificado.

Após passar pelo biodigestor o efluente é enviado a uma lagoa, onde fica depositado até ser utilizado como fertilizante orgânico na agricultura. O gás gerado no equipamento é encaminhado a

um queimador, convertendo o metano (CH₄), principalmente, a dióxido de carbono (CO₂), e evitando assim, sua emissão à atmosfera.

O biodigestor possui volume de cerca 1100 m³ e é equipado com tubulações laterais que visam permitir a homogeneização periódica do efluente. Também, existem pontos destinados ao monitoramento de eventuais rompimentos da geomembrana impermeabilizante do reator.

2.3. Procedimento para a estimativa da vazão de efluente e tempo de residência

Um dos principais parâmetros de projeto de biodigestores, diz respeito ao tempo de residência dos efluentes. O tempo de residência pode ser calculado através da divisão do volume do biodigestor pela vazão volumétrica de efluente tratado. Para esta estimativa, torna-se necessária a avaliação da vazão volumétrica de efluente gerada na granja. Para isto, foram utilizados os dados de geração de fezes e urina para cada categoria de suínos que existentes na granja [lactantes + 12 leitões (em média), leitões entrando em novo ciclo, leitões em creche e machos (rifiões)]. Estes dados são relatados no trabalho de Diesel *et al.* (2002). Outra informação necessária para a estimativa da vazão de efluentes é a vazão de água média utilizada na propriedade, a qual foi informada pelo gerente da granja.

2.4. Coleta das amostras e caracterização

Foram coletadas três amostras de dejetos líquidos na saída das instalações criatórias (entrada do biodigestor) e outras três na saída do biodigestor. Estas coletas foram realizadas no turno da manhã, logo após a lavagem das instalações (fase que gera a maior vazão de efluente). Os dejetos foram confinados em um tanque de homogeneização à montante do biodigestor, de forma a coletar uma amostra representativa de todo o efluente que vem sendo tratado. O

efluente coletado à jusante do biodigestor, devido a sua maior homogeneidade, pôde ser coletado diretamente no duto de saída do sistema.

A caracterização das amostras coletadas consistiu na avaliação das características químicas, físicas e biológicas do efluente. As metodologias adotadas e parâmetros mensurados foram os seguintes:

Parâmetros físicos: (i) conteúdo de sólidos: Sólidos Totais (ST), Sólidos Voláteis Totais (SV), Sólidos Fixos Totais (SF), Sólidos Dissolvidos Totais (SD), Sólidos Suspensos Totais (SS), Sólidos Dissolvidos Voláteis (SDV), Sólidos Dissolvidos Fixos (SDF), Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), Sólidos Suspensos Fixos (SSF); (ii) densidade (método do picnômetro); (iii) temperatura.

Parâmetros químicos: (i) pH; (ii) concentração de nutrientes: fósforo (P), nitrogênio total (N-total) e potássio (K).

Parâmetros Biológicos: demanda bioquímica de oxigênio de 5 dias (DBO5); demanda química de oxigênio (DQO).

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).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Vazão de efluente e tempo de residência

A partir do quantitativo de animais fornecido pelo gerente da granja, foi possível o cálculo da quantidade total de dejetos (urina + fezes), tendo em vista a metodologia desenvolvida por Oliveira (1993) citado por Diesel *et al.* (2002). Estes dados podem ser conferidos na Tabela 1, onde foi estimada uma geração de 9,52 m³/dia de urina+fezes. Tendo em vista que os sistemas de produção de

suínos demandam grandes quantidades de água (para lavagem, principalmente, consumo dos animais e perdas), a vazão total de efluentes deve levar em conta a quantidade de água consumida na propriedade. Foi relatado um consumo médio de 45 m³/dia. Desta forma, a vazão total de efluentes, a soma destas parcelas, foi de 54,52 m³/dia. A partir da medição das dimensões básicas do biodigestor, resultou em um volume útil de 1100 m³. Com estes dados, o tempo de residência

do efluente no biodigestor pode ser calculado através da Equação (1), onde: θ é o tempo de residência (dias), V é o volume do biodigestor (m³) e Q é a vazão volumétrica de efluente tratado (m³/dia). Resultou em 20,2 dias, conforme apresentado na Tabela 1.

$$\theta = \frac{V}{Q} \quad (1)$$

Tabela 1. Cálculo da geração de dejetos (fezes + urina), total de efluente e tempo de residência no biodigestor da granja alvo do estudo.

Classificação dos suínos	Número de animais	Produção de Dejetos (L/dia)*	Volume diário de efluente (m ³ /dia)
Gestantes	490	11,00	5,39
Lactantes + 12 Leitões*	86	18,00	1,55
Leitões entrando em novo ciclo	174	4,90	0,85
Leitões em creche	1790	0,95	1,70
Machos - Rifiões	4	6,00	0,02

Parâmetro	Unidades	Valor
Total (fezes + urina)	m ³ /dia	9,52
Consumo de água da granja	m ³ /dia	45
Vazão total de efluente	m ³ /dia	54,52
Volume do Biodigestor	m ³	1100
Tempo de residência	dias	20,2

* Oliveira (1993).

3.2. Caracterização do afluente e efluente do biodigestor

A Tabela 2 apresenta a caracterização do efluente tratado no biodigestor, na entrada e na saída do sistema.

Com base nos resultados apresentados na Tabela 2, foi possível o cálculo de alguns parâmetros representativos do processo de biodigestão anaeróbia. Também foi possível determinar a remoção percentual dos sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV) e da demanda química de oxigênio (DQO), valores que definem a eficiência do processo.

Além disso, como pode ser observado na Tabela 2, é possível afirmar que ocorre uma diluição elevada do resíduo em comparação com dados apresentados por Diesel *et al.* (2002), comprometendo a sua utilização como fertilizante agrícola. Estes autores observaram os seguintes valores mínimos para uso agrícola: DQO de 11.530 mg/L, ST de 12,7 g/L e SV de 8,4 g/L, por exemplo.

Tabela 2. Caracterização do efluente tratado no biodigestor (na entrada e saída).

PARÂMETRO	UNIDADE		VALOR		
Temperatura ambiente	°C		13		
Tempo de residência	dias		20,2		
			ENTRADA	SAÍDA	REDUÇÃO (%)**
Temperatura	°C		19.7	19.1	-
pH	-		9.14	7.36	-
Massa específica (18,1°C)	kg/m ³		993.7	985.4	-
SÓLIDOS					
Sólidos totais	ST	g/L	9.18	4.82	47.5
Sólidos voláteis totais*	SV	g/L	5.48	2.36	56.9
Sólidos fixos totais	SF	g/L	3.70	2.46	33.5
Sólidos dissolvidos totais	SD	g/L	2.07	2.29	-10.3
Sólidos suspensos totais*	SS	g/L	7.11	2.53	64.4
Sólidos dissolvidos voláteis*	SDV	g/L	1.50	0.05	96.5
Sólidos dissolvidos fixos	SDF	g/L	0.57	2.23	-291.8
Sólidos suspensos voláteis*	SSV	g/L	3.98	2.31	42.0
Sólidos suspensos fixos*	SSF	g/L	3.13	0.23	92.8
PARÂMETROS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS					
Oxigênio dissolvido	OD	mg O ₂ /L	1.30	1.23	5,4
Demanda bioquímica de oxigênio de 5 dias	DBO5	mg O ₂ /L	3600	980	72,8
Demanda química de oxigênio	DQO	mg O ₂ /L	8649	2351	72,8
NUTRIENTES					
Nitrogênio total	N-total	mg/L	1676	1406	16,1
Fósforo	P	mg/L	54.5	53.5	1,8
Potássio	K	mg/L	609	507	16,7

* por diferença; ** Valores negativos indicam aumento da concentração;

Tendo em vista que é esperada a conversão dos sólidos voláteis a biogás e que os sólidos fixos se depositam no fundo do biodigestor como lodo, os resultados apresentados são coerentes, tendo em vista a maior eficiência de remoção de DQO em relação à eficiência de remoção de SV.

3.3. Estimativa da produtividade de gás e de biomassa no biodigestor

3.3.1. Estimativa de produção de metano – Modelo cinético de Chen (1983)

Um dos modelos matemáticos mais utilizados e confiáveis para estimativas da produção de biogás é o modelo de Chen (1983), representado pela Equação (2). Onde: B é a produção de metano a partir do resíduo (m³ CH₄/kg SV); θ é o tempo de residência (dias). Os parâmetros do modelo são os seguintes: μ_m é o crescimento específico máximo de

microrganismos (dias^{-1}); e B_0 é a produção máxima de metano ($\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{kg SV}$); K é a constante cinética do processo (adimensional). Chen (1983) indica a utilização de $B_0 = 0,474 \text{ Nm}^3 \text{CH}_4/\text{kg SV}$ para suínos alimentados à base de milho.

$$B = B_0 \left(1 - \frac{K}{\mu_m \theta - 1 + K} \right) \quad (2)$$

Neste modelo, o crescimento máximo específico de microrganismos (μ_m) depende da temperatura do resíduo (T , em $^{\circ}\text{C}$). Com base em resultados experimentais, Hashimoto *et al.* (1981) concluíram que μ_m pode ser descrito conforme a Equação (3), onde: T é a temperatura do resíduo ($^{\circ}\text{C}$).

$$\mu_m = 0,013 T - 0,129 \quad (3)$$

Por sua vez, Chen (1983) indica que a constante cinética da biodigestão (K) é dependente da concentração de

sólidos voláteis na entrada do biodigestor, presente no dejetos suíno. K é um indicador da performance do biodigestor, sendo que este parâmetro pode ser influenciado por substâncias potencialmente inibidoras presentes no dejetos. O valor de K para a digestão anaeróbica de dejetos de suínos pode ser estimado pela Equação (4), onde SV_{Entra} é a concentração de sólidos voláteis na entrada do biodigestor ($\text{kg SV}/\text{m}^3$).

$$K = 0,6 + 0,0006 \exp(0,1185 SV_{\text{Entra}}) \quad (4)$$

A Tabela 3 apresenta os dados para a estimativa de produção de metano para o caso em questão com o uso do modelo de Chen (1983).

Tabela 3. Condições operacionais do biodigestor e estimativa da produção de metano de acordo com o modelo de Chen (1983).

PARÂMETRO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALOR
CONDIÇÕES DO BIODIGESTOR			
Temperatura média do biodigestor	T	$^{\circ}\text{C}$	19.4
Concentração de sólidos voláteis na entrada	SV_{Entra}	$\text{kg SV}/\text{m}^3$	5.48
Tempo de residência	θ	dias	20.2
PARÂMETROS DO MODELO			
Crescimento específico máximo de microrganismos	μ_m	dias^{-1}	0.123
Constante cinética do processo	K	adimensional	0.601
Produção específica máxima de metano	B_0	$\text{Nm}^3 \text{CH}_4/\text{kg SV}^*$	0.474
RESULTADO			
Produção de metano específica do efluente	B	$\text{Nm}^3 \text{CH}_4/\text{kg SV}^*$	0.338

* Nm^3 : volume nas condições normais de temperatura e pressão (0°C e 1 atm).

3.3.2. Balanço de massa para o cálculo da quantidade de biomassa (lodo) produzida no biodigestor

A partir de um balanço de massa para o carbono (C) no processo, chega-se à relação apresentada pela Equação (5). Nesta equação: DQO_{Entra} e DQO_{Sai} são as demandas químicas de oxigênio na entrada e na saída do biodigestor [mg de O_2 /(L de efluente)]; B em Nm^3 /(kg de SV); SV_{Entra} em kg de SV/(m^3 de efluente); y_{CH_4} é a fração volumétrica (ou molar) de CH_4 no biogás produzido [m^3 de CH_4 /(m^3 de biogás)]; M é a quantidade de carbono presente na biomassa celular (lodo) formada durante o processo de biodigestão [(g de C)/(m^3 de efluente)]. Foi utilizado o valor de $y_{CH_4} = 0,60$, tendo em vista as concentrações de metano apresentadas por Souza *et al.* (2008) e Campos *et al.* (2005). Os valores numéricos apresentados na Equação (5) possuem as seguintes unidades: 535,7 (g de C)/(Nm^3 de biogás) e 0,375 [(g de C)(L de efluente)]/[(mg de O_2)(m^3 de efluente)]. Este balanço material levou em consideração que, em regime permanente, o carbono que entra no biodigestor é transformado em biogás [considerado uma mistura de metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2)] ou lodo (biomassa celular) ou então sairá junto com o efluente do biodigestor. Outra consideração pertinente foi que há pequena variação, entre a entrada e a saída do sistema, da vazão mássica total do efluente.

$$0,375 (DQO_{Entra} - DQO_{Sai}) = 535,7 \left(\frac{B \cdot SV_{Entra}}{y_{CH_4}} \right) + M$$

(5) conversão a biogás.

Tendo em vista que conhecemos: (i) a concentração de SV na entrada, (ii) a variação de DQO no biodigestor, (iii) estimamos B através do modelo de Chen (1983) e, ainda, (iv) através de experiências anteriores relatadas na literatura conhecemos a concentração volumétrica média de metano no biogás; podemos, desta forma, estimar a quantidade de lodo que deposita-se no biodigestor durante o

processo. Foi obtido, através da Equação (5), valor de $M = 709,5$ (g de C)/(m^3 de efluente) que se deposita no fundo do reator como lodo (ou biomassa celular).

Cortez *et al.* (2003) indicam a seguinte fórmula molecular média para a biomassa celular: $C_5H_7NO_2$ (massa molar de 113 g/mol). Com isto, tendo como base a produção de biomassa calculada anteriormente, estima-se a geração de 16,4 (g de biomassa)/(L de efluente).

3.4. Sólidos no biodigestor

A Tabela 2 apresenta a diminuição percentual de sólidos presentes no efluente tratado no biodigestor. Pode-se observar, além da redução de sólidos totais (ST), que a redução de sólidos voláteis (SV) foi 1,7 vezes maior que a redução de sólidos fixos (SF). Esta constatação reforça a ideia de Chen (1983) de que a produção de biogás é dependente, principalmente, da quantidade de SV presente no afluente do biodigestor, isto é, os sólidos voláteis se convertem em biogás. A diminuição de SF pode ser atribuída a sua sedimentação no biodigestor, principalmente. A observação dos teores de sólidos dissolvidos voláteis (SDV) (ver Tabela 2) e sua redução percentual permitem, além disto, supor que os SDV se convertem a biogás com velocidades maiores comparadas aos sólidos suspensos voláteis (SSV). Desta forma, pode-se supor que o mecanismo de transformação dos voláteis inicia-se com a dissolução destes na fase líquida e sua posterior

Uma comparação entre os sólidos dissolvidos (SD) e suspensos (SS) evidencia uma redução dos SS e aumento da concentração de SD. O aumento dos SD pode ser explicado tendo em vista a dissolução dos sólidos suspensos fixos (SSF), que passam a estar dissolvidos (SDF) no meio, como evidencia a Tabela 2. Entre os sólidos suspensos, a maior

redução nos sólidos fixos (SSF) em relação aos voláteis (SSV) pode ser explicada pelo fato de que, entre os sólidos fixos suspensos, parte é sedimentável, precipitando no biodigestor.

Tendo em vista esta análise, pode-se concluir que as transformações dos sólidos são as seguintes: os SSV se dissolvem na fase líquida; SSF: parte se dissolve e outra parte precipita no biodigestor; os SDV se convertem em biogás e biomassa celular. Com isto, observando as elevadas quantidades de SSV remanescentes no efluente do biodigestor (Tabela 2), pode-se supor que o aumento dos teores de sólidos dissolvidos resultará em velocidades de transformação maiores, principalmente dos voláteis. Neste caso, a aplicação de

um pré-tratamento adequado pode fazer com que a produção de biogás, e consequentemente a eficiência de remoção (de DQO e SV), seja aumentada com o uso de um biodigestor de mesmo volume.

3.5. Nutrientes

A Tabela 4 apresenta os resultados de um balanço material para os nutrientes N, P e K. Os resultados foram obtidos a partir da consideração de que a quantidade que entra de nutrientes deverá deixar o sistema como lodo (precipitado no biodigestor) ou no efluente. Observação: de acordo com Deublein & Steinhauser (2008) não são percebidas quantidades significativas de amônia no biogás proveniente da biodigestão de dejetos de animais.

Tabela 4. Nutrientes presentes nas correntes do biodigestor.

PARÂMETRO	UNIDADE	ENTRADA	SAÍDA	LODO	
NUTRIENTES					
Nitrogênio total	N-total	kg/m ³	1,68	1,41	0,27*
Fósforo	P	kg/m ³	0,0545	0,0535	0,0010*
Potássio	K	kg/m ³	0,609	0,507	0,102*
Total	NPK	kg/m ³	2,34	1,97	0,37*
RELAÇÕES					
Relação C/N	(kg C)/(kg N)		1,94	0,63	2,63
Relação NPK/C	(kg de NPK)/(kg de C)		0,72	2,23	1,90
Relação NPK/Lodo	(kg de NPK)/(kg de lodo)				0,0227

* massa do nutriente depositada (como lodo) para cada unidade de volume processado.

Observa-se na Tabela 4 que a concentração total de nutrientes, tendo em vista uma aplicação agrícola dos dejetos, é bastante baixa, tanto no efluente quanto no afluente. A recomendação de aplicação dos dejetos de suínos em solo, segundo Diesel *et al.* (2002), é feita com base em quantidades de matéria seca maiores que 6%. Tendo em vista que a quantidade de nutrientes é proporcional à quantidade de matéria

seca (Diesel *et al.*, 2002), Scherer *et al.* (1996) obteve valor médio de matéria seca de 1% em amostras com quantidades de nutrientes inferiores a 3 kg/m³. No caso em questão, no efluente do biodigestor são observadas apenas 1,97 kg/m³ de efluente (cerca de 0,2 % em massa). No lodo proveniente do biodigestor, foram encontradas, através

do balanço material, maiores concentrações, cerca de 2% em massa, tornando mais favorável a sua aplicação agrícola. Como pontos positivos do desempenho do biodigestor, pode-se citar: (i) baixa relação C/N no efluente, a qual foi diminuída em cerca 64 %; (ii) elevada razão entre nutrientes e carbono – 2,23 kg NPK/kg C.

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho o desempenho do processo de biodigestão anaeróbia em um efluente de UPL foi avaliado. Esta avaliação foi realizada em uma granja com um biodigestor modelo canadense modificado e consistiu na avaliação de parâmetros físicos, químicos e biológicos do efluente na entrada e na saída do reator, bem como a vazão de efluente. Os resultados evidenciaram uma elevada diluição do efluente, em comparação com dados apresentados na literatura. Foi estimado um tempo de residência de 20,2 dias e foram observadas elevadas eficiências de remoção de DQO e sólidos voláteis – de 72,8 e 56,9 %, respectivamente. A caracterização do efluente permitiu a estimação da produção específica de biogás através do modelo de Chen: $0,338 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4/\text{kg SV}$. Um balanço material, baseado neste resultado, resultou em uma produção de biomassa celular (lodo) de 0,709 g de C/L de efluente tratado. A análise de sólidos permitiu concluir que o biogás é produzido a partir dos sólidos voláteis e que, quando na forma suspensa, os mesmos deverão se dissolver na fase líquida antes de sua transformação a biogás. Com isto um pré-tratamento do efluente, visando aumentar a quantidade de sólidos dissolvidos pode ser capaz de aumentar a velocidade global de transformação no biodigestor. As quantidades de nutrientes observadas no efluente do biodigestor foram muito menores que as quantidades mínimas para sua recomendação como fertilizante agrícola. No lodo, as quantidades de nutrientes apresentaram-se mais adequadas à sua aplicação agrária (cerca de 2% em massa).

5. REFERÊNCIAS

- APHA 2008. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*, Washington, American Public Health Association, 20th ed.
- CAMPOS, C. M. M.; DAMASCENO, L. H. S.; MOCHIZUKI, E. T. 2005. Performance evaluation of a lab-scale upflow anaerobic sludge blanket reactor (UASB) removing organic loading rate from swine manure. *Ciência e Agrotecnologia*, 29 (2), 390-399.
- CHEN, Y. R. 1983. Kinetic analysis of anaerobic digestion of pig manure and its design implications. *Agricultural Wastes*, 8, 65-81.
- CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. 2008. *Biomassa para energia*, Campinas, Editora da Unicamp.
- DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. 2008. *Biogas from waste and renewable resources – an introduction*, Weinheim, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. 2002. *Coletânea de Tecnologias sobre Dejetos Suínos*. Boletim Informativo de Pesquisa – Embrapa Suínos e Aves e Extensão - EMATER/RS, BIPERS no. 14.
- HASHIMOTO, A. G.; CHEN, Y. R.; VAREL, V. H. 1981. Theoretical aspects of anaerobic fermentation: State-of-art. *American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASAE)*, 86.
- OLIVEIRA, P. A. V. 1993. *Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos*, Concórdia, EMBRAPA – CNPSA. Documentos, 27.
- SCHERER, E. E.; AITA, C.; BALDISSERA, I. T. 1996. *Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante*,

Florianópolis, EPAGRI, Boletim Técnico, 79.

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