

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SENAI – DEPARTAMENTO REGIONAL DO PARANÁ  
UNIVERSITÄT STUTTGART – ALEMANHA

KENIA UNFER MOTTA

AVALIAÇÃO DA GERAÇÃO DE BIOGÁS DE UM BIODIGESTOR DE DEJETOS  
BOVINOS E SUÍNOS



CURITIBA  
2012

KENIA UNFER MOTTA

AVALIAÇÃO DA GERAÇÃO DE BIOGÁS DE UM BIODIGESTOR DE DEJETOS  
BOVINOS E SUÍNOS

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Meio Ambiente Urbano e Industrial no Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná em parceria com o SENAI – PR e a Universidade de Stuttgart, Alemanha.

Orientador: Prof. Dr. Klaus Fischer

Co-orientador: Prof. Dr. Andreas F. Grauer

Co-orientador: MSc. Marielle Feilstrecker

CURITIBA  
2012

## TERMO DE APROVAÇÃO

KENIA UNFER MOTTA

### AVALIAÇÃO DA GERAÇÃO DE BIOGÁS DE UM BIODIGESTOR DE DEJETOS BOVINOS E SUÍNOS

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná em parceria com SENAI-PR e a *Universidade de Stuttgart*, Alemanha, pela seguinte banca examinadora:

---

Prof. Dr. Klaus Martin Fischer  
Orientador – *Universität de Stuttgart*

---

Prof. Dr. Andreas Friedrich Grauer  
Co-orientador – *Universität de Stuttgart*

---

Prof(a). MSc. MARIELLE FEILSTRECKER  
Co-orientador(a) – *SENAI-PR*

Curitiba, 11 de outubro de 2012

## **AGRADECIMENTOS**

Ao doutor Maurício Greidanus por ter possibilitado o desenvolvimento deste trabalho em sua propriedade.

Ao primeiro incentivador à realização do curso, Marcos Antonio Riter, à Similar Controle de Emissões Atmosféricas pelo incentivo e aporte de recursos técnicos, econômicos e humanos.

Aos meus orientadores doutor Klaus Martin Fischer, doutor Andreas Friedrich Grauer pelos anos de inestimável aprendizado e a mestre e co-orientadora Marielle Feilstrecker.

Aos meus colegas de trabalho que participaram efetivamente das atividades de campo por orientação de Péricles Francisco Pereira.

## RESUMO

O trabalho buscou avaliar a quantidade e qualidade do biogás gerado da biodigestão dos dejetos bovinos e suínos, de 4870 animais, os quais são criados em estábulos sob regime confinado, destinados à produção de leite e criação, respectivamente, de uma propriedade localizada no município de Carambeí, no Estado do Paraná. O biodigestor de 2500 m<sup>3</sup>, do tipo canadense, foi estudado a partir de medições, amostragens e análises laboratoriais do substrato, teores de sólidos, temperatura do biogás, pH, gás sulfídrico e composição do biogás de um sistema com operação estável e produção de biogás com alto teor de metano. O volume de biogás gerado foi medido e calculado. Avaliou-se um possível aumento na produção de biogás, assim como foi calculada a massa do agente filtrante necessária para a remoção total do gás sulfídrico produzido pelo processo. O estudo mostrou que existe um potencial para aumento da produção de biogás pela elevação da temperatura de operação do biodigestor em torno de 30 %, além de possibilidades de sua utilização para geração de energia elétrica e aquecimento do biodigestor.

Palavras-chave: Biodigestor. Biogás. Energia elétrica.

## **ABSTRACT**

This paper aimed to evaluate the amount and the quality of the biogas from the 4870 cattle and swine manure biodigester system, animals which are raised in confined spaces for milk and raising, respectively, in Carambeí, a farm based in Western Paraná State. The Canadian model biodigester with 2500 m<sup>3</sup>, was studied from samplings and laboratorial analyses of the waste, levels of solids, the biogas temperature, pH, hydrogen sulfide and biogas composition from a stable system with high level of methane biogas production. The biogas volume was measured and calculated. It was evaluated a biogas increasing production possibility as well it was calculated the filtering agent needed mass to remove the total of hydrogen sulfide produced in the process. The study showed that there is a potencial to increase the biogas production by elevating the operating temperature around 30 %, beside the possibility of its utilization for electrical energy and a heating system for the biodigester.

Keywords: Biodigester. Biogas. Electrical energy.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA DIGESTÃO ANAERÓBIA....	23
FIGURA 2 - GRÁFICO DA TAXA DE CRESCIMENTO DAS BACTÉRIAS EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA.....	24
FIGURA 3 - PRODUTIVIDADE DE BIOGÁS CONSIDERANDO TRH, TEMPERATURA E TAXA DE ALIMENTAÇÃO DE SÓLIDOS VOLÁTEIS.....	25
FIGURA 4 - RELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA E PRODUÇÃO DE BIOGÁS.....	25
FIGURA 5 - GRÁFICO QUE RELACIONA O TRH, TEMPERATURA E PRODUÇÃO DE BIOGÁS.....	26
FIGURA 6 - BIODIGESTOR TIPO CHINÊS.....	27
FIGURA 7 - BIODIGESTOR TIPO INDIANO.....	28
FIGURA 8 - BIODIGESTOR TIPO CANADENSE.....	29
FIGURA 9 - VISTA AÉREA DO SISTEMA DE BIODIGESTÃO DE ESTUDO.....	40
FIGURA 10 - FILTRO INSTALADO PARA REMOÇÃO DE H <sub>2</sub> S.....	41
FIGURA 11 - CROQUI DO SISTEMA DE BIODIGESTÃO DO ESTUDO.....	42
FIGURA 12 - A) UNIDADE MOTOR; B) TUBULAÇÃO PARA AS BOMBAS DE FERTIRRIGAÇÃO.....	44
FIGURA 13 - QUEIMADOR DE BIOGÁS ( <i>FLARE</i> ).....	44
FIGURA 14 - EQUIPAMENTO MEDIDOR DE NÍVEL INSTALADO NO HOMOGENEIZADOR.....	46
FIGURA 15 - ESQUEMA DE AMOSTRAGEM PARA DETERMINAÇÃO DE GÁS SULFÍDRICO.....	48
FIGURA 16 - AMOSTRAGEM DE GÁS SULFÍDRICO.....	48
FIGURA 17 - PONTOS DE COLETA DAS AMOSTRAS DE DEJETOS PARA A DETERMINAÇÃO DE SÓLIDOS.....	49
FIGURA 18 - EQUIPAMENTO DURANTE AS MEDIÇÕES DE TEMPERATURA E VAZÃO.....	50
FIGURA 19 - ESQUEMA PARA A COLETA DE BIOGÁS.....	51
FIGURA 20 - RESULTADOS DIÁRIOS PARA O VOLUME DE DEJETOS PENEIRADO NO SISTEMA.....	54
FIGURA 21 - BALANÇO ENERGÉTICO PARA O SISTEMA DE BIODIGESTÃO....	73

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - EQUIVALÊNCIA ENERGÉTICA PARA A PRODUÇÃO DE 1 m <sup>3</sup> de BIOGÁS .....	18
QUADRO 2 - CRONOLOGIA DOS BIODIGESTORES.....	19
QUADRO 3 - EFEITOS DA AMÔNIA LIVRE NOS PROCESSOS ANAERÓBIOS ...	34
QUADRO 4 - CONCENTRAÇÃO DE ÍONS INORGÂNICOS (mg/L) .....	34
QUADRO 5 - COMPOSIÇÃO DA MISTURA GASOSA DO BIOGÁS .....	35
QUADRO 6 - NÚMERO DE ANIMAIS NO PARANÁ E CARAMBÉI E SUA REPRESENTAÇÃO NO ESTADO .....	39
QUADRO 7 - REGISTROS DOS NÍVEIS DE DEJETOS NO HOMOGENEIZADOR	53
QUADRO 8 - RESULTADOS DA DETERMINAÇÃO DE pH.....	55
QUADRO 9 - RESULTADOS MÉDIOS PARA AS ANÁLISES DE H <sub>2</sub> S.....	56
QUADRO 10 - RESULTADOS PARA ANÁLISES DE H <sub>2</sub> S NO BIOGÁS .....	59
QUADRO 11 - RESULTADOS ENCONTRADOS PARA OS SÓLIDOS TOTAIS, FIXOS E VOLÁTEIS .....	61
QUADRO 12 - RELAÇÃO ÁGUA/DEJETOS PARA A ENTRADA EM SISTEMAS DE BIODIGESTÃO .....	62
QUADRO 13 - VALORES MEDIDOS PARA A VAZÃO DE BIOGÁS.....	64
QUADRO 14 - RELAÇÃO PRODUÇÃO DE BIOGÁS/MATÉRIA SECA .....	66
QUADRO 15 - RESULTADOS PARA A COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS DO SISTEMA DE BIODIGESTÃO .....	67
QUADRO 16 - RESULTADOS PARA MEDIÇÕES DE TEMPERATURA DO BIOGÁS .....	70
QUADRO 17 - RELAÇÃO TEMPERATURA PRODUTIVIDADE DE BIOGÁS .....	71
QUADRO 18 - COMPARAÇÃO ENTRE O SISTEMA ATUAL E O PROPOSTO .....	75

## LISTA DE SIGLAS

CH <sub>4</sub>	– Metano
CETESB	– Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CO <sub>2</sub>	– Dióxido de carbono
CNTP mbar)	– Condições normais de temperatura e pressão (0°C, 1013
CPAG	– Gasômetro coletor de poluentes atmosféricos gasosos
DBO	– Demanda bioquímica por oxigênio
EMATER	– Instituto de Assistência e Extensão Rural
EMBRAPA	– Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	– Food and Agricultural Organization
FID	– Detector por ionização de chama
H <sub>2</sub> S	– Gás sulfídrico
IAPAR	– Instituto Agrônomo do Paraná
IBGE	– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
OCDE	– Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PCI	– Poder calorífico inferior
PVC	– Policloreto de vinila
ST	– Sólidos totais
SV	– Sólidos voláteis
TCD	– Detector de condutividade térmica
TRH	– Tempo de retenção hidráulica
UNESCO	– Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura

## LISTA DE ABREVIATURAS

C/N	– Relação carbono nitrogênio
kg	– Quilograma
kmol	– Quilomol
kWh	– Kilowatt/hora
L/m <sup>3</sup> /dia	– Litros por metro cúbico por dia
M	– Molar
MS	– Matéria seca
mg/L	– Miligrama por litro
pH	– Potencial hidrogeniônico
V	– Volume
V <sub>b</sub>	– Volume do biodigestor
V <sub>d</sub>	– Volume de dejetos

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	Objetivo Geral	14
1.1.2	Objetivos Específicos	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>16</b>
2.1	A PROBLEMÁTICA DO MANEJO DE DEJETOS ANIMAIS	16
2.2	BIODIGESTORES E SUA HISTÓRIA	18
2.2.1	Cronologia dos biodigestores	19
2.3	A DIGESTÃO ANAERÓBIA	20
2.4	BIODIGESTORES	26
2.4.1	Modelos de Biodigestores	26
2.4.2	Vantagens da Utilização de Biodigestores	29
2.5	ETAPAS DE OPERAÇÃO DE BIODIGESTORES	30
2.5.1	Separação das fases sólida e líquida	30
2.5.2	Aquecimento e agitação de biodigestores	31
2.6	INIBIDORES DO PROCESSO DE DIGESTÃO	33
2.7	CARACTERÍSTICAS DO BIOGÁS	35
2.7.1	Metano	36
2.8	BIOFERTILIZANTE	37
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>39</b>
3.1	LOCAL DE ESTUDO	39
3.2	CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	39
3.3	CONDIÇÃO OPERACIONAL DO SISTEMA DE BIODIGESTÃO	43
3.4	AMOSTRAGENS NO BIODIGESTOR	45
3.4.1	Primeiro programa de amostragens	45
3.4.2	Segundo programa de amostragens	46
3.4.3	Medição do volume de dejetos	46
3.4.4	Determinação do pH	47
3.4.5	Determinação do teor de gás sulfídrico	47
3.4.6	Determinação dos teores de sólidos	49
3.4.7	Determinação da vazão	50
3.4.8	Coleta de biogás	51
3.4.9	Determinação da temperatura	51
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>53</b>
4.1	LEVANTAMENTO DOS PARÂMETROS DE OPERAÇÃO	53
4.1.1	Volume de dejetos no sistema de biodigestão	53
4.1.2	pH	55
4.1.3	Gás sulfídrico	56
4.1.3.1	Tratamento do gás sulfídrico com sucata de ferro	56
4.1.4	Teores de sólidos	60
4.1.5	Vazão de biogás no sistema de biodigestão	64
4.1.5.1	Vazões de biogás calculadas pelos dados dos dejetos	65

4.1.5.2	Vazão de biogás calculada pelo número e tipo de animais .....	65
4.1.5.3	Considerações sobre a vazão .....	66
4.1.6	Caracterização do biogás .....	67
4.1.6.1	Composição do biogás .....	67
4.1.6.2	Cálculo da densidade do biogás .....	68
4.1.7	Cálculo do poder calorífico do biogás .....	68
4.1.8	Tempo de retenção hidráulica .....	69
4.1.9	Temperatura .....	70
4.1.10	Potencial atual para geração de energia elétrica.....	72
4.1.11	Balanço energético .....	73
4.1.12	Potencial para geração de energia elétrica.....	75
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>76</b>
<b>6</b>	<b>RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>78</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>79</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>85</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde a Revolução industrial, no século 18, o crescimento demográfico vem causando substancial aumento na demanda por alimentos e os sistemas de produção de animais vem se alterando de forma a suprir essas necessidades. Passa-se a ver granjas produtoras de animais e derivados em modelo confinado e com expressivo aumento de escala (GEBLER; PALHARES, 2007). Essa nova dinâmica do processo produtivo, a partir da crise do petróleo em meados da década de 70, provocou alguns esforços em pesquisas por novas fontes de energia, nomeadamente no Brasil, sobre xisto, álcool e metanol (DEGANUTTI *et al*, 2002).

Em meio a debates e constatações sobre riscos e impactos econômicos e ambientais, o biogás, dentre outros combustíveis considerados renováveis, já em 1976, aparece como alternativa e passa a ser foco de investimentos e aprofundamento técnico. Sobre ser um combustível renovável, a biomassa é sua fonte inesgotável, obtida continuamente dos processos naturais baseando-se, essencialmente, em outra fonte, a energia solar (DEGANUTTI *et al*, 2002).

Dos inúmeros benefícios advindos do aproveitamento do biogás, além dos aspectos ambientais, como o tratamento de resíduos humanos, dos dejetos animais, ocorre a diminuição das demandas sobre os corpos hídricos, solo e áreas cultiváveis, que estariam no ciclo como fonte de matéria-prima para sua geração. No entanto, a aplicação de tecnologias relativas às instalações de biodigestão de biomassa e sua adequada operação é inexpressiva no Brasil (BARRERA, 1993).

A experiência de outros países, assim como a constatação dos problemas resultantes da industrialização do petróleo, não foram exemplos suficientes para manter as iniciativas em relação a projetos sobre a construção e operação de biodigestores no meio rural brasileiro e, gradativamente, a partir dos anos 80 foram sendo desestimulados pelas políticas governamentais (BARRERA, 1993).

Casos como os da China e Índia, tanto por razões sanitárias, provisão de alimentos, quanto de dificuldades energéticas, comprovam a eficiência do sistema de biodigestão, que não só atendia essas necessidades como supria as lavouras com o biofertilizante. Dessas duas culturas milenares e dois modelos empregados no Brasil, o modelo chinês foi implantado com maior número em função das

facilidades construtivas, tecnologia mais simples, bem como aspectos climáticos favorecidos (MOTTA, 1986).

No que diz respeito ao biofertilizante, também produto da digestão de algumas biomassas, um trabalho da EMBRAPA Milho e Sorgo, desenvolvido em Sete Lagoas, Minas Gerais, registra o aumento em três vezes na produtividade de milho resultante da conjugação com os fertilizantes orgânicos e químicos. Em Goiânia foram encontrados resultados com incremento de 100 % para o arroz-de-sequeiro a partir da aplicação de 8 toneladas de biofertilizante por hectare de área plantada. Estudos realizados em escala mundial pela Food and Agricultural Organization (FAO) e Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) constataam a importância da matéria-prima orgânica no manejo do solo e até fazem previsões sobre o empobrecimento das terras aráveis de forma global (BARRERA, 1993).

A utilização do biogás pode representar uma parcela representativa e importante da energia no meio rural e não só. Contribui de forma relevante para a conservação das outras matérias primas que seriam transformadas para suprir a demanda por energia. Entre as atualmente utilizadas, a madeira, os recursos hídricos, gás derivado do petróleo e diversas culturas alimentares (BARRERA, 1993).

Para Santos (2004), de forma geral, a maior parte dos sistemas de produção é consumidor de energia elétrica que como qualquer processo produtivo, gera resíduos. Esses resíduos armazenam energia em alguma forma que poderá ser convertida em outro tipo de energia, provocando a redução de custos e equilíbrio do ciclo energético.

Tão importante quanto o aspecto econômico é o tema ambiental. A tecnologia da biodigestão dos dejetos animais no meio rural possibilita a diminuição de patógenos constituintes do resíduo, pelo tratamento e utilização adequados. Além disso, pode ser lucrativo, uma vez que a energia potencial do biogás está sendo transformada e aplicada no próprio local, e, eventualmente, fora dos limites da propriedade, conforme o quantitativo produzido, beneficiando ambiente e proprietários (BARRERA, 1993).

Não se deve apenas restringir os benefícios aos aspectos relacionados ao tratamento dos resíduos, mas também à obrigatoriedade da adequação da

propriedade aos dispositivos legais, bem como o efetivo aproveitamento da energia potencial que as áreas rurais encerram (SGANZERLA, 1983).

Ainda assim, e mesmo com o potencial das áreas rurais do território nacional, os projetos de viabilização do uso do biogás tiveram pouca evolução.

No Brasil, após pouco mais de duas décadas e essencialmente pelo estímulo econômico, a partir de 2005, surgiu uma nova fase de implementação dos biodigestores e lentamente se reiniciam os programas sociais e privados de fomento. A irrefutável possibilidade da conversão do biogás em energia, as mudanças climáticas e o rebote às emissões de gases de efeito estufa, o saneamento precário das cidades, a degradação das águas são fatores que certamente podem ser tidos como grandes contribuintes para o retorno da tecnologia (EMBRAPA, 2006).

Em face da necessidade atual do uso de energias alternativas a pesquisa sobre biogás desenvolvida neste trabalho tem real importância e contribui para a análise dos aspectos técnicos da operação de biodigestores. Apesar destas instalações de tratamento de dejetos e geração de energia ainda serem poucas e modestas e sua operação estar diretamente relacionada às atividades privadas corporativas ou às propriedades rurais.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a geração do biogás de um biodigestor de dejetos bovinos de leite e suínos.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar o sistema de biodigestão em estudo;

- Coletar amostras de dejetos e biogás;
- Avaliar os resultados das amostras coletadas e comparar com dados teóricos;
- Avaliar a quantidade e qualidade do biogás gerado;
- Verificar a possibilidade de aumento de produção de biogás e a instalação de um sistema de aquecimento e geração de energia.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A PROBLEMÁTICA DO MANEJO DE DEJETOS ANIMAIS

O Brasil é tido como detentor de grande potencial de crescimento da atividade de pecuária em razão de sua vasta expansão territorial, enquanto muitos países europeus estão tendo que reduzir seu plantel em face dos problemas ambientais consequentes. Com densidade relativamente baixa de animais, 4,1 suínos/km<sup>2</sup>, tem grande concentração de rebanhos na região sul, com quase metade deles, do todo nacional (SEGANFREDO, 2007).

Para o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o total de suínos não é um bom indicador de pressão ambiental sobre os recursos naturais, haja vista as variações do número de cabeças em cada estado (SEGANFREDO, 2007).

A atividade de criação de animais é tida pela sociedade e órgãos ambientais como de grande potencial poluidor, face ao elevado número de contaminantes na composição de seus efluentes. Portanto, sob este aspecto são impactos negativos do solo, ar, água e saúde pública. Os sistemas confinados de produção de bovinos para a produção de leite requerem mais atenção em vista dos dejetos. Exigem projetos que possibilitem o tratamento e destinação destes resíduos visando sua reciclagem, por exemplo, sob a forma de fertilizante que evitaria a contaminação de solo e água sem comprometer o equilíbrio ambiental (GEBLER; PALHARES, 2007).

Ainda sob o aspecto ambiental, o manejo inadequado dos dejetos produzidos na agropecuária afeta a população e o meio ambiente e, no caso dos dejetos, sua maior fonte de poluição é o nitrogênio (N), o qual pode ser liberado no ar na forma de amônia ou na água e no solo na forma de nitrato. Nos corpos d'água, nitrogênio em excesso, assim como fósforo e potássio, promovem aumento na proliferação de algas que consumirão o oxigênio, causando a eutrofização (GEBLER; PALHARES, 2007).

Especificamente sobre a produção de suínos as estatísticas demonstram um aumento mundial da ordem de 75 % entre 1980 e 2001 e, segundo a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) existe previsão de crescimento das taxas anuais na ordem de 1,5 % no período de 2003 a

2013, predominantemente em países em desenvolvimento, nestes com taxa de 2,0 %. Já para países ricos, membros da OCDE, o valor provável é 0,8 % ao ano (SEGANFREDO, 2007).

Existem controvérsias entre os especialistas quanto aos riscos e oportunidades que envolvem esta tendência. O aumento da demanda por áreas para a produção de grãos com fins de alimentação dos rebanhos poderá implicar elevação dos preços dos cereais. Alguns pensam que a alta concentração de criatórios em propriedades reduzidas e sua proximidade com as regiões urbanas levará à contaminação das águas e solo com conseqüências para a saúde pública, como por exemplo, o consumo de gordura animal que deverá contribuir para o aparecimento de enfermidades (GEBLER; PALHARES, 2007)

A poluição ambiental causada pelos dejetos dos animais de criatórios pressiona o estado a buscar soluções que permitam a continuidade da atividade sem provocar danos incompatíveis com o objetivo de conservar a qualidade ambiental (SEGANFREDO, 2007).

Acima de todos estes fatores está o econômico, relacionado ao aumento da produção dos rebanhos. Existe uma grande perspectiva de elevar-se a posição do Brasil no cenário mundial de forma que a intensificação dos mecanismos de redução de custos e aumento de produtividade são cruciais para a indústria nacional (SEGANFREDO, 2007).

Todavia, a degradação ambiental, a exemplo da contaminação das águas e solo por nitratos, fósforo e outros elementos minerais e orgânicos tem custos que poderão inviabilizar as atividades de produção, mesmo havendo consenso sobre a necessidade de utilização de melhores tecnologias de produção, respeito aos dispositivos jurídicos, buscando minimizar os efeitos adversos e os gastos com a conservação dos recursos naturais (PLÁ, 2009).

Uma visão positiva sobre a geração de resíduos das atividades de criação de bovinos de leite e suínos está o potencial energético, se aplicado um tratamento adequado aos mesmos.

O aproveitamento destes resíduos enquanto energia possibilita substituir outras fontes de energia trazendo ganhos aos proprietários de áreas rurais economicamente ativas. O quadro 1 apresenta um comparativo entre GLP, energia elétrica, óleo diesel e esterco fresco bovino sobre a quantidade de cada material para a produção de 1 m<sup>3</sup> de biogás:

GLP	0,43 kg	0,454 kg
kWh elétrico	2,21	1,428
óleo diesel	0,55 L	0,55 L
esterco fresco bovino	25 kg	25 kg

QUADRO 1 - EQUIVALÊNCIA ENERGÉTICA PARA 1 m<sup>3</sup> de BIOGÁS  
 FONTE: NOGUEIRA (1986); SGANZERLA (1983); BARRERA (1993)

Observa-se que são necessários 25 kg do esterco bovino fresco para a produção de 1 m<sup>3</sup> de biogás (NOGUEIRA, 1986).

## 2.2 BIODIGESTORES E SUA HISTÓRIA

O biodigestor é um equipamento destinado à fermentação de substâncias por meio da ação de populações de bactérias e um dos efeitos é a geração de gás combustível.

Há registros desses equipamentos desde o século passado e o mais antigo do qual se dispõe de informações data de 1857, em uma cidade próxima de Bombaim, na Índia, que operava com excremento eqüino (MOTTA, 1986).

Biodigestores para tratamento de resíduos urbanos se desenvolveram na Europa no século XIX, com o primeiro digestor anaeróbio registrado na Inglaterra, e em 1911 foi desenvolvida outra unidade que produzia gás combustível, usado para iluminação urbana (MOTTA, 1986).

O primeiro digestor contínuo rural foi construído em 1929 também na Inglaterra, enquanto na Alemanha, na década de 1920, digestores de tratamento de resíduos urbanos eram em número de cinquenta e três em 1938, utilizando o biogás como combustível veicular e na iluminação urbana. Entre 1939 e 1940 pesquisas sugeriam que a fermentação de resíduos animais supriria a necessidade de combustível e fertilizante com muito boas características (MOTTA, 1986).

Em 1972, como reflexo de um programa oficial no Brasil as unidades biodigestoras instaladas eram, aproximadamente, 10.000, interessantes sob o ponto de vista econômico e por compatibilizar o gasômetro com o tanque de fermentação (MOTTA, 1986).

Na China, país com severos problemas de energia, e muito populosa, a concepção de biodigestores se alastrou num período de quatro anos, de 30.000 para 4.000.000 de unidades, em 1977. O êxito na aplicação desta técnica nas áreas rurais se deu, basicamente, pelos problemas no suprimento de energia e pela necessidade de destinação dos resíduos gerados pelo gado de leite e porcos (BARRERA, 1993).

### 2.2.1 Cronologia dos biodigestores

O Quadro 2 apresenta, resumidamente, sobre o histórico de implantação dos biodigestores relacionando ano de implantação, local e característica:

Ano	País	Característica
1857	Índia	Bombaim: resíduos animais
1911	Inglaterra	Birmingham: resíduos urbanos
1920	Alemanha	Digestores contínuos urbanos
1929	Inglaterra	Pyrford Court: digestor contínuo rural
1938	Alemanha	53 digestores urbanos
1939	Índia	Bombaim: digestores contínuos rurais
1977	China	4.000.000 unidades digestoras rurais

QUADRO 2 - CRONOLOGIA DOS BIODIGESTORES  
 FONTE: MOTTA (1986)

No Brasil, país detentor dos maiores potenciais mundiais em biomassa e rebanhos bovinos o conceito sobre a utilização dos biodigestores com vistas à produção de biogás, em razão das altas do petróleo só ocorreram em meados dos anos 70. O período entre 1979 e 1983 marcou o ápice dos projetos, porém após apoio com recursos e projetos o estado desativou os programas (BARRERA, 1993).

Atualmente, o aumento da demanda por produtos agroindustriais responsabiliza o gestor do campo pelos resíduos e a mitigação das pressões negativas resultantes dessas atividades. No entanto, considera-se que existe espaço

para desenvolver tecnologias de solução para a cadeia produtiva e que os balanços sociais e econômicos podem ser favoráveis, eficientes e sustentáveis. A biodigestão controlada dos resíduos é uma ferramenta da qual o agrossistema dispõe e que permite, ainda no campo, a aplicação de seus produtos, enquanto fertilizantes e energia proporcionada pelo biogás. São Gabriel do Oeste, ao norte de Campo Grande, Mato Grosso do Sul é um exemplo de organização que, com o apoio do Ministério da Ciência e Tecnologia, EMBRAPA, Prefeitura Municipal e outros desde 2010 vem alcançando resultados positivos a partir da utilização de biodigestores de dejetos de suínos (BERGIER; ALMEIDA, 2010).

### 2.3 A DIGESTÃO ANAERÓBIA

A biodigestão reduz o potencial poluidor de resíduos orgânicos com alto teor de DBO, produz biogás com potencial energético de aproveitamento e ainda fertilizante. Processos biológicos incorporam diferentes espécies microbianas capazes de degradar compostos complexos e artificialmente sintetizados (CAMPOS, 1999).

O tempo de retenção hidráulica (TRH) varia de acordo com o tipo de biomassa, sua granulometria, temperatura do sistema de biodigestão, pH, mas pode-se dizer de forma geral que situa-se na faixa entre 4 e 60 dias. Para esterco de animais domésticos, como bovinos e suínos está na faixa está entre 20 e 30 dias (BATISTA, 1981).

A essência dos tratamentos de resíduos orgânicos por processos biológicos está amparada na capacidade dos microorganismos envolvidos utilizarem os compostos orgânicos biodegradáveis, transformando-os em subprodutos, que podem, por sua vez, ser removidos do sistema de tratamento (CHERNICHARO, 1997).

Os dejetos são constituídos por fezes, urina, água de bebedouro e de higienização, resíduos de alimentos, poeiras e outros materiais oriundos dos criatórios e normalmente se apresentam de forma sólida ou pastosa (KONZEN, 1993 citado por EMBRAPA, 2002). Dependendo do manejo podem ser compostos diferentemente. A parcela líquida dos dejetos de suíno contem matéria orgânica,

nitrogênio, potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês, ferro, zinco, cobre e outros elementos da dieta dos animais (EMBRAPA, 2002). No caso do nitrogênio, a perda pelos dejetos pode variar em relação à etapa de crescimento do animal e a sua concentração na ração ingerida em cada uma delas. Para a fase de terminação, que representa a faixa que entre 28 e 108 kg, a quantidade de nitrogênio equivalente à ingerida, presente nos dejetos corresponde à faixa entre 15 e 20 % nas fezes e na urina, entre 45 e 50 %, ou seja, um total de 60 a 70 % (OLIVEIRA, 2004).

O esterco bovino é mais propício que os demais dejetos para a produção de biogás em menor tempo pelo fato de proliferar rapidamente os microorganismos metanogênicos responsáveis pela fermentação (BATISTA, 1981). Recomenda-se, sempre que possível, que a primeira carga de material orgânico em biodigestores seja de esterco bovino, que desempenha o papel de propulsor da biodigestão (SGANZERLA, 1983).

A digestão ou fermentação anaeróbia é um processo biológico de degradação de material orgânico por diversos microorganismos na ausência de oxigênio, tendo como produto o biogás. O processo de decomposição na presença de oxigênio resulta na formação de dióxido de carbono e na ausência produz metano (ARRUDA *et al*, 2002).

O sucesso da biodigestão depende do balanceamento entre as bactérias que produzem ácidos orgânicos e aquelas que produzem o gás metano oriundo destes. Esta condição é alcançada pela mistura da biomassa na proporção correta entre água, pH, temperatura e qualidade do material orgânico. Esses microorganismos demandam um ambiente neutro ou ligeiramente alcalino, com valor de pH em torno de 7 e 8,5, considerados ideais para o bom desempenho na formação do biogás (SGANZERLA, 1983).

O metano, principal constituinte do biogás, é combustível e o gás sulfídrico, um subproduto formado durante a fermentação dos dejetos é responsável pela corrosão dos componentes metálicos do sistema de biodigestão (PEREIRA *et al*, 2009).

O fundamental para a digestão anaeróbia é o teor de carbono. Um valor de 5% para a concentração de sólidos orgânicos é considerada alta e proporciona uma boa condição para sua ocorrência. O teor de sólidos também fornece condição física, de suporte para as bactérias, considerando que metade vive solta no meio e outras necessitam uma superfície para aderir (NOGUEIRA, 1986).

A reação anaeróbia é constituída de diversas etapas que envolvem grupos específicos de microorganismos, dentre elas:

a) Hidrólise: nesta fase o substrato é composto de estruturas complexas como carboidratos, proteínas e gorduras, que são hidrolisados em monossacarídeos, aminoácidos e ácidos graxos de cadeia longa.

b) Acidificação: monômeros são transformados em alcoóis e ácidos graxos voláteis.

c) Acetogênese: formam-se ácido acético, dióxido de carbono e hidrogênio, substratos para a produção de metano.

d) Metanogênese: fase final da degradação anaeróbia em que são produzidos metano e dióxido de carbono (CASSINI, 2003).

Segundo Fischer (2011, não publicado)<sup>1</sup> para se obter uma rápida conversão das estruturas complexas em outras mais simples durante a etapa de hidrólise é necessário misturar o substrato permanentemente, ao contrário para as fases acetogênica e metanogênica.

Um promotor natural da agitação no interior do digestor são os próprios gases formados no processo. Sua dinâmica contribui para este aspecto e se a carga orgânica do material de entrada for elevada, maior será a concentração de gases no sistema (CAMPOS, 1999).

Um dos aspectos relevantes da digestão anaeróbia é a condição de estabilizar a matéria orgânica, reduzindo odor e patógenos, controlando contaminantes físicos e químicos além de originar produtos como o biogás e fertilizante (EMBRAPA, 2006).

A representação esquemática da digestão anaeróbia pode ser visualizada no esquema da Figura 1.

---

<sup>1</sup> FISCHER, K. M. **Tratamento biológico de resíduos** (Biologische Behandlung von Abfällen). Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte-und abfallwirtschaft. Universität Stuttgart. Stuttgart, 2011. Não Publicado.

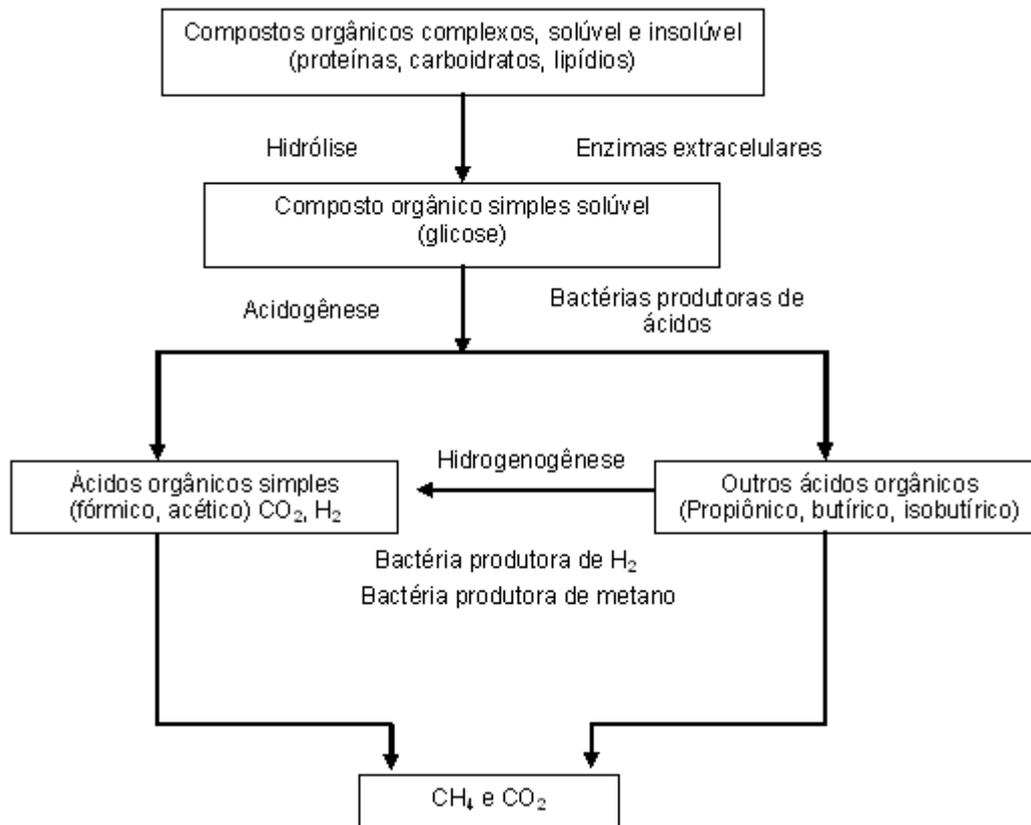


FIGURA 1 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA DIGESTÃO ANAERÓBIA  
 FONTE: BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2006)

Este processo é influenciado por fatores como temperatura, carga orgânica, presença de materiais tóxicos, dentre outros. Sob condições de altas temperaturas, em torno de 65° C, ocorre um aumento da velocidade das reações biológicas, ampliando a eficiência do processo (MOURA, 2012).

A digestão anaeróbia pode ocorrer quando as temperaturas estão na faixa mesofílica, com temperaturas entre 20° C e 45° C ou termofílica 45° C e 60° C (CASSINI, 2003). Porém, existem aqueles que podem se desenvolver na faixa psicrófila de até 20° C, teoricamente com menor velocidade de reação, significando necessidade de maior tempo para o tratamento anaeróbio (COLDEBELLA *et al.*, 2008).

Na Figura 2 apresentada nota-se um aumento da taxa de crescimento das bactérias em diferentes temperaturas.

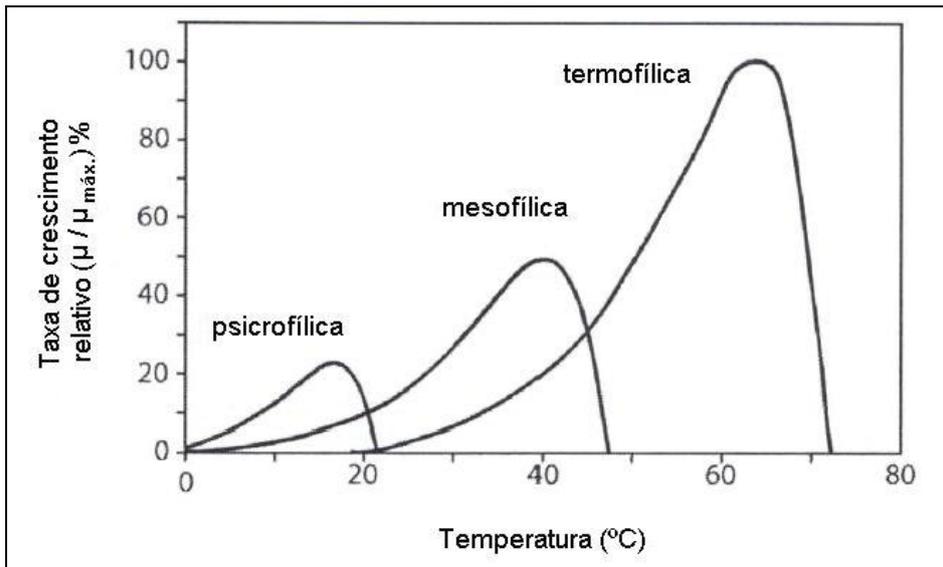


FIGURA 2 - GRÁFICO DA TAXA DE CRESCIMENTO DAS BACTÉRIAS EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA

FONTE: BATSTONE et al. (2002) citado por KRANERT et al. ([s.d.] no prelo); RATKOSWSKY et al. (1983) citado por KRANERT et al. ([s.d.] no prelo)<sup>2</sup>

Observa-se no gráfico da Figura 2 um aumento da taxa de crescimento bacteriano entre 20 e 40° C, faixa mesofílica, assim como na faixa entre 55 até os 60° C, que correspondente à termofílica e um declínio entre 40°C e, aproximadamente 53°C.

Para Chen (1983 citado por EMBRAPA, 2006), a Figura 3 mostra um modelo matemático desenvolvido por ele que sugere uma das ferramentas utilizadas para avaliar um possível incremento de produção de biogás baseando-se na análise simultânea da relação entre as variáveis temperatura, TRH, taxa de alimentação de sólidos voláteis com a produção de biogás para um sistema de biodigestão de dejetos suínos.

<sup>2</sup> KRANERT et. al. **Anaerobic digestion of waste**. Universidade de Stuttgart/Alemanha, [s.d.]. No prelo.

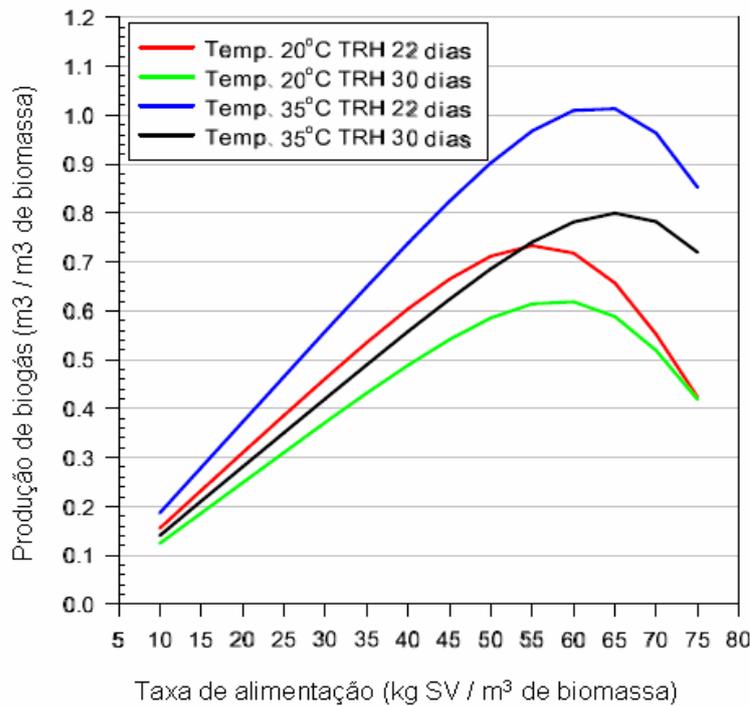


FIGURA 3 - PRODUTIVIDADE DE BIOGÁS CONSIDERANDO TRH, TEMPERATURA E TAXA DE ALIMENTAÇÃO DE SÓLIDOS VOLÁTEIS  
 FONTE: CHEN (1983) citado por EMBRAPA (2006)

Uma avaliação semelhante à de Chen (1983 citado por EMBRAPA, 2006) foi realizada por Wellinger (1984, tradução nossa) e a Figura 4 demonstra que a faixa de ocorrência para este fenômeno do aumento da produção de biogás é ampla.

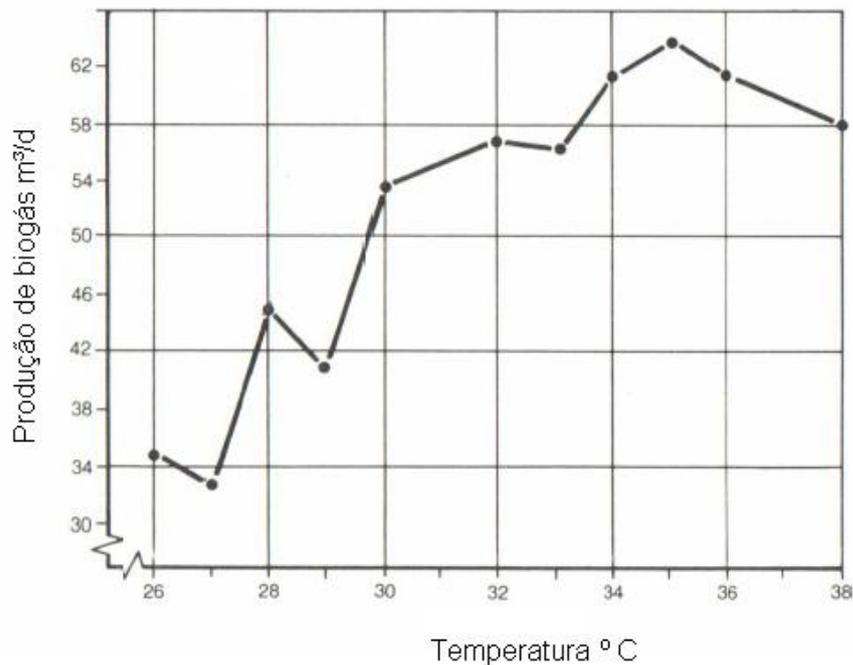


FIGURA 4 - RELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA E PRODUÇÃO DE BIOGÁS  
 FONTE: WELLINGER (1984, tradução nossa)

Observa-se no gráfico que entre 28 e 30° C tem-se um aumento 9 m<sup>3</sup>/d, ou seja, 20 % a mais em relação à produtividade inicial de 45 m<sup>3</sup>/d e em uma segunda faixa entre 28 e 35° C.

Para Barrera (1993), existe uma relação entre tempo de retenção hidráulica, temperatura e a produção de biogás demonstrada pela Figura 5 tendo por base o esterco bovino:

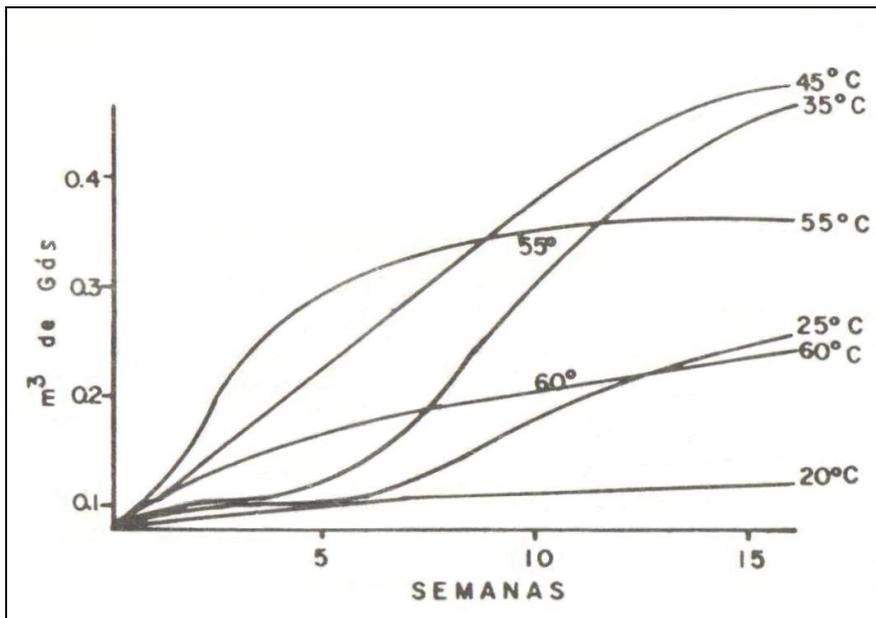


FIGURA 5 - GRÁFICO QUE RELACIONA O TRH, TEMPERATURA E PRODUÇÃO DE BIOGÁS  
FONTE: BARRERA (1993)

## 2.4 BIODIGESTORES

### 2.4.1 Modelos de Biodigestores

São apresentados quatro tipos de biodigestores:

a) **Batelada**: este modelo é simples, próprio para pequenas produções de biogás. Composto por um tanque que pode ser de alvenaria, metal ou fibra de vidro, carregado uma vez e após 15 ou 20 dias de fermentação começa a produzir biogás. Após o encerramento na produção é aberto, descarregado e limpo, recomeçando o

processo com novo carregamento. Pode ser operado com duas unidades em função da necessidade de manutenção e limpeza (BARRERA, 1993).

b) **Contínuos**: em relação a sua forma podem ser horizontais ou verticais. A matéria-prima deve ser utilizada em forma líquida ou semi-líquida, ser de fácil decomposição e estar sempre disponível. Este modelo deve ser alimentado com carga diária e a mesma quantidade alimentada deve ser removida em intervalos de tempo regulares para que o fornecimento de gás e biofertilizante seja permanente (PORTES, 2005; COMASTRI FILHO, 1981; LIMA, 2008; SILVA *et al.* 2009 citado por BERNI, 2011).

c) **Vertical**: como exemplo do modelo vertical, mostrado na Figura 6, tem-se o biodigestor tipo chinês que é um sistema de produção de biogás com cúpula fixa, construído em alvenaria ou concreto, ficando totalmente abaixo do nível do solo. É considerado o mais rústico sob o aspecto construtivo. O nível do substrato no compartimento de saída é proporcional à pressão exercida pelo gás dentro da câmara de biodigestão à medida que o biogás é produzido (NOGUEIRA, 1986).

A construção deste modelo não apresenta grandes dificuldades, porém, deve ser feita com habilidades no manejo das ferramentas e materiais de construção civil devido às suas particularidades (SGANZERLA, 1983).

O fato de ser enterrado contribui para um bom isolamento em relação à temperatura e, se for bem vedado, poderá produzir 600 L/m<sup>3</sup>/d de biogás e tempo de retenção entre 40 e 60 dias (BARRERA, 1993).

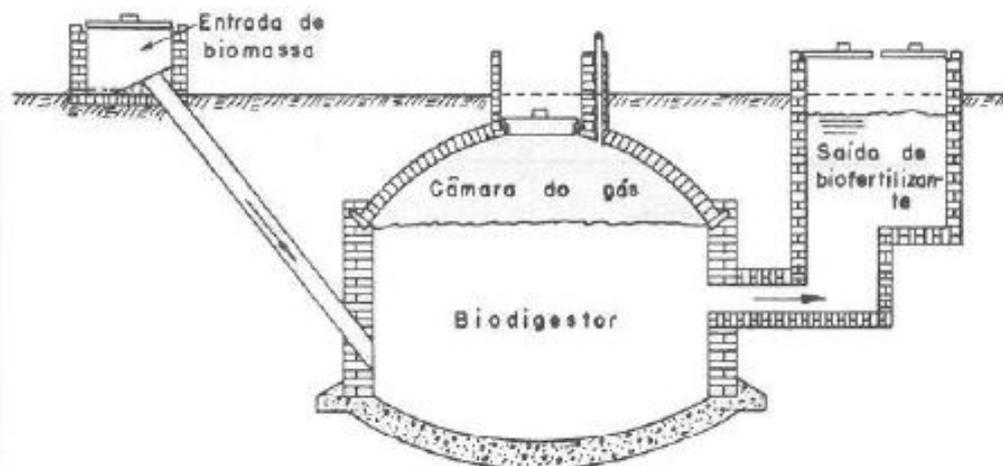


FIGURA 6 - BIODIGESTOR TIPO CHINÊS  
FONTE: NOGUEIRA (1986)

O modelo indiano que pode ser visto na Figura 7, também vertical, caracteriza-se por sua campânula flutuante que, em função da pressão do gás, sobe por uma guia de metal, permitindo a estabilização de saída de biogás (BARRERA, 1993).

Podem ocorrer perdas de calor pela câmara de gás metálica, é de difícil isolamento e pouco indicado para climas frios. Tem tempo de retenção semelhante ao chinês, entre 30 e 60 dias e produção potencial entre 400 e 600 litros de biogás por m<sup>3</sup> de volume do biodigestor por dia (BARRERA, 1993).



FIGURA 7 - BIODIGESTOR TIPO INDIANO  
 FONTE: DEGANUTTI *et al.* (2002)

d) **Horizontal:** O modelo conhecido como canadense, apresentado na Figura 8, é horizontal, com largura maior e profundidade menor que o indiano e chinês, com grande área de exposição solar, portanto, sensíveis às mudanças de temperatura. No entanto, resulta em maior produção de biogás por volume de massa fermentada devido à sua forma (BARRERA, 1993). Por esta razão é recomendado que sejam operados em regiões mais quentes ou sejam equipados com sistemas de aquecimento ou protegidos do vento (ANDRADE *et al.*, 2002). A cobertura é de material plástico que infla conforme varia a formação de biogás resultante do processo de biodigestão. Tem custo competitivo apesar de ocupar mais área de implantação, uma vez que se estende pela superfície do solo,

enquanto outros modelos são construídos no sentido vertical em relação ao solo (BARRERA, 1993). Apresenta vantagens em relação a regiões com lençol freático alto, de fácil limpeza, descarga e manutenção. O tempo de retenção deste modelo está em torno de 30 dias, muito semelhante aos modelos chinês e indiano. No que diz respeito à alimentação dos três sistemas, este, mais facilmente assimila matérias com menos preparo, ou seja, nos modelos chinês e indiano as etapas de trituração e/ou pré-fermentação são muito importantes (BATISTA, 1981).

O sistema horizontal recebe os dejetos em forma líquida ou semi-líquida (EMBRAPA, 1981).



FIGURA 8 - BIODIGESTOR TIPO CANADENSE

FONTE: PROJETO sobre lixo Assis ganha Premio Santander Universidade em parceria com a prefeitura, Coocassis e Unesp local (2012)

#### 2.4.2 Vantagens da Utilização de Biodigestores

São inúmeros os benefícios advindos da utilização dos biodigestores em áreas rurais destacam-se (LUCAS JÚNIOR, 2011):

- a) economia de outros combustíveis;
- b) produção de biofertilizante;
- c) emissão de efluentes em acordo com a capacidade de suporte do meio;
- d) produção de material isento de patogênicos;
- e) possibilidade da geração de energia alternativa;
- f) produção de substrato para a compostagem;

- g) ganhos ambientais pela redução da aplicação de fertilizantes sintéticos; e
- h) sustentabilidade ambiental.

## 2.5 ETAPAS DE OPERAÇÃO DE BIODIGESTORES

### 2.5.1 Separação das fases sólida e líquida

A separação das fases sólida e líquida é importante, principalmente para os dejetos de bovinos de leite e suínos por conterem alta concentração de sólidos. Essa atividade visa separar as frações sólida e líquida dos dejetos para facilitar e otimizar o processo de biodigestão. Salienta-se que nesta etapa ainda não ocorre a degradação efetiva do material.

A separação de fases reduz sua complexidade permitindo o aumento da eficiência do processo sob aspectos gerais, reduz obstruções nos equipamentos constituintes do sistema como bombas, tubulações e acessórios, além de melhorar o escoamento e minimizar o assoreamento nos compartimentos (SEGANFREDO, 2007).

Um tratamento adequado para a fração sólida é a compostagem que possibilita a geração de um produto de valor agregado (GEBLER; PALHARES, 2007).

Os mecanismos de separação das fases podem ser: decantação, centrifugação, peneiramento e/ou prensagem dentre outros. Na separação por peneiramento não são removidos somente sólidos grosseiros, tais como resíduos de madeira que normalmente estão presentes nos dejetos. Existem diferentes tipos de peneiras: rotativas, estáticas e vibratórias. Atenção especial deve ser dada ao material do qual são construídas devido ao efeito corrosivo dos dejetos, indicando-se um material inoxidável. A melhor escolha deve ser analisada em função do tipo de tratamento a ser aplicado às frações e aspectos econômicos (GEBLER; PALHARES, 2007).

Em unidades de produção em que são minimizados a diluição e o tempo de armazenamento pré-separação, no homogeneizador, é possível obter-se 80 %

menos para alguns parâmetros como DBO, DQO, sólidos totais, fixos, voláteis e fósforo total. Para o nitrogênio total a redução de sua concentração pode atingir 60% (HIGARASHI, 2005 citado por SEGANFREDO, 2007).

Quando os dejetos são diluídos e reservados, terá ocorrido degradação em pequeno grau e a eficiência média de remoção de sólidos pelas peneiras ficará entre 3 e 30 % (PERDOMO *et al.* 2003b citado por SEGANFREDO, 2007).

### 2.5.2 Aquecimento e agitação de biodigestores

Biodigestores com aquecimento e agitação apresentam melhor desempenho na produção de biogás entre 28 e 35° C, faixa de temperatura que corresponde ao clima tropical, aumentando em duas ou três vezes a transformação da biomassa. Em regiões mais frias a temperatura da biomassa poderá ficar abaixo destes valores o que poderá determinar a aplicação de sistemas de aquecimento e agitação (SGANZERLA, 1983).

Em princípio, segundo Nogueira (1986), não existe um tipo de biodigestor anaeróbio ideal para cada situação e sim uma grande variedade de modelos com características construtivas e aspectos operacionais que devem ser analisados visando a aplicação específica e o atendimento das necessidades. Para Sganzerla (1983), biodigestores de sistema contínuos mais conhecidos são o chinês e indiano.

Para Silva *et al.* (2009 citado por BERNI, 2011), o abastecimento de biodigestores pode ser feita em batelada ou continuamente.

Algumas tipologias de biodigestores com aquecimento e agitação estão relacionadas abaixo (SGANZERLA, 1983):

- a) Sistema Poetsch: biodigestor de superfície com introdução de água aquecida em serpentina com o próprio biogás;
- b) Sistema Ajitmal: Biodigestor semi-enterrado e com isolamento de palha;
- c) Sistema semi-enterrado, com agitação manual, com isolamento e fossa de água aquecida;
- d) Com reinjeção de biogás e recirculação de biomassa na câmara de fermentação, com trocador de calor;
- e) Com água quente em serpentinas no interior do tanque;

- f) Pré-digestor com serpentina de água quente no interior do tanque para aquecimento da biomassa;
- g) Com agitador à manivela;
- h) Com quebrador de crosta fixado na campânula utilizado no modelo indiano no Brasil;
- i) Aquecido com energia eólica por resistência elétrica no interior do tanque;
- j) Serpentinhas de água aquecida por placas solares no interior do tanque;
- k) Com motor de superfície aciona o parafuso no interior do tanque.

Segundo Nogueira (1986), a agitação contínua ou periódica permite obter a distribuição mais uniforme do substrato e das bactérias. A utilização eficiente do volume do biodigestor e redução ou eliminação da espuma sobrenadante, podem interromper a produção de biogás, assim como a sobrecarga de matéria orgânica terá o mesmo efeito.

A agitação da biomassa provoca o deslocamento das bactérias de uma região onde a matéria orgânica já foi consumida para outros locais onde ainda há nutrientes a serem digeridos. Caso não ocorra esta movimentação no interior do reator as bactérias acabam por se aglomerar nos locais onde se nutrem e reproduzem formando bolsões ácidos inibidores do metabolismo, formando as crostas. Agitando-se a biomassa sua transformação em biogás poderá aumentar em duas ou três vezes, porém não deve ser aplicada de forma contínua para que seja eficiente, de forma intermitente deverá ser o bastante (BARNETT *et al*, 1978 citado por MOTTA, 1986).

Para Nogueira (1986), as formas mais usuais de agitar o substrato são:

- a) pás;
- b) hélices;
- c) recirculação de gás;
- d) recirculação do substrato.

Sobre o aquecimento tem-se que seu efeito é significativo no tocante à produtividade se operado entre 20 e 45° C, o que justifica a preocupação em aquecê-los, especialmente nas regiões serranas e temperadas do Brasil, buscando operá-los na faixa mesofílica, cuja produtividade de biogás é maior (MAGALHÃES, 1986).

As perdas de calor devem ser evitadas empregando-se isolantes térmicos com lã mineral que as reduz em até 90% em comparação com um biodigestor não isolado (NOGUEIRA, 1986).

## 2.6 INIBIDORES DO PROCESSO DE DIGESTÃO

O contrapeso entre a disponibilidade de átomos de carbono e os de nitrogênio presentes no substrato em fermentação é representado pela razão C/N, fator condicionante para a eficiência na produção de biogás do biodigestor. O carbono e o nitrogênio existentes na matéria orgânica são as principais fontes de alimento para as bactérias anaeróbias e o carbono é responsável pela obtenção de energia (SGANZERLA, 1983).

Carbono, nitrogênio, além do fósforo, são nutrientes para as bactérias e sua relação pode ser estimulante ou inibidora no processo. Em um biodigestor equilibrado a relação entre essas substâncias no substrato deve ser de 30/1 entre o carbono e nitrogênio por que as bactérias consomem trinta vezes mais rápido o carbono do que o nitrogênio e a relação carbono e fósforo, 150/1. No entanto, biodigestores poderão operar em faixas largas de temperatura de até 97° C (NOGUEIRA, 1986). Para os excrementos bovinos tem-se 25/1 e suínos 13/1 para a relação C/N (SGANZERLA, 1983). Já para Motta (1986) a melhor razão C/N é a dos equínos e bezerros com valor 25/1 e para os bovinos o número é 18/1.

O fósforo é encontrado normalmente na matéria orgânica e não necessita controle como o nitrogênio e sua escassez inibe o processo. Por sua vez, o nitrogênio, componente da urina dos animais, como da sua alimentação, se em excesso, levará o biodigestor ao aumento da alcalinidade por meio da produção de amônia com concentração na faixa de 150 mg/L e poderão obstar o metabolismo bacteriano, em conseqüência, a produção de biogás (EMBRAPA, 2006).

O Quadro 3 mostra os níveis de concentração de nitrogênio amoniacal e seus efeitos sobre o processo anaeróbio de digestão.

Concentração para o íon $\text{NH}_4^+$ (mg/L)	Efeito para o processo de digestão
50 a 200	Benéfico
200 a 1000	Não tem efeito adverso
1500 a 3000	Inibidor para pH >7,4 a 7,6
Acima de 3000	Tóxico

QUADRO 3 - EFEITOS DA AMÔNIA LIVRE NOS PROCESSOS ANAERÓBIOS  
 FONTE: MCCARTY (1964) citado por CHERNICHARO (1997)

Dentre algumas substâncias que podem influenciar negativamente a biodigestão estão os detergentes da água de lavagem dos barracões, assim como desinfetantes e sabões, além dos resíduos de antibióticos do tratamento dos animais e pesticidas. Os inseticidas, por sua vez, podem provocar a parada do processo (MOTTA, 1986).

O Quadro 4 apresenta os valores para a concentração estimulante ou inibidora para os íons de sódio, potássio, cálcio e enxofre no sistema de digestão anaeróbica.

Íons	Concentrações estimulantes	Inibição fraca	Inibição forte
Sódio $\text{Na}^+$	100 – 200	3500 – 5500	8000
Potássio $\text{K}^+$	200 – 400	2500 – 4500	12000
Cálcio $\text{Ca}^{2+}$	100 – 200	2500 – 4500	8000
$\text{S}^{2-}$	0,1 – 10	100 - 200	200

QUADRO 4 - CONCENTRAÇÃO DE ÍONS INORGÂNICOS (mg/L)  
 FONTE: LAGRANGE; MEYNELL citado por MOTTA (1986)

A concentração de alguns íons inorgânicos interferem igualmente no processo, assim como a presença de metais pesados, dentre eles: níquel, chumbo, cromo e zinco (MOTTA, 1986).

## 2.7 CARACTERÍSTICAS DO BIOGÁS

O biogás é composto por uma mistura de gases produzidos por processos de fermentação anaeróbia de biomassa. Seu componente energético é o metano, além de outros gases como gás carbônico que variam conforme o resíduo originário (CASSINI, 2003).

O Quadro 5 apresenta as faixas de concentração para os componentes do biogás.

Metano (CH <sub>4</sub> )	55 a 75%
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	25 a 45 %
Hidrogênio (H <sub>2</sub> )	0 a 1%
Nitrogênio (N <sub>2</sub> )	0 a 3 %
Oxigênio (O <sub>2</sub> )	0 a 0,1 %
Gás sulfídrico (H <sub>2</sub> S)	0 a 1%
Amônia (NH <sub>3</sub> )	0 a 1%

QUADRO 5 - COMPOSIÇÃO DA MISTURA GASOSA DO BIOGÁS  
 FONTE: NOGUEIRA (1986)

Para Fischer (2011, não publicado), o poder calorífico inferior do metano é 35900 kJ/m<sup>3</sup> e o biogás gerado de fermentação, considerando em sua composição 65 % de metano tem seu valor estimado em 23300 kJ/m<sup>3</sup>.

Valores para o rendimento de biogás são determinados pela substância orgânica obtida pela perda de massa por calcinação à temperatura de 600° C, representados pelos sólidos voláteis, tendo como valor médio 0,5 m<sup>3</sup>/kg de substância orgânica seca. A produção diária de biogás pode variar em função da matéria orgânica de origem, assim como da temperatura, tempo de retenção hidráulica, dentre outros (FISCHER, 2011, não publicado).

A concentração de gás sulfídrico no biogás é influenciada pelo valor de pH. Valores de pH maiores que 7 indicam que a concentração do gás sulfídrico estará reduzida, pois o meio básico, o retém no digestor (CAMPOS, 1999).

A presença de vapor d'água, CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>S no biogás constitui-se no principal problema para que seja feito seu armazenamento e produção de energia. O gás sulfídrico é um gás incolor, de cheiro característico, tóxico, mais denso que o ar e

bastante inflamável (HAAS *et al.*, 2011). É uma substância corrosiva que abrevia a vida útil de motores em razão da corrosão que causa nas superfícies metálicas e essa ação é potencializada com o aumento da temperatura (MOTTA, 1986).

### 2.7.1 Metano

O metano é a porção combustível do biogás, substância que pode ser produzida por decomposição de matéria orgânica de fontes antropogênicas e naturais, como pântanos, águas doces. Entre as antrópicas, por exemplo, as plantações de arroz, queima de biomassa, o uso de combustíveis fósseis a fermentação entérica e o manejo de resíduos (CASSINI, 2003).

A simples queima do metano produzirá dióxido de carbono que afetará em aproximadamente vinte e uma vezes menos a atmosfera enquanto gás de efeito estufa (IPCC, 2010).

As emissões de metano do sistema entérico dos ruminantes são relevantes no Brasil em razão de possuir o segundo maior rebanho bovino do mundo (BRASIL, Ministério da Ciência e Tecnologia, 2009).

A decomposição da matéria orgânica na presença de oxigênio produz  $\text{CO}_2$  e na ausência,  $\text{CH}_4$ . Portanto, um biodigestor deve ser isolado do ambiente externo para que não ocorra a interferência indesejada do oxigênio no processo de produção do metano.

O biogás é considerado uma fonte de energia alternativa, com poder calorífico na faixa entre 5.000 e 6.000 kcal/m<sup>3</sup>, levando-se em consideração sua pureza. Se retirado o  $\text{CO}_2$  poderá atingir 12.000 kcal/m<sup>3</sup> (BATISTA, 1981). Facilmente inflamável, produz uma chama pouco visível e em caso de escapamento tenderá a subir por ser menos denso que o ar, este com 1,225 kg/m<sup>3</sup> e o metano com 0,716 kg/m<sup>3</sup>, podendo ainda, causar explosões em caso de desprendimento de cavidades subterrâneas (ARRUDA *et al.*, 2002).

## 2.8 BIOFERTILIZANTE

A massa fermentada sai do biodigestor na forma líquida de cor escura rica em material orgânico denominado húmus com grande poder fertilizante. Este material quando aplicado no solo melhora suas qualidades físicas, químicas e biológicas, ao contrário dos fertilizantes sintéticos que o ressecam e endurecem dificultando a penetração da água e do ar, deixando-o propenso à erosão (SGANZERLA, 1983).

A matéria orgânica após ser digerida sofre um incremento de nitrogênio e outros nutrientes devido à perda de carbono no processo sob a forma de metano e dióxido de carbono. Essa redução do fator C/N traz benefícios à massa orgânica quando para fins agrícolas (LINDEMAYER, 2008).

O nitrogênio contido nos restos de culturas é praticamente todo conservado, aproximadamente 99 %. Após a digestão anaeróbia seu melhor aproveitamento pode ser obtido quando da aplicação do resíduo fermentado logo após a saída do biodigestor. Do contrário, se for seco, parte dele se perderá por volatilização (BATISTA, 1981).

Após a produção de biogás, ao final das etapas de biodigestão, tem-se um líquido, devido à presença de húmus que é denominado biofertilizante e algumas de suas características são (SILVA, 1996 citado por EMBRAPA, 2002):

a) Nitrogênio (N): responsável pelo crescimento do vegetal é encontrado no esterco dos animais com concentração entre 1,76 a 3,7%;

b) Fósforo (P): diretamente relacionado à floração e frutificação das plantas, componente das rochas fosfáticas e farinha de osso, também está nos solos fornecendo nutrientes pela exsudação dos ácidos eliminados pelas plantas. Sua concentração está em torno de 0,3 a 1,18%;

c) Potássio (K): dá melhor qualidade às plantas e aos frutos, aumentando sua resistência às doenças. Os solos tropicais podem ter altas concentrações, aproximadamente 0,2 a 1,2%. O usado na adubação química deixa o cloro como residual, com efeito negativo sobre o meio.

Devido ao valor de pH em torno de 7,5 o biofertilizante funciona como corretivo de acidez e favorece a absorção de nutrientes pelo solo. A matéria orgânica do biofertilizante atua como condicionadora de solos pesados ou arenosos,

contendo a lixiviação dos sais e a solubilidade excessiva, melhorando as características de estrutura e porosidade permitindo maior entrada de ar nas zonas exploradas pelas raízes propiciando melhores condições de desenvolvimento dos vegetais (NOGUEIRA, 1986). Melhora a textura, facilitando a penetração das raízes com isso terão mais umidade disponível no subsolo, resistindo a períodos de estiagem (SGANZERLA, 1983).

Nota-se, igualmente, que o processo de digestão isenta o líquido de odores, agentes proliferadores e causadores de doenças. Com grande valor nutricional, pode ser aplicado diretamente no solo em razão de suas características, mesmo na fase de preparação do solo para o plantio, melhorando as qualidades físicas, químicas e biológicas do solo além da produtividade agrícola (NOGUEIRA, 1986).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 LOCAL DE ESTUDO

O município de Carambeí, no Estado do Paraná, em 2010, contava com uma população de 19.163 habitantes com projeção de aumento de 1,7% para 2011 e sua área territorial compreende 649.681 m<sup>2</sup> (IBGE, 2010a).

A constituição dos rebanhos bovino e suíno no estado e no município está relacionada no quadro 6.

Rebanho	Paraná	Carambeí	Representação estadual
Bovino	5096224 (cabeças)	30247 (cabeças)	0,6%
Suíno	9411380 (cabeças)	33808 (cabeças)	0,4%

QUADRO 6 - NÚMERO DE ANIMAIS NO PARANÁ E CARAMBEÍ E SUA REPRESENTAÇÃO NO ESTADO

FONTE: IBGE (2010b; 2010c)

Segundo o Instituto Agrônomo do Estado do Paraná, a temperatura média na região situa-se entre 18 e 22° C.

#### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

A fazenda, localizada no município de Carambeí tem área total de 1800 ha. Suas atividades compreendem agricultura, representando 1470 ha, produzindo alimentos, tais como: soja, trigo, milho, cevada e aveia e a suinocultura e produção de leite com média anual de 5400 t/ano.

Nesta fazenda, o sistema de biodigestão opera com dejetos de gado leiteiro e de suínos e o número de animais é pouco variável. Durante os trabalhos contabilizavam 370 e 4500, respectivamente.

O regime de alojamento dos animais é feito em barracões cobertos em espaço confinado. Seus dejetos são conduzidos com adição de água por trator com raspadeiras até a tubulação enterrada de coleta. A primeira etapa da biodigestão

ocorre no homogeneizador no qual os dejetos entram em estado semi-sólido. Neste ponto faz-se a reservação de determinado volume de dejetos fechando-se a comporta e aplica-se a homogeneização para a etapa seguinte, a do peneiramento.

A Figura 9 apresenta uma vista aérea da fazenda e do sistema de biodigestão instalado na fazenda:



FIGURA 9 - VISTA AÉREA DO SISTEMA DE BIODIGESTÃO DE ESTUDO  
 FONTE: Google (2012)

A passagem dos dejetos entre tanques ocorre por gravidade no interior de uma tubulação. O processo se inicia no homogeneizador que é fechado com certo volume de dejetos. Com capacidade de 350 m<sup>3</sup>, os dejetos são misturados pela ação de uma hélice e injeção de ar. Em seguida, no estado semi-sólido, é bombeado para uma peneira mecânica para retirada da fração sólida, seguindo para o biodigestor primário de 600 m<sup>3</sup>, depois para o biodigestor principal, com capacidade de 2500 m<sup>3</sup> e tempo de retenção hidráulica de aproximadamente 35 dias. Ainda existem duas lagoas, uma aeróbia de 1500 m<sup>3</sup>, identificada com lagoa de maturação, que tem como uma de suas funções a remoção das fibras dos

dejetos, e, posteriormente a lagoa de estocagem do biofertilizante que será aplicado na lavoura, com capacidade de 6000 m<sup>3</sup>.

O biogás gerado no sistema é tratado em um filtro para remoção de gás sulfídrico. O filtro encontra-se instalado ao lado do biodigestor principal em uma edificação coberta, constituído de oito compartimentos com capacidade aproximada de 185 L cada, ilustrado na Figura 10:



FIGURA 10 - FILTRO INSTALADO PARA REMOÇÃO DE H<sub>2</sub>S  
FONTE: O autor (2012)

O leito do filtro de remoção de H<sub>2</sub>S é formado por uma mistura de materiais, como sucata de ferro, pedra brita, uma pequena quantidade de alumínio e nylon. Esses materiais vem na mistura quando da aquisição da sucata de ferro.

A Figura 11 apresenta o fluxograma das etapas ocorrentes no sistema de biodigestão instalado na fazenda:

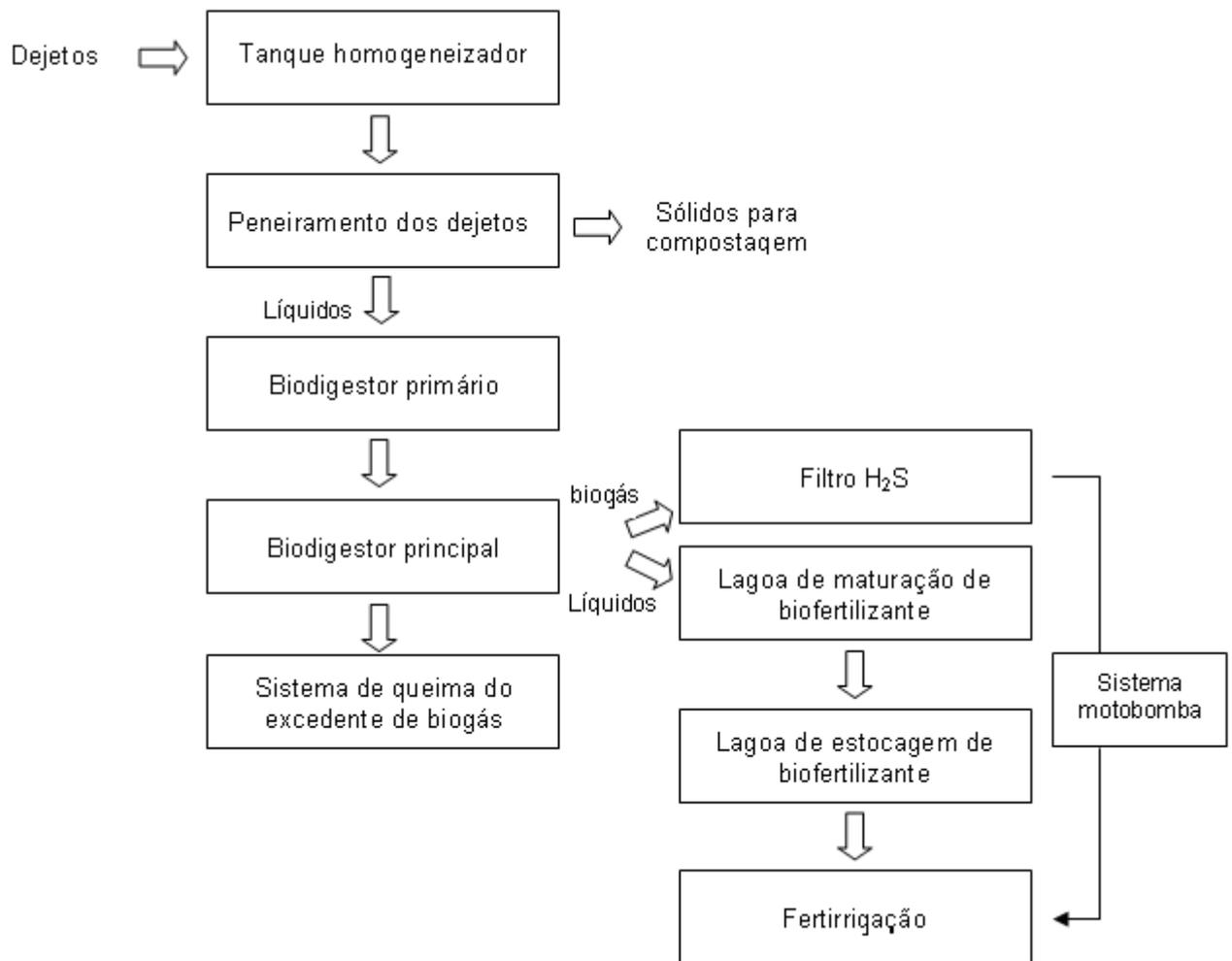


FIGURA 11 - CROQUI DO SISTEMA DE BIODIGESTÃO DO ESTUDO  
 FONTE: O autor (2012)

### 3.3 Condição operacional do sistema de biodigestão

O sistema de biodigestão estudado, composto de nove compartimentos, tem como principal finalidade produzir biofertilizante para a agricultura, uma das atividades da propriedade, assim como utilizar o biogás. Para este fim, o sistema atende de forma muito satisfatória, segundo informações do proprietário, pela qualidade do biofertilizante obtido, que pode ser notada pelo efeito de sua aplicação sobre as culturas.

Como o sistema de biodigestão utiliza a fração líquida dos dejetos dos animais, aplica-se outro tratamento à parte sólida separada antes da entrada no sistema, qual seja, a compostagem. Esta técnica, aplicada nas próprias instalações da fazenda, ocorre logo após a separação das frações na peneira. Por gravidade, a parcela líquida é conduzida por tubulação para o homogeneizador e a fração sólida é armazenada em uma carreta para ser transportada para uma área específica que fica a, aproximadamente, 80 m de distância, onde estão dispostas as leiras para a compostagem, que é a versão acelerada da degradação da matéria orgânica. Esta tubulação que transporta os dejetos das baias dos rebanhos também tem a função de armazená-los quando necessário.

Conforme Oliveira (2009), deste processo de oxidação biológica controlado, sob os aspectos da temperatura e aeração será gerada matéria orgânica rica em húmus e nutrientes minerais.

Outro aspecto é o dimensionamento dos compartimentos do biodigestor que seria significativamente superior, caso a parcela sólida fosse mantida no substrato a ser tratado.

Desta feita, todo o resíduo é tratado proporcionando ganhos na agricultura, não apenas pelos resultados na lavoura, como pela redução nos custos pela não aquisição de outros produtos fertilizantes tradicionais. Também em relação à energia mecânica para sua aplicação, uma vez que o biogás substitui o combustível de origem fóssil, neste caso o diesel, para a movimentação do motor que aciona as bombas de fertirrigação. Ainda sobre a aplicação do biofertilizante na lavoura tem-se que as motobombas o lançam com grande alcance evitando que o solo sofra compactação que seria causada pelo tráfego do maquinário necessário que faria a aplicação do produto, caso não fosse possível a utilização do sistema motobombas.

A Figura 12, em dois segmentos, apresenta a unidade motobomba instalada no sistema:



FIGURA 12 - A) UNIDADE MOTOR; B) TUBULAÇÃO PARA AS BOMBAS DE FERTIRRIGAÇÃO  
FONTE: O autor (2012)

O excesso na produção de biogás é queimada no sistema *flare*, locado ao lado do biodigestor, ilustrado na Figura 13.



FIGURA 13 - QUEIMADOR DE BIOGÁS (FLARE)  
FONTE: O autor (2012)

### 3.4 Amostragens no biodigestor

As amostragens no sistema de biodigestão tinham sua execução prevista de acordo com o primeiro programa de amostragens. Após a ocorrência de um incêndio em parte do filtro de remoção de gás sulfídrico que, após o fato, foi desligado, foram definidas novas amostragens, de acordo com o segundo programa. Os pontos de amostragens para os dois programas estão apresentados na Figura 14.

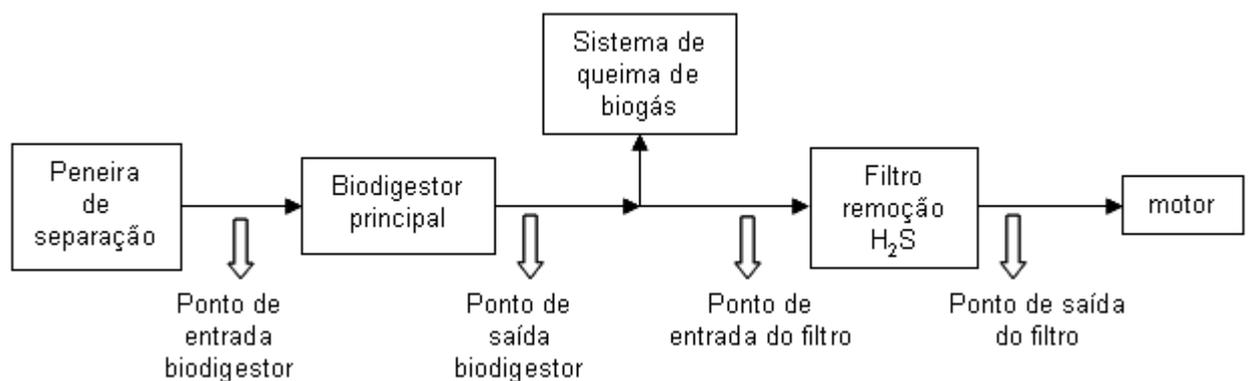


FIGURA 14 - CROQUI DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM PARA OS DOIS PROGRAMAS  
 FONTE: O autor (2012)

#### 3.4.1 Primeiro programa de amostragens

As medições no homogeneizador para a determinação do volume de dejetos afluentes no sistema ocorreram entre 24 de janeiro e 05 de fevereiro de 2012. As amostras de substrato para as análises de sólidos totais, fixos e voláteis e pH foram coletadas após a peneira de separação das frações sólida e líquida, nos pontos identificados como entrada e saída do biodigestor principal.

Para a determinação da concentração de gás sulfídrico as medições foram executadas na entrada e saída do filtro de remoção de gás sulfídrico. A temperatura e vazão do biogás foram obtidas no ponto de saída do biodigestor principal.

### 3.4.2 Segundo programa de amostragens

Neste segundo programa, as amostragens foram executadas no mês de março e abordaram os parâmetros sólidos e pH, que tiveram as amostras coletadas após a peneira de separação e também na saída do biodigestor principal.

Os parâmetros temperatura, vazão, composição de biogás, concentração de gás sulfídrico foram obtidos na saída do biodigestor principal.

### 3.4.3 Medição do volume de dejetos

A Figura 15 ilustra o equipamento medidor de nível de volume de dejetos de entrada no sistema de biodigestão.

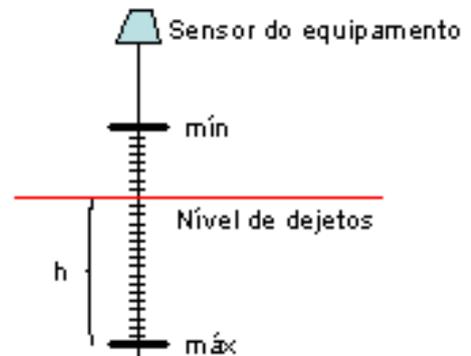


FIGURA 15 - EQUIPAMENTO MEDIDOR DE NÍVEL INSTALADO NO HOMOGENEIZADOR  
 FONTE: O autor (2012)

O medidor de nível tipo RADAR - modelo VEGAPULS66, do fabricante SICK foi instalado a 42 cm acima do nível superior do tanque e registrou o peneiramento dos dejetos durante treze dias entre o mês de janeiro e início de fevereiro. Este equipamento opera pelo princípio do microondas emitindo pequenos pulsos pelo sistema de antena até o produto a ser medido e sua superfície os reflete. Os pulsos se propagam com velocidade da luz e o tempo entre a emissão e a recepção dos

sinais pelo equipamento é proporcional ao nível do material no tanque indicando uma altura relativa. Os registros da altura medida são incluídos no cálculo juntamente com a área do homogeneizador, de 72,38 m<sup>2</sup>, resultando no volume peneirado diariamente.

#### 3.4.4 Determinação do pH

Para a determinação do parâmetro pH foi utilizado peagâmetro com eletrodo de vidro, do modelo Stratos, fabricante Knick e as amostras coletadas em recipiente plástico na entrada e saída do biodigestor.

O eletrodo de vidro é um bulbo construído em vidro especial contendo uma solução fixa de 0,1 ou 1 M de ácido clorídrico ou uma solução tamponada de cloreto em contato com o eletrodo de referência interno. O elemento sensor, situado na extremidade do bulbo é feito de membrana de vidro, que hidratada, forma uma camada de gel, externa e seletiva de íon hidrogênio. Quando do contato do eletrodo com o líquido a ser medido ocorre uma migração de íons hidrogênio entre eles e a diferença de concentração desses íons gera um potencial que é registrado pelo equipamento e este origina um valor de pH.

#### 3.4.5 Determinação do teor de gás sulfídrico

O teor de gás sulfídrico foi determinado pela coleta do biogás durante dez minutos cada coleta, em triplicata, com equipamento CPAG composto por trem de amostragem constituído por sete borbulhadores de 50 mL, na primeira campanha de amostragem e 150 mL nas outras três medições. O primeiro borbulhador fica vazio, o segundo contém isopropanol, para a retenção de trióxido de enxofre, o terceiro tem peróxido de hidrogênio, para a remoção de dióxido de enxofre, os três seguintes tem sulfato de cádmio, que reagirá com o gás sulfídrico e o último, sílica-gel que remove a umidade que poderá afetar o equipamento de medição. Os borbulhadores

com sulfato de cádmio, além do branco de campo, foram analisados em laboratório pelo método CETESB L 9.233.

A Figura 16 ilustra um esquema simplificado do processo de amostragem de gás sulfídrico.

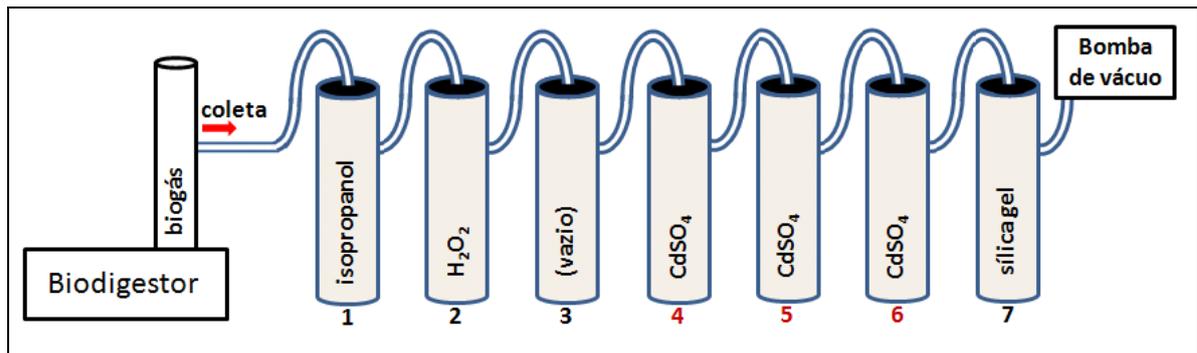


FIGURA 16 - ESQUEMA DE AMOSTRAGEM PARA DETERMINAÇÃO DE GÁS SULFÍDRICO  
 FONTE: O autor (2012)

A Figura 17 apresenta a caixa e os borbulhadores com sulfato de cádmio reagindo com o gás sulfídrico durante as amostragens realizadas.

A determinação do H<sub>2</sub>S foi realizada nos pontos de entrada e saída do filtro de remoção de H<sub>2</sub>S e na saída do biodigestor.



FIGURA 17- AMOSTRAGEM DE GÁS SULFÍDRICO  
 FONTE: O autor (2012)

### 3.4.6 Determinação dos teores de sólidos

As amostras de substrato para a determinação de sólidos totais, fixos e voláteis foram coletadas em recipientes plásticos com volumes de 200 mL em dois pontos:

- a) após a peneira na entrada do sistema de biodigestão;
- b) na saída do biodigestor para a lagoa de maturação.

Posteriormente foram analisadas em laboratório pelo método APHA, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21<sup>th</sup> edição, determinando-se a concentração dos sólidos nos três estados.

A Figura 18 apresenta a os pontos a e b onde foram coletadas as amostras para a análise dos sólidos.

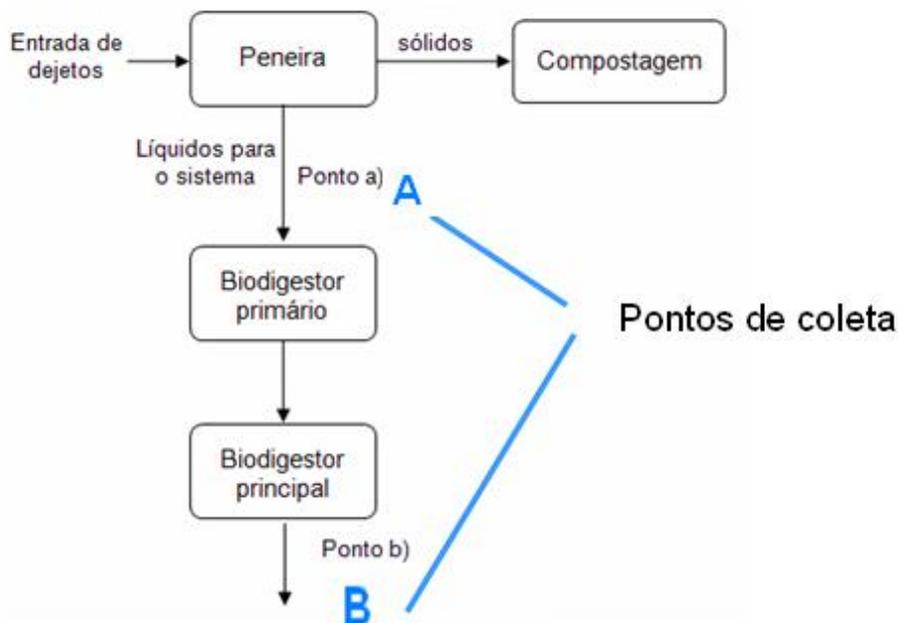


FIGURA 18 - PONTOS DE COLETA DAS AMOSTRAS DE DEJETOS PARA A DETERMINAÇÃO DE SÓLIDOS  
 FONTE: O autor (2012)

### 3.4.7 Determinação da vazão

O dispositivo Similogger, Figura 19, mede a vazão, segundo norma NBR 12827 (ABNT, 1993), em um duto a partir dos seguintes parâmetros: velocidade dos gases, com faixa de alcance entre 2,0 e 35,4 m/s, o diferencial de pressão com o tubo *Pitot* e a temperatura do fluxo gasoso com o PT 100 do equipamento. Parâmetros como densidade do gás, o coeficiente do *pitot* e o diâmetro do duto amostrado são inseridos no equipamento permitindo, assim, que sejam gerados registros a cada segundo no formato de uma planilha e destes registros são extraídos os valores médios para cada parâmetro, compondo o cálculo da vazão.



FIGURA 19 - EQUIPAMENTO DURANTE AS MEDIÇÕES DE TEMPERATURA E VAZÃO  
FONTE: O autor (2012)

Os valores para a determinação do parâmetro vazão foram obtidos na saída do biodigestor.

### 3.4.8 Coleta de biogás

A coleta da amostra do biogás foi realizada na saída do biodigestor com cilindro de aço carbono com revestimento interno de teflon, material inerte em relação ao contato com os gases, com válvulas de entrada e saída e capacidade de 0,001 m<sup>3</sup>, ilustrado na Figura 20.

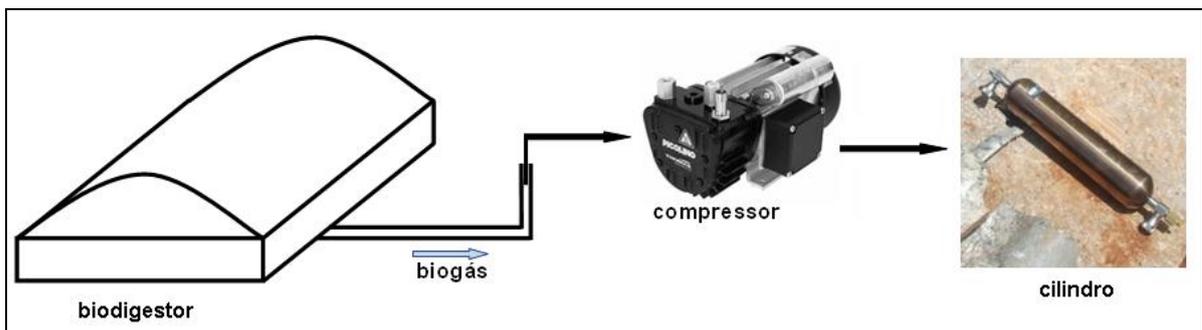


FIGURA 20 - ESQUEMA PARA A COLETA DE BIOGÁS  
FONTE: O autor (2012)

Para a compressão do biogás no cilindro foi utilizada uma bomba a vácuo com capacidade de 4 m<sup>3</sup>/h e o tempo de coleta foi de aproximadamente 5 minutos em cada coleta.

O método laboratorial aplicado para análise do biogás foi o cromatográfico com detecção por ionização de chama (FID) e Detector de condutividade térmica (TCD).

### 3.4.9 Determinação da temperatura

A medição de temperatura foi realizada por equipamento identificado como Similogger que é um receptor e conversor e tem uma sonda com um PT 100 acoplado. A sonda é inserida no duto de amostragem registrando sinais a cada segundo, numa faixa entre 4 e 20 mA e este são convertidos em temperatura numa faixa entre 0 e 600°C.

O ponto de amostragem para a determinação da temperatura foi à saída do biodigestor principal, no fluxo de gás. Os valores encontrados neste ponto são, possivelmente, menores que no interior do biodigestor.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 LEVANTAMENTO DOS PARÂMETROS DE OPERAÇÃO

As amostragens para o levantamento dos parâmetros de operação do sistema de biodigestão estudado foram realizadas de acordo com os dois programas descritos no item 3.4

#### 4.1.1 Volume de dejetos no sistema de biodigestão

O volume de entrada de dejetos no sistema em estudo foi obtido pela efetiva medição dos mesmos no tanque homogeneizador.

Os volumes diários levantados a partir das medições estão relacionados no Quadro 7.

Data	Nível (m)		Altura (m)	Volume processado (m³)
	Mínimo	máximo		
24/jan	0,42	1,16	0,74	53,6
25/jan	0,48	1,38	0,9	65,1
26/jan	0,43	1,7	1,27	91,9
27/jan	1,1	1,72	0,62	44,9
28/jan	0,64	1,04	0,4	29,0
29/jan	0,46	1,18	0,72	52,1
30/jan	0,44	1,77	1,33	96,3
31/jan	1,27	1,94	0,67	48,5
1/fev	0,46	1,44	0,98	70,9
2/fev	0,52	1,83	1,31	94,8
3/fev	0,68	1,41	0,73	52,8
4/fev	0,45	0,99	0,54	39,1
5/fev	0,59	1,21	0,62	84,7
5/fev	0,78	1,33	0,55	

QUADRO 7 - REGISTROS DOS NÍVEIS DE DEJETOS NO HOMOGENEIZADOR  
FONTE: O autor (2012)

O volume total de dejetos medidos no período resultou em 823,71 m<sup>3</sup> ou na média de 63,36 m<sup>3</sup>/dia. As oscilações diárias estão demonstradas no gráfico da Figura 21.

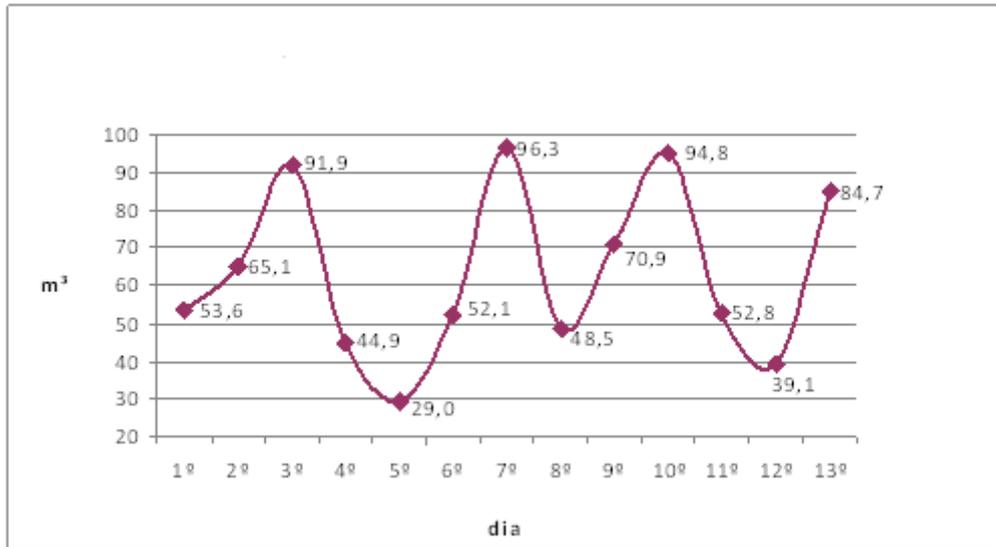


FIGURA 21 - RESULTADOS DIÁRIOS PARA O VOLUME DE DEJETOS PENEIRADO NO SISTEMA  
 FONTE: O autor (2012)

Segundo Sganzerla (1983), a geração de apenas esterco para cada bovino de 500 kg estaria próxima de 10 kg/animal/dia. Para Kunz e Oliveira (2006), a produção total de dejetos suínos estaria na faixa média de 6,7 % em relação ao peso vivo do animal. Tomando-se que os suínos da fazenda tem, aproximadamente, 90 kg/animal, cada um geraria 6,03 kg/d de dejetos. Os rebanhos somariam 30850 kg/d de dejetos. No entanto, a administração da fazenda informou que cada bovino produz 80 kg/d de dejetos enquanto os suínos 8 kg/d totalizando 65,6 m<sup>3</sup>/d. Esse montante está muito próximo do valor medido no homogeneizador de 63,36 m<sup>3</sup>/d, atribuindo-se os valores da literatura a criatórios de animais com outras finalidades.

O gráfico da Figura 21 demonstra as variações das quantidades diárias de dejetos registradas no homogeneizador no referido período. De acordo com o fluxograma do processo, tem-se que esta etapa precede o peneiramento que fará a separação das frações sólida e líquida dos dejetos. A fração sólida irá para a compostagem e a parcela líquida entrará no biodigestor iniciando o processo de biodigestão que posteriormente dará origem ao biogás.

As variações observadas na Figura 21 ocorrem, essencialmente, em função do acúmulo de dejetos nos compartimentos de condução dos dejetos para o sistema

de biodigestão. Para que os dejetos sejam tratados é preciso que haja disponibilidade de pessoal que opera as etapas de homogeneização e carregamento da parcela sólida para a área de compostagem. A etapa de homogeneização é feita quando do início do processo de alimentação do sistema com os dejetos e exige ao menos dois funcionários, um que controle a comporta de entrada dos dejetos e que opere a bomba injetora de ar no tanque de homogeneização e um motorista que transporte a parcela sólida restante do peneiramento.

O acúmulo dos dejetos bovinos é feito na própria tubulação de transporte para o homogeneizador. Os dejetos suínos, por sua vez, são armazenados em um tanque na proximidade das baias. A tubulação e o tanque que armazenam os dejetos possibilitam determinar os dias em que se pode executar estes trabalhos.

Esta condição operacional da fazenda, mais especificamente, do sistema de biodigestão, pode ser observada nos volumes apresentados no gráfico que registrou o processamento dos dejetos durante treze dias de medições.

#### 4.1.2 pH

Os valores de pH dos dejetos estão apresentados no quadro 8. Foram obtidos das amostras de dejetos coletadas após a peneira e na saída do biodigestor:

Parâmetro	16 janeiro		23 janeiro		30 janeiro		23 março	
	Após peneira	Saída digestor						
pH	6,92	7,99	-	-	7,58	7,74	7,04	7,45

QUADRO 8 - RESULTADOS DA DETERMINAÇÃO DE pH  
 FONTE: O autor (2012)

Os valores medidos no sistema estão entre 6,92 e 7,99, inseridos na faixa preconizada pela EMBRAPA (1981) de 6,0 a 8,0 e um pouco abaixo do valor máximo de 8,5 levantado por SGANZERLA (1983), portanto, dentro da faixa ideal para uma boa operação do sistema.

#### 4.1.3 Gás sulfídrico

As amostras analisadas para o parâmetro gás sulfídrico foram obtidas no fluxo gasoso à entrada e saída do filtro de remoção de H<sub>2</sub>S e, no segundo programa de amostragens, dia 23 de março, na saída do biodigestor principal. Os resultados encontrados nas análises para este parâmetro estão apresentados, resumidamente, no Quadro 9:

Parâmetro	16 janeiro		23 janeiro		30 janeiro		23 março
	Entrada filtro	Saída filtro	Entrada filtro	Saída filtro	Entrada filtro	Saída filtro	Saída digestor
H <sub>2</sub> S (mg/Nm <sup>3</sup> )	2393,5	1687,6	1815,1	2299,3	1731,9	929,7	166,4

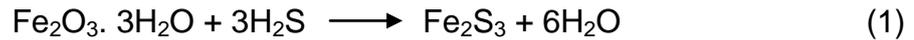
QUADRO 9 - RESULTADOS MÉDIOS PARA AS ANÁLISES DE H<sub>2</sub>S  
 FONTE: O autor (2012)

Os valores oscilaram entre 1731,9 e 2393,5 mg/Nm<sup>3</sup> na entrada e 929,7 e 2299,3 mg/Nm<sup>3</sup> na saída do filtro de H<sub>2</sub>S. As avaliações feitas sobre estes resultados sugerem que poderia haver uma possível saturação do filtro de remoção de gás sulfídrico ou que o filtro estivesse desligado, pois o valor encontrado na saída, no dia 23 de março foi 166,4 mg/Nm<sup>3</sup> de H<sub>2</sub>S .

##### 4.1.3.1 Tratamento do gás sulfídrico com sucata de ferro

O sistema de biodigestão do estudo dispõe de um filtro para minimizar a quantidade de gás sulfídrico no biogás e seu leito é constituído, essencialmente, por sucata de ferro. A remoção do gás sulfídrico se dá pela passagem do biogás pelo leito filtrante e após esta etapa, o biogás é utilizado para o acionamento do motor que fornece energia para as bombas de fertirrigação da lavoura com o biofertilizante igualmente gerado no sistema de biodigestão dos dejetos dos rebanhos.

A reação química de remoção do gás sulfídrico ocorre quando do contato do biogás com o leito filtrante e tem como produtos sulfeto de ferro e água. A equação da reação química está demonstrada abaixo:



No Quadro 10 estão demonstrados os valores obtidos nas análises laboratoriais para determinação de gás sulfídrico constituinte do biogás nas quatro amostragens (ANEXO 3).

Amostragem de gás sulfídrico			data: 16/01/2012		Entrada do filtro de remoção	
Borbulhador	Hora da amostragem		Massa coleta	Massa Branco	Volume de gás extraído	Teor de H <sub>2</sub> S
	início	fim	[µg]	[µg]	[litros <sup>3</sup> ]	[mg/Nm <sup>3</sup> ]
1	11 h 38 min	11 h 48 min	19553,0	511,0	10,9	2096,6
2	12 h 01 min	12 h 11 min	19119,0		13,22	1688,4
3	12 h 23 min	12 h 33 min	33690,0		11,76	3395,5
Amostragem de gás sulfídrico			data: 16/01/2012		Saída do filtro de remoção	
Borbulhador	Hora da amostragem		Massa coleta	Massa Branco	Volume de gás extraído	Teor de H <sub>2</sub> S
	início	fim	[µg]	[µg]	[litros]	[mg/Nm <sup>3</sup> ]
1	13 h 49 min	13 h 59 min	Análise invalidada	511,0	11,0	Análise invalidada
2	14 h 08 min	14 h 18 min	17149,0		10,0	1589,5
3	14 h 25 min	14 h 35 min	19017,0		10,0	1785,0

QUADRO 10 - RESULTADOS PARA ANÁLISES DE H<sub>2</sub>S NO BIOGÁS  
 FONTE: O autor (2012)

continua

<sup>3</sup> Litros referem-se 0° C e 760 mm Hg, seco.

Amostragem de gás sulfídrico			data: 23/01/2012		Entrada do filtro de remoção	
coleta	Hora da amostragem		Massa	Branco	Volume de gás extraído	Teor de H <sub>2</sub> S
	início	fim	[µg]	[µg]	[litros]	[mg/Nm <sup>3</sup> ]
1	11 h 45 min	11 h 55 min	34993,0	750	24,5	1661,7
2	12 h 07 min	12 h 17 min	39996,0		25,6	1831,9
3	12 h 28 min	12 h 38 min	37829,0		22,8	1951,5
Amostragem de gás sulfídrico			data: 23/01/2012		Saída do filtro de remoção	
coleta	Hora da amostragem		Massa	Branco	Volume de gás extraído	Teor de H <sub>2</sub> S
	início	fim	[µg]	[µg]	[litros]	[mg/Nm <sup>3</sup> ]
1	12 h 50 min	13 h 00 min	49535,0	750	26,3	2229,0
2	13 h 14 min	13 h 24 min	51376,0		25,0	2444,3
3	13 h 36 min	13 h 46 min	49259,0		26,5	2224,6
Amostragem de gás sulfídrico			data: 30/01/2012		Entrada do filtro de remoção	
coleta	Hora da amostragem		Massa	Branco	Volume de gás extraído	Teor de H <sub>2</sub> S
	início	fim	[µg]	[µg]	[litros]	[mg/Nm <sup>3</sup> ]
1	11 h 45 min	11 h 55 min	31354,0	82,5	21,0	1518,2
2	12 h 10 min	12 h 20 min	38527,0		21,0	1815,2
3	12 h 35 min	12 h 45 min	40981,0		22,0	1862,3

QUADRO 10 - RESULTADOS PARA ANÁLISES DE H<sub>2</sub>S NO BIOGÁS  
 FONTE: O autor (2012)

continuação

Amostragem de gás sulfídrico			data: 30/01/2012	Saída do filtro de remoção		
coleta	Hora da amostragem		Massa	Branco	Volume de gás extraído	Teor de H <sub>2</sub> S
	início	fim	[µg]	[µg]	[litros]	[mg/Nm <sup>3</sup> ]
1	14 h 06 min	14 h 16 min	28372,0	82,5	22,0	1286,1
2	14 h 32 min	14 h 42 min	20278,0		22,0	917,9
3	14 h 56 min	15 h 06 min	13036,0		22,0	585,0
Amostragem de gás sulfídrico			data: 23/03/2012	Saída do biodigestor		
coleta	Hora da amostragem		Massa	Branco	Volume de gás extraído	Teor de H <sub>2</sub> S
	início	fim	[µg]	[µg]	[litros]	[mg/Nm <sup>3</sup> ]
1	12 h 15 min	12 h 25 min	4600,0	68,0	26,9	168,3
2	12 h 40 min	12 h 51 min	6032,0		28,8	207,1
3	13 h 01 min	13 h 11 min	2249,0		17,6	124,1
Maior concentração de H <sub>2</sub> S	Valor médio amostra de 16 janeiro	2393,5 [mg/Nm <sup>3</sup> ]				

QUADRO 10 - RESULTADOS PARA ANÁLISES DE H<sub>2</sub>S NO BIOGÁS  
 FONTE: O autor (2012)

conclusão

Para se estimar a massa de óxido de ferro necessária para a remoção do H<sub>2</sub>S existente no biogás, utilizou-se a pior condição resultante das análises de 0,0023935 kg/m<sup>3</sup> de biogás. Este valor corresponde à concentração de 1576,9 ppm, dentro da faixa preconizada por Tippayawong e Thanompongchart (2010, tradução nossa) com valores entre 100 a 10000 ppm.

De acordo com a equação da reação química, tem-se que 1 mol de óxido de ferro, que tem massa molecular 159,67 g reage com 3 mols de gás sulfídrico, que tem massa molecular 102,24 g.

Calculou-se a massa em quilogramas de óxido de ferro, substância que reage com o gás sulfídrico, para sua remoção em um metro cúbico de biogás, conforme cálculo abaixo:

$$\begin{aligned}
 159,67 \text{ kg (Fe}_2\text{O}_3) & \text{-----} 102,24 \text{ kg (H}_2\text{S)} \\
 x & \text{-----} 0,0023935 \text{ kg/Nm}^3 \text{ (H}_2\text{S)} \quad (2) \\
 x & = 0,003738 \text{ kg Fe}_2\text{O}_3
 \end{aligned}$$

Projetando-se para a produção mensal de biogás, considerou-se a maior vazão medida no sistema, de 156,8 Nm<sup>3</sup>/h ou 112896 Nm<sup>3</sup>, e nesta condição tem-se 270,22 kg de H<sub>2</sub>S. Logo, se para cada metro cúbico de biogás são necessários 0,003738 kg de óxido de ferro, para a remoção do H<sub>2</sub>S, estima-se que, mensalmente, serão necessários 422,0 kg de óxido de ferro. Esta massa se refere somente à sucata de ferro componente da mistura que compõe o leito filtrante.

A remoção do gás sulfídrico do biogás, na sua totalidade, não é essencial, porém, alongaria a vida útil do motor e componentes. Considerando que o volume total das bombonas é 1480 litros, vale ressaltar que esta massa de óxido de ferro deve garantir a operação do filtro durante alguns meses. Segundo informações da administração da fazenda a prática de troca do leito filtrante ocorre com frequência semestral.

Uma medida operacional relativa ao sistema e filtragem é a utilização de duas linhas independentes, de forma que uma delas estaria em funcionamento enquanto a outra estivesse em manutenção, evitando-se o desligamento do filtro.

#### 4.1.4 Teores de sólidos

Os teores de sólidos voláteis caracterizam a fração orgânica de material que será fermentado para produzir o biogás. Quanto maior for sua concentração na biomassa, maior será a produção de biogás, considerando a eficiência do biodigestor. Recomenda-se, para tanto, um valor mínimo de 120 gSV/kg de matéria seca (EMBRAPA, 1981).

No Quadro 11 e no Anexo 1 estão apresentados os resultados das análises para os sólidos totais, voláteis e fixos das três amostragens realizadas para estes parâmetros:

Parâmetros amostrados (16 de janeiro de 2012)						
Amostra	Sólidos totais (matéria seca) (mg/L)		Sólidos Fixos (mg/L)		Sólidos Voláteis (mg/L)	
	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída
1	20168	6264	2873	1261	17295	5000
2	20802	6890	2868	1478	17934	5412
Parâmetros amostrados (31 de janeiro de 2012)						
Amostra	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída
1	25356	17146	6412	4696	18944	12459
2	26758	13494	6434	5174	20234	8320
Parâmetros amostrados (23 de março de 2012)						
Amostra	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída
1	25600	10400	5926	4554	19734	5846
2	19728	13508	5660	4842	14068	8666
Médias utilizadas entre três coletas	23068,7	-	5028,8	-	18034	7617,2
Degradação da matéria orgânica	58 %					

QUADRO 11 - RESULTADOS ENCONTRADOS PARA OS SÓLIDOS TOTAIS, FIXOS E VOLÁTEIS  
FONTE: O autor (2012)

Uma baixa concentração encontrada nas análises de sólidos voláteis pode ser atribuída a um grande aporte de água no sistema, normalmente de bebedouros, entrada de água de chuva e lavagem excessiva das baias (OLIVEIRA, [s.d]).

De acordo com Higarashi (2005 citado por SEGANFREDO, 2007) uma boa eficiência no peneiramento também contribui para a diminuição dos sólidos voláteis, já que estes são uma parcela dos totais.

Quanto mais alto o teor de matéria seca, menor a quantidade de água nos dejetos (MIRANDA; GOSMANN; ZARDO, 1999 citado por GASPAR, 2003).

A matéria seca, bem como os sólidos voláteis, indicam o grau de diluição dos dejetos. Estes valores podem ser bastante variáveis mesmo dentro da mesma

criação de animais em função de sua idade, tipo de alimentação e local de coleta (EMBRAPA, 2002).

A diluição dos dejetos de animais pode ocorrer de diversas formas. Uma delas pela água adicionada para o escoamento pelas tubulações de condução ao sistema de tratamento.

De acordo Nogueira (1986), a diluição dos dejetos é necessária e a orientação para esta relação na operação de biodigestores é que se aplique uma proporção entre água e dejetos e estes valores estão apresentados no Quadro 12:

Esterco	Litros de água adicionada por 100 kg de esterco	Relação em peso água/peso
Bovino	100	1:1
Suíno	130	1:1,3

QUADRO 12 - RELAÇÃO ÁGUA/DEJETOS PARA A ENTRADA EM SISTEMAS DE BIODIGESTÃO  
 FONTE: NOGUEIRA (1986)

Para Sganzerla (1983), o volume de água misturado com o substrato de entrada no sistema deve estar em torno de 90% do peso do substrato, porque tanto o excesso quanto sua falta são prejudiciais à formação de biogás. Já para Barrera (1993), o volume de água adicionada deve ser igual ao volume dos dejetos, tanto para esterco bovino quanto para esterco suíno.

No caso do sistema em estudo, o aporte de água no sistema de biodigestão é originário das águas da limpeza das instalações dos animais, de sua dieta, que apresenta alguma variação durante o ano e das chuvas. Estes contribuintes, no caso em estudo, não são controlados por nenhum tipo de equipamento, ou seja, a água de entrada não pode ser quantificada.

Segundo Oliveira (2005 citado por LINDEMEYER, 2008), os sólidos voláteis podem representar entre 70 e 75% dos sólidos totais e 80 a 85 % para a EMBRAPA (1981). No sistema em estudo, o Quadro 11, apresenta o valor encontrado de 78 % para esta relação. Para a taxa de degradação da matéria orgânica o percentual foi de 58 %, baixo em relação aos 80% sugeridos por (BARROS *et al.*, 2009).

Os sólidos totais representam a matéria seca que de acordo com experiências realizadas no Brasil podem variar de 3 a 8% do valor de entrada dos dejetos no sistema, faixa encontrada na relação entre os sólidos (SCHERER *et al.*,

1996 citado por LINDEMEYER 2008; OLIVEIRA; 2008 citado por LINDEMEYER 2008).

Para a EMBRAPA (1981) esta faixa estaria entre 7 e 9 %. No sistema em estudo encontraram-se 2,3 % nesta relação, considerando os valores médios entre as três coletas, valor percentual correspondente a 23068,7 mg de sólidos totais para cada litro de substrato analisado. Os 2,3% de matéria seca foram determinados em função da equivalência entre mg/L e ppm, que é uma notação adimensional, além da densidade da amostra de dejetos ter sido considerada com valor próximo ao da água.

Uma diferença pode ser apontada entre as amostragens do dia 23 de março. Os frascos com as amostras foram disponibilizadas para análise no terceiro dia após a coleta. No entanto, os resultados obtidos não evidenciam qualquer alteração ou resultados inesperados. Entende-se que este fato não influenciou o condicionamento das mesmas, e que as condições de armazenamento foram adequadas.

De acordo com os resultados do Quadro 11, um cálculo para se estimar a produção de biogás foi aplicado com os valores médios encontrados entre as amostras. Os sólidos voláteis resultantes da biodigestão levaram em consideração a média entre as três amostras, ou seja, 18,03 g/L, para a entrada e 7,6 g/L para a saída. O valor encontrado para a diferença entre a entrada e saída do biodigestor foi de 10,43 g/L.

Essa massa corresponde à matéria seca à entrada no sistema, ou seja, 23,07 g/L. No sistema em estudo, pelos resultados das análises laboratoriais, essa massa de entrada gera 18,03 g/L de sólidos voláteis. Se a massa de matéria seca encontrada no sistema em estudo fosse comparada com o sugerido pela EMBRAPA (1981), de que para cada quilo de matéria seca a produção de sólidos voláteis seria no mínimo 120 g SV/kg, o sistema em estudo, que gera 18,03 gSV para cada 0,023 kg de matéria seca, produziria 781,5 g SV/kg, o que sugere uma produtividade na geração de biogás maior em aproximadamente seis vezes.

#### 4.1.5 Vazão de biogás no sistema de biodigestão

A vazão do biogás medida foi obtida no ponto de medição à saída do biodigestor e os valores estão apresentados no Quadro 13.

Data	16 janeiro	23 janeiro	30 janeiro	23 março
Horário	Não medida	13 h 01 min 13 h 16 min	14 h 09 min 14 h 22 min	13 h 56 min 14 h 04 min
Vazão (Nm <sup>3</sup> /h) (N→O° C e 760 mm Hg)		156,8 (saída do biodigestor)	62,4 (saída do biodigestor)	124,4 (saída do biodigestor)

QUADRO 13 - VALORES MEDIDOS PARA A VAZÃO DE BIOGÁS  
FONTE: O autor (2012)

As vazões medidas em cada uma das três campanhas demonstraram valores 156,8, 62,4 e 124,4 Nm<sup>3</sup>/h, relativamente equilibrados a não ser pelos 62,4 Nm<sup>3</sup>/h. Estes valores podem ser atribuídos à condição para as medições pelo fato do fluxo gasoso ter uma velocidade variável no duto. Este comportamento dos gases obriga o técnico da amostragem a encontrar uma posição para a sonda onde seja possível uma leitura com valor mínimo de 2 m/s, capacidade de leitura do equipamento. Esta posição normalmente é obtida no centro do duto onde o fluxo é mais contínuo e a velocidade é maior.

Estes valores médios foram obtidos de, aproximadamente, quinhentos a oitocentos registros gerados pelo equipamento por segundo.

Os valores de vazão de biogás foram determinados de duas formas tendo-se por base o volume de dejetos passando pelo sistema de biodigestão:

a) vazão de biogás medida: vazão medida com o tubo *Pitot* na saída do biodigestor;

b) vazões de biogás calculadas:

- considerou o volume de dejetos medidos no homogeneizador e a diferença na concentração média de sólidos voláteis determinada entre a entrada e saída do biodigestor principal;

- considerou uma produção média de biogás em função do número e tipo de animais, a matéria seca gerada pelo sistema de biodigestão e a taxa de produção de biogás, sugerida pela literatura.

#### 4.1.5.1 Vazões de biogás calculadas pelos dados dos dejetos

A produção de biogás está vinculada aos volumes de dejetos alimentados diariamente no sistema de biodigestão que, segundo informações da administração da fazenda, perfazem um total de 65,6 m<sup>3</sup>/d, relativos aos 4870 animais, valor muito próximo do medido no homogeneizador de 63,36 m<sup>3</sup>/d, considerado no cálculo.

O potencial de produção de biogás do sistema foi calculado pelo volume de dejetos medidos à entrada, no homogeneizador, e os sólidos voláteis resultantes do processo de biodigestão, determinados pelo valor médio entre entrada e saída, que resultaram em 10,43 kg/m<sup>3</sup>, conforme Quadro 11.

$$63,36 \text{ m}^3/\text{d} \times 10,43 \text{ kg/m}^3 = 660,84 \text{ kg/d} \quad (3)$$

Levando-se em consideração a densidade do biogás, a produção horária é:

$$660,84 \text{ kg/d} / 1,066 \text{ kg/m}^3 = 619,93 \text{ m}^3/\text{d} = 25,83 \text{ Nm}^3/\text{h} \quad (4)$$

#### 4.1.5.2 Vazão de biogás calculada pelo número e tipo de animais

Esta vazão foi calculada em função do número de animais, ou seja, 370 vacas de leite e 4500 suínos. Segundo a administração da fazenda o volume diário de dejetos para as vacas de leite é de 80 kg por animal e para os suínos de 8 kg de dejetos por animal. Os cálculos também consideraram o valor obtido das análises para os sólidos totais de 23068,7 mg/L que correspondem a 2,3 % de matéria seca, determinados em função da equivalência entre mg/L e ppm, que é uma notação adimensional, além da densidade da amostra de dejetos ter sido considerada com valor próximo ao da água.

Desta forma, foi estimado o volume de matéria seca gerada por cada rebanho, separadamente:

- a) 370 vacas de leite x 80 kg/d x 2,3 % = 680,8 kg MS/d
- b) 4500 suínos x 8 kg/d x 2,3 % = 828 kg MS/d

A literatura apresenta alguns valores que estão apresentados no Quadro 14 para a produção de biogás originária de dejetos bovinos e suínos, em relação à matéria seca:

Biomassa	Produção de biogás (m <sup>3</sup> /kg) de matéria seca		
	Sganzerla (1983)	Nogueira (1986)	Barrera (1993)
Bovino	0,27	0,27 - 0,36	0,27
Suíno	0,56	0,46 - 0,56	0,56

QUADRO 14 - RELAÇÃO PRODUÇÃO DE BIOGÁS/MATÉRIA SECA  
 FONTE: SGANZERLA (1983); NOGUEIRA (1986); BARRERA (1993)

Aplicando-se sobre a produção diária de dejetos os valores médios para a produção de biogás demonstrados no Quadro 14 tem-se:

- a) para as 370 vacas de leite:  $680,8 \text{ kg MS/d} \times 0,3 \text{ m}^3/\text{kg MS} = 204,2 \text{ m}^3/\text{d}$  de biogás
- b) para os 4500 suínos:  $828,0 \text{ kg MS/d} \times 0,5 \text{ m}^3/\text{kg MS} = 414,0 \text{ m}^3/\text{d}$  de biogás

Somando-se as vazões calculadas a) e b) chega-se a  $618,2 \text{ m}^3/\text{d}$ . Para Fischer (2012, informação verbal<sup>4</sup>), um valor esperado para a geração de biogás por quilo de matéria seca está em torno de  $0,25 \text{ m}^3$ , tanto para vacas de leite quanto para suínos. Se fossem considerados os  $680,8 \text{ kgMS/d}$  para o rebanho de vacas de leite e  $828 \text{ kgMS/d}$  para o suíno e os  $0,25 \text{ m}^3$  de biogás por quilo de matéria seca teria-se  $377,2 \text{ m}^3/\text{d}$  de biogás.

#### 4.1.5.3 Considerações sobre a vazão

As vazões calculadas com valores entre  $377,2$  e  $619,83 \text{ Nm}^3/\text{d}$  consideraram o volume de entrada dos dejetos e os sólidos voláteis resultantes das amostragens e a literatura. Entende-se que são mais confiáveis do que as medições que, por sua vez, foram obtidas das médias de curtos períodos de amostragem. Em função desta avaliação foi tomada para a continuidade do trabalho um valor médio entre estes dois valores calculados, ou seja,  $498,5 \text{ Nm}^3/\text{d}$ .

<sup>4</sup> FISCHER, K.M. **Informação Verbal**. Curitiba, 2012.

#### 4.1.6 Caracterização do biogás

##### 4.1.6.1 Composição do biogás

As análises da composição do biogás para as três amostras apresentaram os valores constantes do Quadro 15 e do Anexo 2:

Amostra do dia 16 de janeiro de 2012	
Metano (CH <sub>4</sub> )	71,0 %
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	27,8 %
Nitrogênio (N <sub>2</sub> )	0,5 %
Oxigênio (O <sub>2</sub> )	0,0 %
Amostra do dia 30 de janeiro de 2012	
Metano (CH <sub>4</sub> )	50,2 %
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	19,2 %
Nitrogênio (N <sub>2</sub> )	24,2 %
Oxigênio (O <sub>2</sub> )	6,2 %
Amostra do dia 23 de março de 2012	
Metano (CH <sub>4</sub> )	71,2 %
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	28,2 %
Nitrogênio (N <sub>2</sub> )	0,32 %
Oxigênio (O <sub>2</sub> )	0,01 %

QUADRO 15 - RESULTADOS PARA A COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS DO SISTEMA DE BIODIGESTÃO

FONTE: O autor (2012)

Uma boa condição para a concentração de metano no biogás estaria em torno de 50 e 75 %. Analisando os resultados para a composição do biogás entende-se que a amostra do dia 30 de janeiro é discrepante em relação às outras duas, sugerindo que o cilindro utilizado para a coleta da amostra estava contaminado com ar. Sendo assim, esta amostra não foi considerada no valor médio para o metano de 71,1 % estabelecido como representativo para este estudo. De acordo com a faixa apresentada por Nogueira (1986) considera-se o biogás do estudo com elevado potencial combustível.

#### 4.1.6.2 Cálculo da densidade do biogás

A densidade do biogás foi calculada a partir dos valores encontrados para cada componente do biogás:

$$\text{Densidade} = \frac{\text{massa molar}}{\text{volume molar}} \quad (5)$$

$$\frac{[(\%CH_4 \times MM_{\text{metano}}) + (\%CO_2 \times MM_{\text{gás carbônico}}) + (\%N_2 \times MM_{\text{nitrogênio}}) + (\%O_2 \times MM_{\text{oxigênio}})]}{22,4 \text{ m}^3/\text{kmol (CNTP)}}$$

$$\text{Densidade do biogás} = 1,066 \text{ kg/m}^3$$

Segundo Nogueira (1986), em razão da baixa densidade do biogás são necessários grandes volumes para fornecer a mesma energia que alguns outros combustíveis líquidos.

#### 4.1.7 Cálculo do poder calorífico do biogás

O poder calorífico do biogás depende do seu teor de metano e grau de umidade, considerando que a digestão se dá em meio saturado de vapor d'água. Se o gás é desumidificado e tem o dióxido de carbono removido, o valor da concentração de metano se elevará, podendo aproximar-se de 9000 kcal/m<sup>3</sup> (NOGUEIRA, 1986).

O poder calorífico inferior do metano, segundo Fischer (2011, não publicado), pode ser obtido da relação entre a concentração do metano encontrado no biogás e um número aproximado de 8574,56 kcal/m<sup>3</sup>, valor que considera a retirada do CO<sub>2</sub> e da umidade do biogás. No caso em estudo encontraram-se 71,1% de metano no biogás.

Sendo assim, o poder calorífico do biogás em estudo pode ser determinado pela relação feita no seguinte cálculo:

$$\text{Poder calorífico inferior} = 8574,56 \text{ kcal/m}^3 \times 71,1 \% \text{CH}_4 \text{ [kcal/m}^3\text{]}$$

(6)

Temos:

$$\text{Poder calorífico inferior} = 6096,5 \text{ kcal/m}^3$$

(7)

O cálculo permite aproximar o valor do poder calorífico do biogás, ressaltando-se que, neste caso, não foram removidos a umidade e o dióxido de carbono, de forma que o valor real será menor do que o calculado de 6095,5 kcal/m<sup>3</sup>.

#### 4.1.8 Tempo de retenção hidráulica

O tempo de retenção do sistema de biodigestão foi calculado considerando-se o volume de entrada de substrato no sistema:

$$\text{TRH} = V_b / V_d \quad (8)$$

Onde:

TRH: tempo de retenção hidráulica;

 $V_b$ : volume biodigestor (m<sup>3</sup>);e $V_d$ : volume de dejetos alimentados no biodigestor (m<sup>3</sup>/d).

Então:

$$\text{TRH} = 2500 \text{ m}^3 / 63,36 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{TRH} = 39,5 \text{ dias}$$

O tempo de retenção define o volume da câmara de fermentação, que por sua vez, corresponde ao tempo em que o volume diário ficará retido até a

degradação da matéria orgânica. Um valor de 20 dias pode ser considerado o mínimo e 60 como máximo.

Para biodigestores de área rural o tempo padrão é de 40 dias, encontrando-se boa qualidade para o biofertilizante (MOTTA, 1986). Desta forma o tempo de retenção hidráulica calculado a partir do volume de dejetos medido na entrada do sistema é coerente com o aplicado no sistema de biodigestão, ou seja, aproximadamente 40 dias.

#### 4.1.9 Temperatura

Os resultados para o parâmetro temperatura obtidos nas quatro campanhas de medições estão apresentados no Quadro 16.

Parâmetro	16 janeiro		23 janeiro		30 janeiro		23 março
	Entrada Filtro H <sub>2</sub> S	Saída Filtro H <sub>2</sub> S	Entrada Filtro H <sub>2</sub> S	Saída Filtro H <sub>2</sub> S	Entrada Filtro H <sub>2</sub> S	Saída Filtro H <sub>2</sub> S	Saída biodigestor
Temperatura (° C)	28,5		27,4		28,7		27,1
Horário			13 h 01 min 13 h 16 min	14 h 09 min 14 h 22 min	13 h 56 min 14 h 04 min		

QUADRO 16 - RESULTADOS PARA MEDIÇÕES DE TEMPERATURA DO BIOGÁS  
 FONTE: O autor (2012)

As temperaturas encontradas nas medições na saída do biodigestor deste estudo ficaram entre 25,9 e 28,4° C, verificando-se a faixa mesofílica de produção de biogás, que compreende as temperaturas entre 20 e 45° C (NOGUEIRA, 1986). No entanto, entende-se que a temperatura no interior da câmara de biodigestão é maior do que os valores apresentados no Quadro 16.

No caso em estudo, as amostragens ocorreram nos meses de verão, entre janeiro e março de 2012, de forma que se pode estimar que a variação de temperatura seja menor neste período, interferindo de maneira mais amena na produção de biogás, ou seja, com a pequena oscilação na temperatura a produção é mais estável. O biodigestor é coberto com lona preta que contribui com a manutenção da temperatura, especialmente durante os meses de inverno.

Uma análise sobre a condição de temperatura de operação de sistemas de biodigestão foi feita de acordo com Chen (1983), Wellinger (1984, tradução nossa) e Barrera (1993).

Um levantamento das faixas de temperatura em que poderia ocorrer um aumento na produção de biogás está apresentado no Quadro 17:

Fonte	Chen 1983	Wellinger 1984	Barrera 1993
Aumento	29,2 %	40 %	28%
	Entre 20 – 35° C	Entre 28 – 35° C	Entre 25 – 35° C
Aumento por ° C	1,95 %	5,71 %	2,8%

QUADRO 17 - RELAÇÃO TEMPERATURA PRODUTIVIDADE DE BIOGÁS

FONTE: CHEN (1983), WELLINGER (1984, tradução nossa); BARRERA (1993)

Para Chen (1983), observando-se o gráfico da Figura 3, o incremento na produtividade de biogás com TRH de 30 dias, para taxa de alimentação de biomassa no intervalo entre 55 e 70 kg SV/m<sup>3</sup>, pontos máximos de produtividade, considerando-se uma temperatura inicial de operação de 20 e passando-se a operar a 35° C, haveria um aumento na produção de biogás na ordem de 30%.

Na análise de Wellinger (1984, tradução nossa), o gráfico da Figura 4 demonstra que entre 28 e 30° C ocorre um aumento de, aproximadamente, 20 % na produção de biogás. Em uma segunda faixa entre 28 e 35° C o incremento é de 45 m<sup>3</sup>/d, alcançando-se 40 % de aumento na produção de biogás.

Nas avaliações de Barrera (1993), considerando o tempo de retenção hidráulica do sistema em estudo, que é de, aproximadamente 40 dias, ou 5,6 semanas, entende-se que há um incremento progressivo na produção de biogás observando o intervalo entre 20 e 55° C do gráfico da Figura 5.

Se pela observação do gráfico pretender-se quantificar um possível aumento na produção de biogás tem-se que:

a) o sistema em estudo corresponde a 39,5 dias de tempo de retenção hidráulica.

b) Em relação à temperatura, os valores medidos no estudo ficaram entre 25,9 e 28,4° C, a média, 27° C. Do gráfico obteve-se 0,100 m<sup>3</sup> de biogás para 25° C e 0,128 m<sup>3</sup> de biogás para 35° C, ou seja, um incremento próximo dos 28 %.

O gráfico que baseia estas ponderações aborda o esterco bovino sob o aspecto do incremento da temperatura. O rebanho entre suínos e bovinos compreende 4870 animais, dentre eles apenas 370 bovinos. No entanto, esta parcela representa quase metade do volume total diário de dejetos.

Em função desta representatividade considera-se que a discussão sobre o incremento da temperatura pode ser aplicada a este sistema misto.

Sob o aspecto da influência do aumento da temperatura visando ao incremento da produção de biogás, uma medida a ser implementada seria a instalação de uma serpentina ao logo da câmara de fermentação (MOTTA, 1986).

Este mecanismo introduzirá calor no interior do biodigestor provocando o deslocamento do substrato por convecção, que, simultaneamente, favorecerá a produção de biogás.

#### 4.1.10 Potencial atual para geração de energia elétrica

O potencial de energia estimado para o biogás do sistema de biodigestão em estudo foi 6096,5 kcal/m<sup>3</sup>.

Se 1 kcal corresponde a 4,184 kJ então:

$$6096,5 \text{ kcal/m}^3 = 25507,7 \text{ kJ/m}^3, \text{ ou } 25507,7 \text{ kWs/m}^3. \quad (9)$$

Temos que a energia de combustão do biogás é 7,085 kWh/m<sup>3</sup>.

De acordo com Santos (2000 citado por LINDEMEYER, 2008), 1 m<sup>3</sup> de biogás equivale a 6,5 kWh, correspondentes à energia da combustão. Para a geração de energia elétrica obteve-se 2,0 kWh/m<sup>3</sup> de biogás, considerando-se uma eficiência de 30,8 %, como demonstrado na equação 10, dentro da faixa de 30-45%, segundo a German Biogas Association (2011, tradução nossa):

$$\text{Eficiência (\%)} = (2\text{kWh}/6,5 \text{ kWh/m}^3) \times 100 \quad (10)$$

$$\text{Eficiência (\%)} \cong 30,8$$

O cálculo do potencial de geração de energia elétrica utilizou a menor vazão encontrada no sistema em estudo correspondente à relação entre o volume diário de dejetos à entrada e da massa de sólidos voláteis determinados pela análise laboratorial.

Para a eficiência de 30,8 % tem-se 2,18 kWh de energia elétrica, relativos a cada metro cúbico de biogás.

Para a vazão média estabelecida para este estudo de 498,5 Nm<sup>3</sup> de biogás/dia ou 14955,4 m<sup>3</sup>/mês, o potencial de energia elétrica foi calculado e resultou em:

$$14955,4 \text{ m}^3/\text{mês} \times 2,18 \text{ kWh} = 32602,7 \text{ kWh/mês} \quad (11)$$

#### 4.1.11 Balanço energético

Como visto anteriormente a queima do biogás possibilitaria a geração de energia elétrica, com um rendimento calculado em 30,8 %, ou seja, 25507,7 kJ, sendo que os restantes 69,2 % seriam energia dissipada, principalmente sob forma de calor. Esse montante não aproveitado corresponde a 17650,0 kJ/m<sup>3</sup>. Uma representação esquemática do balanço energético está apresentada na Figura 22.

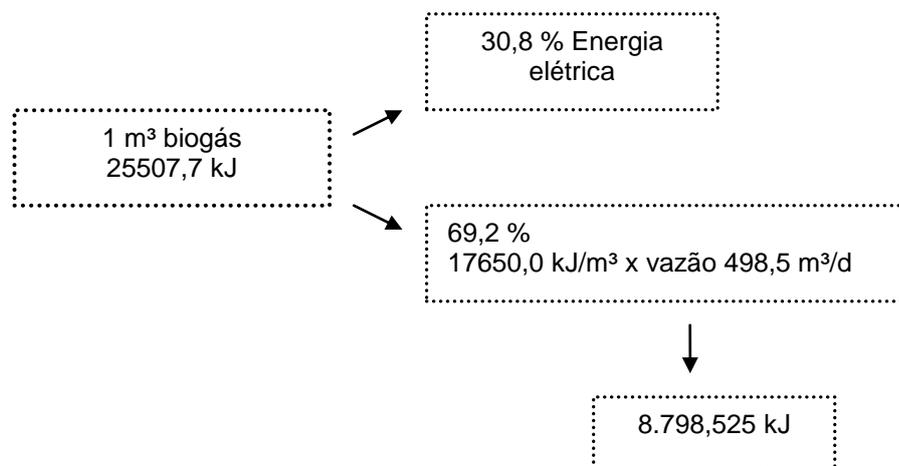


FIGURA 22 - BALANÇO ENERGÉTICO PARA O SISTEMA DE BIODIGESTÃO  
 FONTE: O autor (2012)

Uma análise preliminar sobre o potencial não aproveitado pela geração de energia elétrica, ou seja, para os 69,2 % restantes tem-se 17650,0 kJ/m<sup>3</sup> de biogás, que se multiplicados pela vazão média de 498,5 m<sup>3</sup>/d obtida nos cálculos totalizam 8.798.525 kJ/d. Este montante de energia está disponível para aumentar a temperatura do biodigestor pelo qual passam diariamente 63,36 m<sup>3</sup> de dejetos. Para conhecer o possível aumento na produção é preciso conhecer a capacidade térmica dos dejetos e esta informação não está disponível.

Entretanto, por sua proximidade com a água sua capacidade térmica de 4,184 J/kg K foi utilizado nos cálculos. Logo, uma quantidade de 63,36 m<sup>3</sup>, ou 63360 kg que podem ser aquecidos com 8.798.525 kJ, ou seja, por, aproximadamente, 33° C. Este seria o valor total, desde que não houvessem perdas de calor no sistema. Na prática, entretanto ocorrem perdas.

De acordo com Wellinger (1984, tradução nossa), em estudos em instalações na Europa, onde a temperatura média ambiente é menor que no Brasil, as perdas para o aquecimento de sistemas de biodigestão podem chegar a um valor próximo de 50%. Na Europa a operação de biodigestores conta com isolamento térmico para a manutenção da temperatura nos sistemas, como por exemplo, revestimentos dos tanques, e, mesmo entendendo-se que no Brasil as instalações são mais simples e não dispõem destas condições as perdas não seriam maiores, principalmente em função da temperatura média ambiente ser mais amena. Assim, entende-se que os 50 % podem ser aplicados sobre o sistema em estudo.

De forma conservadora e calculando-se com 1,95 % do quadro 17 para o aumento de produção de biogás a cada grau Celsius, encontrados por Chen (1983), de acordo com a avaliação de Wellinger (1984, tradução nossa), teriam-se disponíveis 16,5° C, correspondentes aos 33° C calculados e este percentual geraria um aumento na produção de biogás próximo de 32 %.

Uma proposição para a obtenção do aumento da produção de biogás é a instalação de um sistema de aquecimento no interior do biodigestor principal, composto, essencialmente, por uma serpentina com fluido aquecido pela própria energia fornecida pelo sistema. Este equipamento elevaria a temperatura de operação e, conseqüentemente, a produção de biogás.

#### 4.1.12 Potencial para geração de energia elétrica

Para se estimar uma possível melhoria no sistema foram considerados os valores obtidos nos cálculos baseados em Chen (1983 citado por EMBRAPA, 2006) e Wellinger (1984, tradução nossa) e a vazão média diária calculada. Os valores encontrados estão apresentados no Quadro 18 e sugerem um aumento na produção de biogás.

	Sistema atual	Sistema proposto
Temperatura [° C]	27	43,5
Produção de biogás [m <sup>3</sup> /d]	498,5	659,01
Geração de energia elétrica [kWh/mês]	25507,7	33721,2

QUADRO 18 - COMPARAÇÃO ENTRE O SISTEMA ATUAL E O PROPOSTO

FONTE: O autor (2012)

O cálculo de Wellinger (1984, tradução nossa) demonstra que aplicando-se a energia térmica disponível de 69 % poderia-se elevar a temperatura interna do biodigestor a um valor próximo de 43,5° C e que esta promoveria um aumento na produção de biogás na ordem de 32%, resultando em 659 m<sup>3</sup>/d a mais na geração de biogás diária.

As avaliações feitas sobre o potencial energético do biogás sugerem que a energia contida nos 69 % poderiam embasar um estudo de viabilidade econômica sobre a implantação do sistema de aquecimento no biodigestor.

## 5 CONCLUSÕES

Os resultados das medições de volume de entrada dos dejetos de 63,36 m<sup>3</sup>/d revelaram valores maiores do que o apresentado pela literatura, ou seja, bovinos de 500 kg gerariam, aproximadamente, 10 kg/dia de dejetos e suínos de 90 kg, 6 kg/dia. Nestas condições o total de dejetos seria diariamente 30,7 t.

Estas diferenças entre o volume medido e sugerido pela literatura podem estar relacionadas às características dos animais, alimentação e peso.

O parâmetro temperatura, com valor médio medido de 27°C, encontra-se dentro da faixa mesofílica, entre 20 a 40°C, segundo a literatura, e pH com valores medidos entre 6,92 e 7,99 mostraram-se coerentes com a faixa de 6,4 e 8,5, para Sganzerla (1983).

Os sólidos totais de 23068,7 mg/L, os fixos de 5028,8 mg/L e os voláteis 18034 mg/L foram os resultados médios encontrados neste estudo. A literatura sugere, aproximadamente, 68040 mg/L para os totais, 15380 mg/L para os fixos e 52660 mg/L para os voláteis. Observa-se que os totais estão abaixo da faixa de 3 a 8 % de matéria seca, com 2,3 %, sugerindo diluição do material de entrada no sistema.

Para os valores de remoção de sólidos encontrados no estudo tem-se: 62,6% para totais, 68,8% para os fixos e 68,9% para os voláteis. O sugerido pela literatura é: 87,7% para os totais, 58,9% para os fixos e 82,8% para os voláteis. A não ser pelo encontrado para os sólidos fixos, os sólidos totais e voláteis estão abaixo do referido.

Para as concentrações de gás sulfídrico obtiveram-se valores discrepantes entre entrada e saída do filtro de remoção e um valor inesperado e baixo, em comparação com as três primeiras campanhas de amostragens. No entanto, todos os valores dentro da faixa esperada de 100 a 10000 ppm segundo Tippayawong e Thanompongchart (2010, tradução nossa).

Para a composição do biogás foram verificadas altas concentrações de metano, de acordo com Nogueira (1986) que sugere a faixa entre 55 e 75%.

Para se conhecer o volume de biogás foram empregados dois métodos: um por medições e um por cálculo.

O resultado para as vazões medidas foram 158,8 Nm<sup>3</sup>/h, 62,4 e 124,4 Nm<sup>3</sup>/h.

Para as vazões obtidas pelo método de cálculo foram determinados dois resultados. Para a primeira vazão calculada, considerou-se o volume de dejetos de entrada de 63,36 m<sup>3</sup>/d e os resultados para os sólidos voláteis de 10,43 kg/m<sup>3</sup> resultando em 619,93 Nm<sup>3</sup>/d, considerando a densidade do biogás em estudo. A segunda vazão calculada foi encontrada da relação entre o número de animais dos rebanhos, a matéria seca de 2,3% gerada pelo sistema em estudo e a taxa de produção de biogás por metro cúbico de 0,25 m<sup>3</sup>, sugerida por Fischer (2011, não publicado). Conclui-se que os cálculos demonstraram valores mais confiáveis, de forma que, para este estudo, atribui-se um valor médio de 498,5 Nm<sup>3</sup>/d.

Os resultados dos estudos demonstraram, por simulação, que existe um residual no sistema de biodigestão sob forma de energia térmica de 69,2% não aproveitados. O trabalho sugere que a instalação de um sistema de aquecimento no interior do biodigestor principal elevaria sua temperatura de operação em, aproximadamente, 16,5°C. Da temperatura de 27°C médios em que o sistema opera atualmente passaria a atingir 43,5°C, condição que resultaria em um aumento da produção de biogás em torno de 160 m<sup>3</sup>/d, ou seja, aproximadamente, 33721,2 kWh/mês de energia elétrica. Ainda assim, faz-se necessário um estudo de viabilidade econômica para avaliar esta nova condição operacional.

## 6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho fez uma abordagem sobre as condições operacionais do sistema de biodigestão de dejetos de bovinos de leite e suínos analisando suas características.

Avaliou o fator temperatura de operação relacionando com a produção de biogás. Salienta-se que o tema global energias alternativas é promissor e que deve ser dada continuidade aos estudos no sentido de subsidiar possíveis instalações que proporcionem o tratamento de dejetos e geração de energia por meio do biogás.

Para tanto, sugere-se observar os seguintes aspectos:

- a) levantar todas as informações disponíveis sobre o objeto de estudo;
- b) detalhar o planejamento dos trabalhos de forma a minimizar incertezas e situações adversas no decorrer dos estudos;
- c) considerar as dificuldades em relação à distância do objeto de estudo para execução dos trabalhos de campo;
- d) avaliar a utilização de equipamentos compatíveis com os processos estudados.

## REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR nº 12827, de 1993. **Efluentes gasosos com o sistema filtrante no interior do duto**. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

ANDRADE, Marcio Antonio Nogueira; RANZI, Tiago Juruá Damo; MUNIZ, Rafael Ninno; SOUZA, Luiz Gustavo de; ELIAS, Marcos José. Biodigestores rurais no contexto da atual crise de energia elétrica brasileira e na perspectiva da sustentabilidade ambiental. In: Encontro de Energia no Meio Rural, 4, 2002. **Anais eletrônicos...** Campinas, SP: UNESP, 2002. Disponível em: <<http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n4v1/030.pdf>>. Acesso em: 16 mai 2012.

ARRUDA, Mariliz H.; AMARAL, Lúcio de P.; PIRES, Odair P.J.; BARUFI, Charles R.V. Dimensionamento de Biodigestor para Geração de Energia Alternativa. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça/SP: Ed da FAEF, ano 1, n. 2, p. 3, dez. 2002. Disponível em: <<http://www.revista.inf.br/agro02/notas/notatecnica01.pdf>>. Acesso em: 19 fev. 2012

BARRERA, P. **Biodigestores**: Energia, fertilidade e saneamento para a zona rural. São Paulo: Ícone, 1993.

BARROS, Regina M.; TIAGO FILHO, Geraldo L.; NASCIMENTO, Yone D.S; GUSCHIKEN, Érica; CALHEIROS, Herlane C.; SILVA, Fernando G.B da; STANO JÚNIOR, Ângelo. Estudo da produção de biogás da digestão anaeróbia de esterco bovino em um biodigestor. *Revista Brasileira de Energia*. v.15, n. 2, p. 95-116, 2º Sem 2009. Disponível em: <[www.sbpe.org.br/socios/download.php?id=245](http://www.sbpe.org.br/socios/download.php?id=245)>. Acesso em: 20 jul. 2012.

BATISTA, Laurentino Fernandes. **Manual Técnico construção e operação de biodigestores**. Brasília: EMBRAPA, 1981.

BERGIER, Ivan; ALMEIDA, José Antonio Rodrigues de. Agrosuínocultura: Solução Sustentável Brasileira. **Revista CFMV**, Brasília, ano XVI, n.50, p.19-22, 2010. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/878463>>. Acesso em 21 nov. 2012.

BERNI, J. V. **Fermentação anaeróbica de dejetos bovinos em biodigestor canadense**: Análise de macro e micronutrientes de biofertilizante. 2011. Trabalho

de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia) – FATEC, Araçatuba, SP, 2011.

BEZERRA, S. A. **Gestão ambiental da propriedade suinícola: um modelo baseado em um biossistema integrado**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Produção e Agroenergia. **Plano Nacional de Agroenergia 2006-2011**. 2.ed. rev. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Ministerio/planos%20e%20programas/P\\_LANO%20NACIONAL%20DE%20AGROENERGIA.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/planos%20e%20programas/P_LANO%20NACIONAL%20DE%20AGROENERGIA.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2012.

\_\_\_\_\_. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa**. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/mudancasclimaticas/geesp/file/docs/publicacao/nacional/6-Inventário-brasileiro-emissões-remoções-gee.pdf>>. Acesso em: 5 mar. 2012.

CAMPOS, J. R. (coord.). **Programa de Pesquisa em Saneamento Básico: Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

CASSINI, Sérgio Túlio. (coord.). **Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento de biogás** – PROSAB. Vitória: ABES; RIMA, 2003.

CHERNICHARO, C. A. de L. **Reatores anaeróbios**. 2 ed. Belo Horizonte: UFMG, 1997.

COLDEBELLA, Anderson; SOUZA, Samuel Nelson Melegari de; FERRI, Priscila; KOLLING, Evandro Marcos. Viabilidade da geração de energia elétrica através de um motor gerador utilizando biogás da suinocultura. **Informe GEPEC**, Cascavel, v. 12, n.2, 2008. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/gepec/article/viewArticle/2186>>. Acesso em 20 ago. 2012.

DEGANUTTI, R.; PALHACI, Maria do Carmo Jampaulo Plácido; ROSSI, Marco A.; TAVARES; Roberto; SANTOS, Claudemilson dos. Biodigestores Rurais: Modelo Chinês, Indiano e Batelada. In: Encontro de Energia Meio Rural, 4, 2002. **Anais eletrônicos...** Campinas, SP: UNESP, 2002. Disponível em: <<http://www.feagri.unicamp.br/energia/agre2002/pdf/0004.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2012.

EMPRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos**. Concórdia: EMPRAPA, 2006. Disponível em: <[http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf\\_doc/doc115.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf_doc/doc115.pdf)>. Acesso em 4 mar. 2012.

\_\_\_\_\_. Biogás: Fonte alternativa de energia. Sete Lagoas, MG. **Circular técnica EMBRAPA**, n. 3, 1980. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/476075>>. Acesso em 15 mar. 2012.

\_\_\_\_\_. Biogás: Independência Energética do Pantanal Mato-grossense. Sete Lagoas, MT. **Circular técnica EMBRAPA**, n. 9, 1981. Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/CT09.pdf>>. Acesso em 10 mar. 2012.

\_\_\_\_\_. Coletânea de Tecnologias sobre dejetos de suínos. **Boletim Informativo, BIPERS**, EMATER, RS, ano 10, n. 14, 2002. Disponível em: <<http://www.especiais.com.br/nerural/suinos.doc>>. Acesso em: 20 mar. 2012.

GASPAR, R. M. B. L. **Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo-PR**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <[http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais\\_13/artigos/451.pdf](http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/451.pdf)>. Acesso em: 11 de mai. 2012.

GBLER, L.; PALHARES, J. C. P. Gestão Ambiental na Agropecuária. **EMBRAPA Informação Tecnológica**, Brasília, 2007.

GERMAN BIOGAS ASSOCIATION. **Biogas in agriculture**. Freising: Fachverband Biogas e.V., out. 2011.

HAAS, L. B. et al. Biogás uma alternativa energética: Técnicas para remoção de H<sub>2</sub>S. In: Congresso Internacional de Bioenergia, 1, 2011. **Anais...** Curitiba, 2011.

IAPAR – INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. 2012. Disponível em: <<http://www.iapar.br/>>. Acesso em 22 jun 2012.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades:** Unidades da Federação. 2010a Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 10 dez. 2011.

\_\_\_\_\_. Tabela 3 – efetivo dos rebanhos de grande porte em 31.12 segundo as grandes regiões e as unidades da federação – 2010. **Produção da Pecuária Municipal**, v.38, 2010b. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2010/tabelas\\_pdf/tab03.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2010/tabelas_pdf/tab03.pdf)>. Acesso em: 5 mar. 2012.

\_\_\_\_\_. Tabela 15 - Efetivo de suínos em 31.12 e participações relativa e acumulada no efetivo total, segundo as Unidades da Federação e os 20 municípios com os maiores efetivos, em ordem decrescente – 2010. **Produção da Pecuária Municipal**, v.38, 2010c. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2010/tabelas\\_pdf/tab15.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2010/tabelas_pdf/tab15.pdf)>. Acesso em: 5 mar. 2012.

IPCC. **Green House Gas Inventory** U.S. Climate Action Report, 2010 Disponível em: <<http://www.state.gov/documents/organization/140009.pdf>>. Acesso em: 20 jul . de 2012.

LUCAS JÚNIOR, Jorge de; **Manejo de dejetos em suinocultura:** biodigestores. 2011. Disponível em: <[http://www.acrismat.com.br/novo\\_site/arquivos/25112009065720Jorge%20de%20Lucas.pdf](http://www.acrismat.com.br/novo_site/arquivos/25112009065720Jorge%20de%20Lucas.pdf)>. Acesso em: 25 jul. 2012.

KUNZ, Airton; OLIVEIRA, Paulo Armando V. de. Aproveitamento de dejetos de animais para geração de biogás. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, ano XV, n.3, p. 28-35, jul./set., 2006.

LINDEMAYER, R. M. **Análise da viabilidade econômico-financeira do uso do biogás como fonte de energia elétrica**. 2008. 105 p. Trabalho de conclusão de estágio supervisionado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABbkUAK/lindemeyer>> Acesso em: 8 mar. 2012.

MAGALHÃES, A. P. T. **Biogás: um projeto de saneamento urbano**. São Paulo: Nobel, 1986.

MOTTA, F. S. da; **Produza sua energia:** biodigestores anaeróbios. Recife: SETE, 1986.

MOURA, Johnson Pontes de. **Estudo de casos das rotas tecnológicas para produção de biogás e da influência da composição química de dejetos de matrizes suínas na qualidade do biogás gerada por biodigestor**. 2012. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2012\\_1/rota/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2012_1/rota/index.htm)>. Acesso em: 10 mar. 2012.

NOGUEIRA, L. A. H. **Biodigestão**: A alternativa energética. São Paulo: Nobel, 1986.

OLIVEIRA, R. D. e. **Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás Produzido pela Fermentação Anaeróbia de Dejetos em Abatedouro e as Possibilidades no Mercado de Carbono**. 2009. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia) – Universidade de São Paulo. São Carlos, 2009. Disponível em: <<http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180500/tce-26042010-091847/>>. Acesso em: 5 mar. 2012.

OLIVEIRA, Paulo Armando V. de. **Produção e manejo de dejetos de suínos**. Brasília: EMPRAPA, 2004. Disponível em: <[http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf\\_doc/8-PauloArmando\\_Producao.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf_doc/8-PauloArmando_Producao.pdf)>. Acesso em: 15 mai. 2012.

PEREIRA, E.R.; DEMARCHI, J.J.A.A.; BUDIÑO, F.E.L. **Biodigestores**: Tecnologia para o manejo de efluentes da pecuária. 2009. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2009\\_4/biodigestores/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_4/biodigestores/index.htm)>. Acesso em: 16 set. 2012.

PLÁ, J. A. Economia e preservação do meio ambiente no Brasil: a contribuição dos biocombustíveis. **Bahia Análise e Dados**, Salvador, v 18, n 4, p. 560, jan/mar 2009. Disponível em: <<http://pessoal.utfpr.edu.br/pedroneto/arquivos/BAHIA%20ANALISES%20E%20DA%20DOS.pdf>> Acesso em: 16 jun. 2012.

PROJETO sobre lixo Assis ganha Premio Santander Universidade em parceria com a prefeitura, Cooçassis e Unesp local. **Portal Assis**, SP, 22 fev. 2012. Disponível em: <<http://www.assiscity.com/?id=81-12699>>. Acesso em: 16 jun. 2012.

SANTOS, I. A. E MORAIS, M. A. Aproveitamento de Biogás para Geração de Energia Elétrica a partir de Dejetos Bovinos Leiteiros: Um estudo de caso na EAFMUZ. In: Simpósio Internacional Sobre Gerenciamento De Resíduos Animais, 1, 2009. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: UFSC, 2009. Disponível em: <<http://www.sbera.org.br/sigera2009/>>. Acesso em: 8 mar. 2012.

SEGANFREDO, M. A. Gestão ambiental na suinocultura. **Embrapa Informação Tecnológica**, Brasília, 2007.

SGANZERLA, E. **Biodigestor**: uma solução. Porto Alegre: Agropecuária, 1983.

SOUZA, C. de F. et al. Produção volumétrica de metano: dejetos suínos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 220, jan./fev 2008.

TIPPAYAWONG, N.; THANOMPONGCHART, P. Biogas quality upgrade by simultaneous removal of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S in a packed column reactor. **Energy**, The 3 th International Conference on Sustainable Energy and Environmental Protection, v. 35, n. 12, dec. 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544210002069>>. Acesso em: 1 dez. 2011.

ZANANDRÉA, V. et al. Análise dos benefícios da implantação de biodigestores para fins energéticos numa pequena propriedade rural do Paraná. In: Congresso Internacional de Bioenergia, 1, 2010. **Anais eletrônicos...** Curitiba, 2010. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/artigos\\_tecnicos.php?sub=228&categoria=Esubcategoria=Biogás](http://www.remade.com.br/br/artigos_tecnicos.php?sub=228&categoria=Esubcategoria=Biogás)> Acesso em: 4 mar. 2012.

WELLINGER, A. **Biogas-Handbuch**: Grundlagen, Planung, Betrieb, Landwirtschaftlicher Anlagen. Wirz Aarau, 1984.

## ANEXOS

ANEXO 1 – LAUDOS DE SÓLIDOS TOTAIS, FIXOS E VOLÁTEIS.....	86
ANEXO 2 – LAUDOS DA COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS.....	98
ANEXO 3 – LAUDOS DE H <sub>2</sub> S.....	101
ANEXO 4 – MEDIÇÕES DO VOLUME DE DEJETOS NO HOMOGENEIZADOR..	122

## ANEXO 1 – SÓLIDOS TOTAIS, FIXOS E VOLÁTEIS



Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento

**CERTIFICADO DE ANÁLISE - DPTM 36719\_01/2012**  
 Departamento de Tecnologia em Materiais

Protocolo: 15783/2012

Data Emissão: 29/02/2012

**SOLICITANTE:** SIMILAR TECNOLOGIA LTDA  
**ENDEREÇO:** RUA ALAGOAS, 2466 - VILA GUAIRA - CURITIBA - PR - 80630050  
**AMOSTRA:** DEJETO  
**DATA ENTRADA:** 18/01/2012      **DATA COLETA (se aplicável):** 18/01/2012  
**AMOSTRADOR:**  SOLICITANTE       LACTEC (vide Metodologia)       OUTRO:

## EQUIPE TÉCNICA:

 Adriano Fontana Kerecz  
 Químico Ambiental  
 CRQ IX - 09202332

 Cibele Prates  
 Químico Industrial  
 CRQ IX - 09200828

 Claudio Adriano Deger  
 Químico  
 CRQ IX - 09201008

 Guilherme B. Stocco  
 Engenheiro Químico  
 CRQ IX - 09901399

 José Blaskiewicz  
 Técnico Químico  
 CRQ IX - 09401641

 Rodrigo Soares Ferreira  
 Químico  
 CRQ IX - 09201120

 Thiago José dos Santos  
 Técnico Químico  
 CRQ IX - 09402731

## RESPONSÁVEL TÉCNICO:

 Douglas Antonio Batista  
 Químico  
 CRQ IX - 09200961

## IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA:

AMOSTRA ENTRADA 1.

## RESULTADO

Ensaio(s)	Resultado(s)	
Sólidos Totais.....	20.168	mg/L
Sólidos Fixos.....	2.873	mg/L
Sólidos Voláteis.....	17.295	mg/L

## OBSERVAÇÃO(ÕES):

## METODOLOGIA(S):

APHA, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21 th ed., Washington, 2005.

“Os resultados deste Documento são válidos apenas para as amostras ensaiadas no LACTEC. Reproduções deste Documento só têm validade se forem integrais. Este Documento é emitido em uma via original, respondendo o LACTEC apenas pela veracidade desta via”.

 Centro Politécnico da UFPR – Caixa Postal 19067 – CEP 81531 – 990 – Curitiba – PR  
 Fone: +55 41 3361 6187 Fax: +55 41 3361 6137 E-mail: dptm\_comercial@lactec.org.br



Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento

**CERTIFICADO DE ANÁLISE - DPTM 36719\_01/2012**  
**Departamento de Tecnologia em Materiais**

Protocolo: 15783/2012

Data Emissão: 29/02/2012

**EQUIPE TÉCNICA:**

Adriano Fontana Kerecz  
 Químico Ambiental  
 CRQ IX - 09202332

Cibele Prates  
 Química Industrial  
 CRQ IX - 09200828

Claudio Adriano Deger  
 Químico  
 CRQ IX - 09201008

Guilherme B. Stocco  
 Engenheiro Químico  
 CRQ IX - 09901399

José Blaskiewicz  
 Técnico Químico  
 CRQ IX - 09401641

Rodrigo Soares Ferreira  
 Químico  
 CRQ IX - 09201120

Thiago José dos Santos  
 Técnico Químico  
 CRQ IX - 09402731

**RESPONSÁVEL TÉCNICO:**

Douglas Antonio Batista  
 Químico  
 CRQ IX - 09200961

**IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA:**

AMOSTRA ENTRADA 2.

**RESULTADO**

Ensaio(s)	Resultado(s)	
Sólidos Totais.....	20.802	mg/L
Sólidos Fixos.....	2.868	mg/L
Sólidos Voláteis.....	17.934	mg/L

**OBSERVAÇÃO(ÕES):**

**METODOLOGIA(S):**

APHA, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21 th ed., Washington, 2005.

"Os resultados deste Documento são válidos apenas para as amostras ensaiadas no LACTEC. Reproduções deste Documento só têm validade se forem integrais. Este Documento é emitido em uma via original, respondendo o LACTEC apenas pela veracidade desta via".

Centro Politécnico da UFPR – Caixa Postal 19067 – CEP 81531 – 990 – Curitiba – PR  
 Fone: +55 41 3361 6187 Fax: +55 41 3361 6137 E-mail: dptm\_comercial@lactec.org.br



Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento

**CERTIFICADO DE ANÁLISE - DPTM 36719\_01/2012**  
**Departamento de Tecnologia em Materiais**

Protocolo: 15783/2012

Data Emissão: 29/02/2012

**EQUIPE TÉCNICA:**

Adriano Fontana Kerecz  
 Químico Ambiental  
 CRQ IX - 09202332

  
 Cibele Prates  
 Química Industrial  
 CRQ IX - 09200528

Claudio Adriano Deger  
 Químico  
 CRQ IX - 09201008

Guilherme B. Stocco  
 Engenheiro Químico  
 CRQ IX - 09901399

José Blaskiewicz  
 Técnico Químico  
 CRQ IX - 09401641

Rodrigo Soares Ferreira  
 Químico  
 CRQ IX - 09201120

Thiago José dos Santos  
 Técnico Químico  
 CRQ IX - 09402731

**RESPONSÁVEL TÉCNICO:**

  
 Douglas Antônio Batista  
 Químico  
 CRQ IX - 09900961

**IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA:**

AMOSTRA SAÍDA 1.

**RESULTADO**

Ensaio(s)	Resultado(s)	
Sólidos Totais.....	6.264	mg/L
Sólidos Fixos.....	1.261	mg/L
Sólidos Voláteis.....	5.000	mg/L

**OBSERVAÇÃO(ÕES):**

**METODOLOGIA(S):**

APHA, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21 th ed., Washington, 2005.

**"Os resultados deste Documento são válidos apenas para as amostras ensaiadas no LACTEC. Reproduções deste Documento só têm validade se forem integrais. Este Documento é emitido em uma via original, respondendo o LACTEC apenas pela veracidade desta via".**

Centro Politécnico da UFPR – Caixa Postal 19067 – CEP 81531 – 990 – Curitiba – PR  
 Fone: +55 41 3361 6187 Fax: +55 41 3361 6137 E-mail: dptm\_comercial@lactec.org.br



Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento

**CERTIFICADO DE ANÁLISE - DPTM 36719\_01/2012**  
Departamento de Tecnologia em Materiais

Protocolo: 15783/2012

Data Emissão: 29/02/2012

EQUIPE TÉCNICA:

- Adriano Fontana Kerecz  
Químico Ambiental  
CRQ IX - 09202332
-   
Cibele Prates  
Química Industrial  
CRQ IX - 09200828
- Claudio Adriano Deger  
Químico  
CRQ IX - 09201008
- Guilherme B. Stocco  
Engenheiro Químico  
CRQ IX - 09901399
- José Blaskevicz  
Técnico Químico  
CRQ IX - 09401841
- Rodrigo Soares Ferreira  
Químico  
CRQ IX - 09201120
- Thiago José dos Santos  
Técnico Químico  
CRQ IX - 09402731

RESPONSÁVEL TÉCNICO:

-   
Douglas Antonio Batista  
Químico  
CRQ IX - 09200961

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA:

AMOSTRA SAÍDA 2.

RESULTADO		
Ensaio(s)	Resultado(s)	
Sólidos Totais.....	6.890	mg/L
Sólidos Fixos.....	1.478	mg/L
Sólidos Voláteis.....	5.412	mg/L

OBSERVAÇÃO(ÕES):

METODOLOGIA(S):

APHA, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21 th ed., Washington, 2005.

"Os resultados deste Documento são válidos apenas para as amostras ensaiadas no LACTEC. Reproduções deste Documento só têm validade se forem integrais. Este Documento é emitido em uma via original, respondendo o LACTEC apenas pela veracidade desta via".

Centro Politécnico da UFPR - Caixa Postal 19067 - CEP 81531 - 990 - Curitiba - PR  
Fone: +55 41 3361 6187 Fax: +55 41 3361 6137 E-mail: dptm\_comercial@lactec.org.br



Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento

**CERTIFICADO DE ANÁLISE - DPTM 36813\_01/2012**  
Departamento de Tecnologia em Materiais

Protocolo: 15872/2012

Data Emissão: 24/09/2012

SOLICITANTE: SIMILAR TECNOLOGIA LTDA  
 ENDEREÇO: RUA ALAGOAS, 2466 - VILA GUAIRA - CURITIBA - PR - 80630050  
 AMOSTRA: DEJETO/ BIOGÁS  
 DATA ENTRADA: 31/01/2012 DATA COLETA (se aplicável):  
 AMOSTRADOR:  SOLICITANTE  LACTEC (vide Metodologia)  OUTRO:

EQUIPE TÉCNICA:

- Adriano Fontana Kerecz  
Químico Ambiental  
CRQ IX - 09202332
- Cibele Prates  
Química Industrial  
CRQ IX - 09200828
- Claudio Adriano Deger  
Químico  
CRQ IX - 09201008
- Guilherme B. Stocco  
Engenheiro Químico  
CRQ IX - 09601399
- José Blaskiewicz  
Técnico Químico  
CRQ IX - 09401641
- Rodrigo Soares Ferreira  
Químico  
CRQ IX - 09201120
- Thiago José dos Santos  
Técnico Químico  
CRQ IX - 09402731

RESPONSÁVEL TÉCNICO:

- Douglas Antonio Balista  
Químico  
CRQ IX - 09200961

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA:

PENEIRA

RESULTADO

Ensaio(s)	Resultado(s)
Sólidos Totais.....	25356 mg/L
Sólidos Fixos.....	6412 mg/L
Sólidos Voláteis.....	18944 mg/L

OBSERVAÇÃO(ÕES):

METODOLOGIA(S):

APHA, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21 th ed., Washington, 2005.

"Os resultados deste Documento são válidos apenas para as amostras ensaiadas no LACTEC. Reproduções deste Documento só têm validade se forem integrais. Este Documento é emitido em uma via original, respondendo o LACTEC apenas pela veracidade desta via".

Centro Politécnico da UFPR - Caixa Postal 19067 - CEP 81531 - 990 - Curitiba - PR  
 Fone: +55 41 3361 6187 Fax: +55 41 3361 6137 E-mail: dptm\_comercial@lactec.org.br



Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento

**CERTIFICADO DE ANÁLISE - DPTM 36813\_01/2012**  
 Departamento de Tecnologia em Materiais

Protocolo: 15872/2012

Data Emissão: 24/09/2012

EQUIPE TÉCNICA:

- Adriano Fontana Kerecz  
Químico Ambiental  
CRQ IX - 09202332
- Cibele Prates  
Química Industrial  
CRQ IX - 09200828
- Claudio Adriano Deger  
Químico  
CRQ IX - 09201008
- Guilherme B. Stocco  
Engenheiro Químico  
CRQ IX - 09601399
- José Blaskiewicz  
Técnico Químico  
CRQ IX - 09401641
- Rodrigo Soares Ferreira  
Químico  
CRQ IX - 09201120
- Thiago José dos Santos  
Técnico Químico  
CRQ IX - 09402731

PENEIRA E

**RESULTADO**

Ensaio(s)	Resultado(s)	
Sólidos Totais.....	26758	mg/L
Sólidos Fixos.....	6434	mg/L
Sólidos Voláteis.....	20324	mg/L

RESPONSÁVEL TÉCNICO:

- Douglas Antonio Batista  
Químico  
CRQ IX - 09200961

OBSERVAÇÃO(ÕES):

METODOLOGIA(S):

APHA, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21 th ed., Washington, 2005.

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA:

"Os resultados deste Documento são válidos apenas para as amostras ensaiadas no LACTEC. Reproduções deste Documento só têm validade se forem integrais. Este Documento é emitido em uma via original, respondendo o LACTEC apenas pela veracidade desta via".

Centro Politécnico da UFPR - Caixa Postal 19067 - CEP 81531 - 990 - Curitiba - PR  
 Fone: +55 41 3361 6187 Fax: +55 41 3361 6137 E-mail: dptm\_comercial@lactec.org.br



Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento

**CERTIFICADO DE ANÁLISE - DPTM 36813\_01/2012**  
 Departamento de Tecnologia em Materiais

Protocolo: 15872/2012

Data Emissão: 24/09/2012

EQUIPE TÉCNICA:

Adriano Fontana Kerecz  
 Químico Ambiental  
 CRQ IX - 09202332

Cibele Prates  
 Química Industrial  
 CRQ IX - 09200828

Claudio Adifano Deger  
 Químico  
 CRQ IX - 09201008

Guilherme B. Stocco  
 Engenheiro Químico  
 CRQ IX - 09601399

José Blaskiewicz  
 Técnico Químico  
 CRQ IX - 09401641

Rodrigo Soares Ferreira  
 Químico  
 CRQ IX - 09201120

Thiago José dos Santos  
 Técnico Químico  
 CRQ IX - 09402731

RESPONSÁVEL TÉCNICO:

Douglas Antonio Balista  
 Químico  
 CRQ IX - 09200961

BIODIGESTOR

RESULTADO

Ensaio(s)	Resultado(s)	
Sólidos Totais.....	17146	mg/L
Sólidos Fixos.....	4696	mg/L
Sólidos Voláteis.....	12450	mg/L

OBSERVAÇÃO(ÕES):

METODOLOGIA(S):

APHA, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21 th ed., Washington, 2005.

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA:

"Os resultados deste Documento são válidos apenas para as amostras ensaiadas no LACTEC. Reproduções deste Documento só têm validade se forem integrais. Este Documento é emitido em uma via original, respondendo o LACTEC apenas pela veracidade desta via".

Centro Politécnico da UFPR - Caixa Postal 19067 - CEP 81531 - 990 - Curitiba - PR  
 Fone: +55 41 3361 6187 Fax: +55 41 3361 6137 E-mail: dptm\_comercial@lactec.org.br



Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento

**CERTIFICADO DE ANÁLISE - DPTM 36813\_01/2012**  
Departamento de Tecnologia em Materiais

Protocolo: 15872/2012

Data Emissão: 24/09/2012

EQUIPE TÉCNICA:

- Adriano Fontana Kerecz  
Químico Ambiental  
CRQ IX - 09202332
- Cibele Prates  
Química Industrial  
CRQ IX - 09200828
- Claudio Adriano Deger  
Químico  
CRQ IX - 09201008
- Guilherme B. Stocco  
Engenheiro Químico  
CRQ IX - 09601399
- José Blasiewicz  
Técnico Químico  
CRQ IX - 09401641
- Rodrigo Soares Ferreira  
Químico  
CRQ IX - 09201120
- Thiago José dos Santos  
Técnico Químico  
CRQ IX - 09402731

BIODIGESTOR LAGOA

**RESULTADO**

Ensaio(s)	Resultado(s)	
Sólidos Totais.....	13494	mg/L
Sólidos Fixos.....	5174	mg/L
Sólidos Voláteis.....	8320	mg/L

RESPONSÁVEL TÉCNICO:

- Douglas Antonio Batista  
Químico  
CRQ IX - 09200991

OBSERVAÇÃO(ÕES):

METODOLOGIA(S):

APHA, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21 th ed., Washington, 2005.

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA:

"Os resultados deste Documento são válidos apenas para as amostras ensaiadas no LACTEC. Reproduções deste Documento só têm validade se forem integrais. Este Documento é emitido em uma via original, respondendo o LACTEC apenas pela veracidade desta via".

Centro Politécnico da UFPR - Caixa Postal 19067 - CEP 81531 - 990 - Curitiba - PR  
Fone: +55 41 3361 6187 Fax: +55 41 3361 6137 E-mail: dptm\_comercial@lactec.org.br



Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento

**CERTIFICADO DE ANÁLISE - DPTM 37054\_01/2012**  
Departamento de Tecnologia em Materiais

Protocolo: 16157/2012

Data Emissão: 24/09/2012

SOLICITANTE: SIMILAR TECNOLOGIA LTDA  
 ENDEREÇO: RUA ALAGOAS, 2466 - VILA GUAIRA - CURITIBA - PR - 80630050  
 AMOSTRA: DEJETO/ BIOGÁS  
 DATA ENTRADA: 26/03/2012 DATA COLETA (se aplicável):  
 AMOSTRADOR:  SOLICITANTE  LACTEC (vide Metodologia)  OUTRO:

EQUIPE TÉCNICA:

- Adriano Fontana Kerecz  
Químico Ambiental  
CRQ IX - 09202332
- Cibele Prates  
Química Industrial  
CRQ IX - 09200828
- Claudio Adliano Deger  
Químico  
CRQ IX - 09201008
- Guilherme B. Stocco  
Engenheiro Químico  
CRQ IX - 09601389
- José Bleakievicz  
Técnico Químico  
CRQ IX - 09401641
- Rodrigo Soares Ferreira  
Químico  
CRQ IX - 09201120

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA:  
ENTRADA 01

RESULTADO

Ensaio(s)	Resultado(s)	
Sólidos Totais.....	25600	mg/L
Sólidos Fixos.....	19734	mg/L
Sólidos Voláteis.....	5926	mg/L

OBSERVAÇÃO(ÕES):

RESPONSÁVEL TÉCNICO:

- Douglas Antonio Batista  
Químico  
CRQ IX - 09200961

METODOLOGIA(S):

APHA, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21 th ed., Washington, 2005.

"Os resultados deste Documento são válidos apenas para as amostras ensaiadas no LACTEC. Reproduções deste Documento só têm validade se forem integrais. Este Documento é emitido em uma via original, respondendo o LACTEC apenas pela veracidade desta via".

Centro Politécnico da UFPR - Caixa Postal 19067 - CEP 81531 - 990 - Curitiba - PR  
 Fone: +55 41 3361 6187 Fax: +55 41 3361 6137 E-mail: dptm\_comercial@lactec.org.br



Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento

**CERTIFICADO DE ANÁLISE - DPTM 37054\_01/2012**  
 Departamento de Tecnologia em Materiais

Protocolo: 16157/2012

Data Emissão: 24/09/2012

**E UIPE TÉCNICA:**

Adriano Fontana Kerecz  
 Químico Ambiental  
 CRQ IX - 09202332

Cibele Prates  
 Química Industrial  
 CRQ IX - 09200828

Claudio Adriano Deger  
 Químico  
 CRQ IX - 09201008

Guilherme B. Stocco  
 Engenheiro Químico  
 CRQ IX - 09001399

José Blaskiewicz  
 Técnico Químico  
 CRQ IX - 09401641

Rodrigo Soares Ferreira  
 Químico  
 CRQ IX - 09201120

**RESPONSÁVEL TÉCNICO:**

Douglas Antonio Batista  
 Químico  
 CRQ IX - 09200961

**IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA:**

ENTRADA 02

**RESULTADO**

Ensaio(s)	Resultado(s)
Sólidos Totais.....	19728 mg/L
Sólidos Fixos.....	5660 mg/L
Sólidos Voláteis.....	14068 mg/L

**OBSERVAÇÃO(ÕES):**

**METODOLOGIA(S):**

APHA, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21 th ed., Washington, 2005.

"Os resultados deste Documento são válidos apenas para as amostras ensaiadas no LACTEC. Reproduções deste Documento só têm validade se forem integrais. Este Documento é emitido em uma via original, respondendo o LACTEC apenas pela veracidade desta via".

Centro Politécnico da UFPR - Caixa Postal 19067 - CEP 81531 - 990 - Curitiba - PR  
 Fone: +55 41 3361 6187 Fax: +55 41 3361 6137 E-mail: dptm\_comercial@lactec.org.br



Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento

**CERTIFICADO DE ANÁLISE - DPTM 37054\_01/2012**  
Departamento de Tecnologia em Materiais

Protocolo: 16157/2012

Data Emissão: 24/09/2012

**EQUIPE TÉCNICA:**

- Adriano Fontana Kerecz  
Químico Ambiental  
CRQ IX - 09202332
- Cibele Prates  
Química Industrial  
CRQ IX - 09200828
- Claudio Adriano Deger  
Químico  
CRQ IX - 09201008
- Guilherme B. Stocco  
Engenheiro Químico  
CRQ IX - 09901399
- José Blaskévicz  
Técnico Químico  
CRQ IX - 09401641
- Rodrigo Soares Ferreira  
Químico  
CRQ IX - 09201120

**RESPONSÁVEL TÉCNICO:**

- Douglas Antonio Batista  
Químico  
CRQ IX - 09200961

**IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA:**

SAÍDA 01

RESULTADO		
Ensaio(s)	Resultado(s)	
Sólidos Totais.....	10400	mg/L
Sólidos Fixos.....	4554	mg/L
Sólidos Voláteis.....	5846	mg/L

**OBSERVAÇÃO(ÕES):**

**METODOLOGIA(S):**

APHA, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21 th ed., Washington, 2005.

"Os resultados deste Documento são válidos apenas para as amostras ensaiadas no LACTEC. Reproduções deste Documento só têm validade se forem integrais. Este Documento é emitido em uma via original, respondendo o LACTEC apenas pela veracidade desta via".

Centro Politécnico da UFPR - Caixa Postal 19067 - CEP 81531 - 990 - Curitiba - PR  
Fone: +55 41 3361 6187 Fax: +55 41 3361 6137 E-mail: dptm\_comercial@lactec.org.br



Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento

**CERTIFICADO DE ANÁLISE - DPTM 37054\_01/2012**  
 Departamento de Tecnologia em Materiais

Protocolo: 16157/2012

Data Emissão: 24/09/2012

**EQUIPE TÉCNICA:**

- Adriano Fontana Kerecz  
Químico Ambiental  
CRQ IX - 09202332
- Cibele Prates  
Química Industrial  
CRQ IX - 09200828
- Claudio Adriano Deger  
Químico  
CRQ IX - 09201008
- Guilherme B. Stocco  
Engenheiro Químico  
CRQ IX - 09901399
- José Blaskiewicz  
Técnico Químico  
CRQ IX - 09401641
- Rodrigo Soares Ferreira  
Químico  
CRQ IX - 09201120

**RESPONSÁVEL TÉCNICO:**

- Douglas Antonio Batista  
Químico  
CRQ IX - 09200961

**IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA:**

SAÍDA 02

**RESULTADO**

Ensaio(s)	Resultado(s)	
Sólidos Totais.....	13508	mg/L
Sólidos Fixos.....	4842	mg/L
Sólidos Voláteis.....	8666	mg/L

**OBSERVAÇÃO(ÕES):**

**METODOLOGIA(S):**

APHA, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21 th ed., Washington, 2005.

"Os resultados deste Documento são válidos apenas para as amostras ensaiadas no LACTEC. Reproduções deste Documento só têm validade se forem integrais. Este Documento é emitido em uma via original, respondendo o LACTEC apenas pela veracidade desta via".

Centro Politécnico da UFPR - Caixa Postal 19067 - CEP 81531 - 990 - Curitiba - PR  
 Fone: +55 41 3361 6187 Fax: +55 41 3361 6137 E-mail: dptm\_comercial@lactec.org.br

## ANEXO 2 – LAUDOS DA COMPOSIÇÃO DE BIOGÁS



Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento

**CERTIFICADO DE ANÁLISE - DPTM 36719\_01/2012**  
 Departamento de Tecnologia em Materiais

Protocolo: 15783/2012

Data Emissão: 16/03/2012

## EQUIPE TÉCNICA:

- Adriano Fontana Kerecz  
Químico Ambiental  
CRQ IX - 09202332
- Cibele Prates  
Química Industrial  
CRQ IX - 09200828
- Claudio Adriano Dejer  
Químico  
CRQ IX - 09201008
- Guilherme B. Stocco  
Engenheiro Químico  
CRQ IX - 09901399
- José Blaskiewicz  
Técnico Químico  
CRQ IX - 09401641
-   
Rodrigo Soares Ferreira  
Químico  
CRQ IX - 09201120
- Thiago José dos Santos  
Técnico Químico  
CRQ IX - 09402731

## RESPONSÁVEL TÉCNICO:

-   
Douglas Antonio Batista  
Químico  
CRQ IX - 09200961

## IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA:

BIOGÁS - amostra coletada em 18/01/2012

## RESULTADO

Ensaio(s)	Resultado(s)	Resultado(s)
Oxigênio (O <sub>2</sub> ).....	0,0	% (mol/mol)
Nitrogênio (N <sub>2</sub> ).....	0,5	% (mol/mol)
Gás Carbônico (CO <sub>2</sub> ).....	27,8	% (mol/mol)
Metano (CH <sub>4</sub> ).....	71,0	% (mol/mol)

## OBSERVAÇÃO(ÕES):

Limite de quantificação - 1 ppm

## METODOLOGIA(S):

Cromatografia a Gás com Detecção por Condutividade Térmica (TCD)

"Os resultados deste Documento são válidos apenas para as amostras ensaiadas no LACTEC. Reproduções deste Documento só têm validade se forem integrais. Este Documento é emitido em uma via original, respondendo o LACTEC apenas pela veracidade desta via".

Centro Politécnico da UFPR - Caixa Postal 19067 - CEP 81531 - 990 - Curitiba - PR  
 Fone: +55 41 3361 6187 Fax: +55 41 3361 6137 E-mail: dptm\_comercial@lactec.org.br



Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento

**CERTIFICADO DE ANÁLISE - DPTM 36813\_01/2012**  
**Departamento de Tecnologia em Materiais**

Protocolo: 15872/2012

Data Emissão: 24/09/2012

**EQUIPE TÉCNICA:**

- Adriano Fontana Kerecz  
Químico Ambiental  
CRQ IX - 09202332
- Cibele Pretas  
Química Industrial  
CRQ IX - 09209828
- Claudio Adriano Dager  
Químico  
CRQ IX - 09201008
- Guilherme B. Szoco  
Engenheiro Químico  
CRQ IX - 09901399
- José Blaskiewicz  
Técnico Químico  
CRQ IX - 09401641
- Rodrigo Soares Ferreira  
Químico  
CRQ IX - 09201120
- Thiago José dos Santos  
Técnico Químico  
CRQ IX - 09402731

**RESPONSÁVEL TÉCNICO:**

- Douglas Antonio Batista  
Químico  
CRQ IX - 09200961

**IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA:**

BIOGÁS - amostra coletada em 31/01/2012

**RESULTADO**

Ensaio(s)	Resultado(s)	
Oxigênio (O <sub>2</sub> ).....	6,2	% (mol/mol)
Nitrogênio (N <sub>2</sub> ).....	24,2	% (mol/mol)
Gás Carbônico (CO <sub>2</sub> ).....	19,2	% (mol/mol)
Metano (CH <sub>4</sub> ).....	50,2	% (mol/mol)

**OBSERVAÇÃO(ÕES):**

Limite de quantificação - 1 ppm

**METODOLOGIA(S):**

Cromatografia a Gás com Detecção por Condutividade Térmica (TCD)

"Os resultados deste Documento são válidos apenas para as amostras ensaiadas no LACTEC. Reproduções deste Documento só têm validade se forem integrais. Este Documento é emitido em uma via original, respondendo o LACTEC apenas pela veracidade desta via".

Centro Politécnico da UFPR - Caixa Postal 19067 - CEP 81531 - 990 - Curitiba - PR  
 Fone: +55 41 3361 6187 Fax: +55 41 3361 6137 E-mail: dptm\_comercial@lactec.org.br



Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento

**CERTIFICADO DE ANÁLISE - DPTM 37054\_01/2012**  
 Departamento de Tecnologia em Materiais

Protocolo: 16157/2012

Data Emissão: 24/09/2012

**EQUIPE TÉCNICA:**

- Adriano Fontana Kerecz  
Químico Ambiental  
CRQ IX - 09202332
- Cibele Prates  
Química Industrial  
CRQ IX - 09200928
- Claudio Adriano Deger  
Químico  
CRQ IX - 09201008
- Guilherme B. Glocco  
Engenheiro Químico  
CRQ IX - 09901399
- José Blasiewicz  
Técnico Químico  
CRQ IX - 09401641
- Rodrigo Soares Ferreira  
Químico  
CRQ IX - 09201120

**IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA:**  
 BIOGÁS - 01980

**RESULTADO**

Ensaio(s)	Resultado(s)	
Oxigênio (O <sub>2</sub> ).....	0,01	% (mol/mol)
Nitrogênio (N <sub>2</sub> ).....	0,32	% (mol/mol)
Gás Carbônico (CO <sub>2</sub> ).....	28,2	% (mol/mol)
Metano (CH <sub>4</sub> ).....	71,2	% (mol/mol)

**RESPONSÁVEL TÉCNICO:**

- Douglas Antonio Batista  
Químico  
CRQ IX - 09200961

**OBSERVAÇÃO(ÕES):**

Limite de quantificação - 1 ppm

**METODOLOGIA(S):**

Cromatografia a Gás com Detecção por Condutividade Térmica (TCD)

"Os resultados deste Documento são válidos apenas para as amostras ensaiadas no LACTEC. Reproduções deste Documento só têm validade se forem integrais. Este Documento é emitido em uma via original, respondendo o LACTEC apenas pela veracidade desta via".

Centro Politécnico da UFPR - Caixa Postal 19067 - CEP 81531 - 990 - Curitiba - PR  
 Fone: +55 41 3361 6187 Fax: +55 41 3361 6137 E-mail: dptm\_comercial@lactec.org.br

ANEXO 3 – LAUDOS DE H<sub>2</sub>S

LimnoBras Laboratórios de Análises Limnológicas SS  
 Matriz: Rua Lamenha Lins, 2498 80220-080 | 411 3332-2321 - 3078-2321  
 Filial: Av. Getúlio Vargas, 871 80230-030 | 411 3016-2522 - 3016-2823  
 Curitiba - Paraná

**RELATÓRIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS**

Nº.: 00354/12 - 00

**CLIENTE**

Cliente: SIMILAR TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO LTDA  
 Nome Fantasia: Similar  
 Endereço: Rua Alagoas, 2466 - Vila Guaira  
 Curitiba - PR - C.E.P.: 80630-050

Proposta: 00057 / 12

**DADOS DA AMOSTRA**

Data e Hora da Amostragem: 16/01/2012 :  
 Ponto de Amostragem: Frankana - Filtro H2S - Saída  
 Coleta 01 - Borbulhador 04,05,06  
 Responsável pela Amostragem: Cliente  
 Responsável pelo Transporte: Cliente  
 Data de Fabricação: N.I.\*  
 Embalagem: frasco plástico  
 Observação: Amostragem: 13:49 às 13:59

Data e Hora do Recebimento: 17/01/2012 08:40  
 Tipo de Amostragem: Emissão atmosférica  
 Tipo de Amostra: Matriz Líquida (CdSO4)  
 Procedimento de Amostragem: --  
 Validade: N.I.\*  
 Lote: N.I.\*

**DADOS DA(S) ANÁLISE(S)**

Data de Início: 13/02/2012 Data do Término: 13/02/2012  
 Objetivo: Análises laboratoriais em amostra de Coleta de Emissão Atmosférica - Sem comparativo com legislação vigente.

**RESULTADOS****Análises Físico-Químicas**

Parâmetro	Método	LQ(¹)	Resultado	VMP(²)	Expressão
Sulfeto de Hidrogênio	CETESB L 9.233	33,0	< 33,0	-	µg

**NOTAS**

(¹)L.Q.: Limite de Quantificação do Método Analítico Utilizado / (²)VMP: Valor Máximo Permitido / N.I.: Dado(s) não informado(s) pelo Solicitante

**METODOLOGIA(S) UTILIZADA(S)**

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo. 1993.

Curitiba, 15 de Fevereiro de 2012

  
 Abner Weigert  
 Tcg Químico Ambiental  
 CRQ 09201766 PR

**RELATÓRIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS**

Nº.: 00348/12 - 00

**CLIENTE**

Cliente: SIMILAR TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO LTDA  
 Nome Fantasia: Similar  
 Endereço: Rua Alagoas, 2466 - Vila Guaira  
 Curitiba - PR - C.E.P.: 80630-050

Proposta: 00057 /12

**DADOS DA AMOSTRA**

Data e Hora da Amostragem: 16/01/2012 00:00  
 Ponto de Amostragem: Frankana - Filtro H2S - Entrada  
 Coleta 01 - Borbulhador 04,05,06

Data e Hora do Recebimento: 17/01/2012 08:40  
 Tipo de Amostragem: Emissão atmosférica

Responsável pela Amostragem: Cliente  
 Responsável pelo Transporte: Cliente  
 Data de Fabricação: N.I.\*  
 Embalagem: frasco plástico  
 Observação: Amostragem: 11:38 às 11:48

Tipo de Amostra: Matriz Líquida (CdSO4)  
 Procedimento de Amostragem: --  
 Validade: N.I.\*  
 Lote: N.I.\*

**DADOS DA(S) ANÁLISE(S)**

Data de Início: 17/01/2012

Data do Término: 03/02/2012

Objetivo: Análises laboratoriais em amostra de Coleta de Emissão Atmosférica - Sem comparativo com legislação vigente.

**RESULTADOS**
**Análises Físico-Químicas**

Parâmetro	Método	LQ(*)	Resultado	VMP(*)	Expressão
Sulfeto de Hidrogênio	CETESB L 9.233	17,0	19.553,0	-	µg

**NOTAS**

(\*)L.Q.: Limite de Quantificação do Método Analítico Utilizado / (\*)VMP: Valor Máximo Permitido / N.I.: Dado(s) não informado(s) pelo Solicitante

**METODOLOGIA(S) UTILIZADA(S)**

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo, 1993.

Curitiba, 3 de Fevereiro de 2012

  
 Abner Weigert  
 Tcg Químico Ambiental  
 CRQ 09201766 PR

**RELATÓRIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS**

Nº.: 00356/12 - 00

**CLIENTE**

Cliente: SIMILAR TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO LTDA  
Nome Fantasia: Similar  
Endereço: Rua Alagoas, 2466 - Vila Guaíra  
Curitiba - PR - C.E.P.: 80630-050

Proposta: 00057 / 12

**DADOS DA AMOSTRA**

Data e Hora da Amostragem: 16/01/2012 00:00  
Ponto de Amostragem: Frankana - Filtro H2S - Saída  
Coleta 02 - Borbulhador 04,05,06

Data e Hora do Recebimento: 17/01/2012 08:40  
Tipo de Amostragem: Emissão atmosférica

Responsável pela Amostragem: Cliente  
Responsável pelo Transporte: Cliente

Tipo de Amostra: Matriz Líquida (CdSO4)

Data de Fabricação: N.I.\*  
Embalagem: frasco plástico  
Observação: Amostragem: 14:08 às 14:18

Procedimento de Amostragem: --  
Validade: N.I.\*  
Lote: N.I.\*

**DADOS DA(S) ANÁLISE(S)**

Data de Início: 17/01/2012 Data do Término: 03/02/2012  
Objetivo: Análises laboratoriais em amostra de Coleta de Emissão Atmosférica - Sem comparativo com legislação vigente.

**RESULTADOS**

**Análises Físico-Químicas**

Parâmetro	Método	LQ(*)	Resultado	VMP(†)	Expressão
Sulfeto de Hidrogênio	CETESB L 9.233	17,0	17.149,0	-	µg

**NOTAS**

(\*)L.Q.: Limite de Quantificação do Método Analítico Utilizado / (†)VMP: Valor Máximo Permitido / N.I.: Dado(s) não informado(s) pelo Solicitante

**METODOLOGIA(S) UTILIZADA(S)**

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo. 1993.

Curitiba, 3 de Fevereiro de 2012

  
Abner Weigert  
Tcgº Químico Ambiental  
CRQ 09201766 PR

**RELATÓRIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS**

Nº.: 00350/12 - 00

**CLIENTE**

Cliente: SIMILAR TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO LTDA  
Nome Fantasia: Similar  
Endereço: Rua Alagoas, 2466 - Vila Guaira  
Curitiba - PR - C.E.P.: 80630-050

Proposta: 00057 /12

**DADOS DA AMOSTRA**

Data e Hora da Amostragem: 16/01/2012 00:00  
Ponto de Amostragem: Frankana - Filtro H2S - Entrada  
Coleta 02 - Borbulhador 04,05,06

Data e Hora do Recebimento: 17/01/2012 08:40  
Tipo de Amostragem: Emissão atmosférica

Responsável pela Amostragem: Cliente  
Responsável pelo Transporte: Cliente  
Data de Fabricação: N.I.\*  
Embalagem: frasco plástico  
Observação: Amostragem: 12:01 às 12:11

Tipo de Amostra: Matriz Líquida (CdSO4)  
Procedimento de Amostragem: --  
Validade: N.I.\*  
Lote: N.I.\*

**DADOS DA(S) ANÁLISE(S)**

Data de Início: 17/01/2012 Data do Término: 03/02/2012  
Objetivo: Análises laboratoriais em amostra de Coleta de Emissão Atmosférica - Sem comparativo com legislação vigente.

**RESULTADOS**

**Análises Físico-Químicas**

Parâmetro	Método	LQ(¹)	Resultado	VMP(²)	Expressão
Sulfeto de Hidrogênio	CETESB L 9.233	17,0	19.119,0	-	µg

**NOTAS**

(¹)L.Q.: Limite de Quantificação do Método Analítico Utilizado / (²)VMP: Valor Máximo Permitido / N.I.: Dado(s) não informado(s) pelo Solicitante

**METODOLOGIA(S) UTILIZADA(S)**

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo. 1993.

Curitiba, 3 de Fevereiro de 2012

  
Abner Weigert  
Tcgº Químico Ambiental  
CRQ 09201766 PR

**RELATÓRIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS**

Nº.: 00359/12 - 00

**CLIENTE**

Cliente: SIMILAR TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO LTDA  
 Nome Fantasia: Similar  
 Endereço: Rua Alagoas, 2466 - Vila Guaíra  
 Curitiba - PR - C.E.P.: 80630-050

Proposta: 00057 / 12

**DADOS DA AMOSTRA**

Data e Hora da Amostragem: 16/01/2012 00:00  
 Ponto de Amostragem: Frankana - Filtro H2S - Saida  
 Coleta 03 - Borbulhador 04,05,06

Data e Hora do Recebimento: 17/01/2012 08:40  
 Tipo de Amostragem: Emissão atmosférica

Responsável pela Amostragem: Cliente  
 Responsável pelo Transporte: Cliente  
 Data de Fabricação: N.I.\*  
 Embalagem: frasco plástico  
 Observação: Amostragem: 14:25 às 14:35

Tipo de Amostra: Matriz Líquida (CdSO4)  
 Procedimento de Amostragem: --  
 Validade: N.I.\*  
 Lote: N.I.\*

**DADOS DA(S) ANÁLISE(S)**

Data de Início: 17/01/2012 Data do Término: 03/02/2012  
 Objetivo: Análises laboratoriais em amostra de Coleta de Emissão Atmosférica - Sem comparativo com legislação vigente.

**RESULTADOS**
**Análises Físico-Químicas**

Parâmetro	Método	LQ(*)	Resultado	VMP(**)	Expressão
Sulfeto de Hidrogênio	CETESB L 9.233	17,0	19.017,0	-	µg

**NOTAS**

(\*)L.Q.: Limite de Quantificação do Método Analítico Utilizado / (\*\*)VMP: Valor Máximo Permitido / N.I.: Dado(s) não informado(s) pelo Solicitante

**METODOLOGIA(S) UTILIZADA(S)**

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo. 1993.

Curitiba, 3 de Fevereiro de 2012

  
 Abner Weigert  
 Tcgº Químico Ambiental  
 CRQ 09201766 PR

**RELATÓRIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS**

Nº.: 00351/12 - 00

**CLIENTE**

Cliente: SIMILAR TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO LTDA  
 Nome Fantasia: Similar  
 Endereço: Rua Alagoas, 2466 - Vila Guaíra  
 Curitiba - PR - C.E.P.: 80630-050

Proposta: 00057 / 12

**DADOS DA AMOSTRA**

Data e Hora da Amostragem: 16/01/2012 00:00  
 Ponto de Amostragem: Frankana - Filtro H2S - Entrada  
 Coleta 03 - Borbulhador 04,05,06

Data e Hora do Recebimento: 17/01/2012 08:40  
 Tipo de Amostragem: Emissão atmosférica

Responsável pela Amostragem: Cliente  
 Responsável pelo Transporte: Cliente

Tipo de Amostra: Matriz Líquida (CdSO<sub>4</sub>)

Data de Fabricação: N.I.\*

Procedimento de Amostragem: --

Embalagem: frasco plástico

Validade: N.I.\*

Observação: Amostragem: 12:23 às 12:33

Lote: N.I.\*

**DADOS DA(S) ANÁLISE(S)**

Data de Início: 17/01/2012

Data do Término: 03/02/2012

Objetivo: Análises laboratoriais em amostra de Coleta de Emissão Atmosférica - Sem comparativo com legislação vigente.

**RESULTADOS**
**Análises Físico-Químicas**

Parâmetro	Método	LQ(*)	Resultado	VMP(†)	Expressão
Sulfeto de Hidrogênio	CETESB L 9.233	17,0	33.690,0	-	µg

**NOTAS**

(\*)L.Q.: Limite de Quantificação do Método Analítico Utilizado / (†)VMP: Valor Máximo Permitido / N.I.: Dado(s) não informado(s) pelo Solicitante

**METODOLOGIA(S) UTILIZADA(S)**

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo, 1993.

Curitiba, 3 de Fevereiro de 2012

  
 Abner Weigert  
 Tcg<sup>®</sup> Químico Ambiental  
 CRQ 09201766 PR

**RELATÓRIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS**

Nº.: 00361 / 12 - 00

**CLIENTE**

Cliente: SIMILAR TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO LTDA  
 Nome Fantasia: Similar  
 Endereço: Rua Alagoas, 2466 - Vila Guaíra  
 Curitiba - PR - C.E.P.: 80630-050

Proposta: 00057 / 12

**DADOS DA AMOSTRA**

Data e Hora da Amostragem: 16/01/2012 00:00  
 Ponto de Amostragem: Frankana - Filtro H2S  
 Branco

Data e Hora do Recebimento: 17/01/2012 08:40  
 Tipo de Amostragem: Emissão atmosférica

Responsável pela Amostragem: Cliente  
 Responsável pelo Transporte: Cliente  
 Data de Fabricação: N.I.\*  
 Embalagem: frasco plástico

Tipo de Amostra: Matriz Líquida (CdSO4)  
 Procedimento de Amostragem: --  
 Validade: N.I.\*  
 Lote: N.I.\*

**DADOS DA(S) ANÁLISE(S)**

Data de Início: 24/01/2012

Data do Término: 03/02/2012

Objetivo: Análises laboratoriais em amostra de Coleta de Emissão Atmosférica - Sem comparativo com legislação vigente.

**RESULTADOS**
**Análises Físico-Químicas**

Parâmetro	Método	LQ(*)	Resultado	VMP(†)	Expressão
Sulfeto de Hidrogênio	CETESB L 9.233	17,0	511,0	-	µg

**NOTAS**

(\*)L.Q.: Limite de Quantificação do Método Analítico Utilizado / (†)VMP: Valor Máximo Permitido / N.I.: Dado(s) não informado(s) pelo Solicitante

**METODOLOGIA(S) UTILIZADA(S)**

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo. 1993.

Curitiba, 3 de Fevereiro de 2012

  
 Abner Weigert  
 Tcg° Químico Ambiental  
 CRQ 09201766 PR

**RELATÓRIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS**

Nº.: 00611/12 - 00

**CLIENTE**

Cliente: SIMILAR TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO LTDA  
 Nome Fantasia: Similar  
 Endereço: Rua Alagoas, 2466 - Vila Guaira  
 Curitiba - PR - C.E.P.: 80630-050

Proposta: 00057 /12

**DADOS DA AMOSTRA**

Data e Hora da Amostragem: 23/01/2012 00:00  
 Ponto de Amostragem: Frankanna - Filtro H2S - Saída  
 Coleta 01 - Borbulhador 04,05,06

Data e Hora do Recebimento: 24/01/2012 08:55  
 Tipo de Amostragem: Emissão atmosférica

Responsável pela Amostragem: Cliente  
 Responsável pelo Transporte: Cliente  
 Data de Fabricação: N.I.\*  
 Embalagem: frasco plástico  
 Observação: Amostragem: 12:50 às 13:00

Tipo de Amostra: Matriz Líquida (CdSO<sub>4</sub>)  
 Procedimento de Amostragem: --  
 Validade: N.I.\*  
 Lote: N.I.\*

**DADOS DA(S) ANÁLISE(S)**

Data de Início: 24/01/2012 Data do Término: 03/02/2012  
 Objetivo: Análises laboratoriais em amostra de Coleta de Emissão Atmosférica - Sem comparativo com legislação vigente.

**RESULTADOS**
**Análises Físico-Químicas**

Parâmetro	Método	LQ(*)	Resultado	VMP(*)	Expressão
Sulfeto de Hidrogênio	CETESB L 9.233	17,0	49.535,0	-	µg

**NOTAS**

(\*)L.Q.: Limite de Quantificação do Método Analítico Utilizado / (\*\*)VMP: Valor Máximo Permitido / N.I.: Dado(s) não informado(s) pelo Solicitante

**METODOLOGIA(S) UTILIZADA(S)**

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo. 1993.

Curitiba, 3 de Fevereiro de 2012

  
 Abner Weigert  
 Tcg° Químico Ambiental  
 CRQ 09201766 PR

**RELATÓRIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS**
**Nº.: 00608 / 12 - 00**
**CLIENTE**

Cliente: SIMILAR TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO LTDA  
 Nome Fantasia: Similar  
 Endereço: Rua Alagoas, 2466 - Vila Guaíra  
 Curitiba - PR - C.E.P.: 80630-050

**Proposta: 00057 / 12**
**DADOS DA AMOSTRA**

Data e Hora da Amostragem: 23/01/2012 00:00  
 Ponto de Amostragem: Frankanna - Filtro H2S - Entrada  
 Coleta 01 - Borbulhador 04,05,06

Data e Hora do Recebimento: 24/01/2012 08:55  
 Tipo de Amostragem: Emissão atmosférica

Responsável pela Amostragem: Cliente  
 Responsável pelo Transporte: Cliente  
 Data de Fabricação: N.I.\*  
 Embalagem: frasco plástico  
 Observação: Amostragem: 11:45 às 11:55

Tipo de Amostra: Matriz Líquida (CdSO4)  
 Procedimento de Amostragem: --  
 Validade: N.I.\*  
 Lote: N.I.\*

**DADOS DA(S) ANÁLISE(S)**

Data de Início: 24/01/2012 Data do Término: 03/02/2012  
 Objetivo: Análises laboratoriais em amostra de Coleta de Emissão Atmosférica - Sem comparativo com legislação vigente.

**RESULTADOS**
**Análises Físico-Químicas**

Parâmetro	Método	LQ <sup>(*)</sup>	Resultado	VMP <sup>(*)</sup>	Expressão
Sulfeto de Hidrogênio	CETESB L 9.233	17,0	34.993,0	-	µg

**NOTAS**

(\*)L.Q.: Limite de Quantificação do Método Analítico Utilizado / (\*\*)VMP: Valor Máximo Permitido / N.I.: Dado(s) não informado(s) pelo Solicitante

**METODOLOGIA(S) UTILIZADA(S)**

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo. 1993.

Curitiba, 3 de Fevereiro de 2012

  
 Abner Weigert  
 Tcg° Químico Ambiental  
 CRQ 09201766 PR

**RELATÓRIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS**

Nº.: 00612/12 - 00

**CLIENTE**

Cliente: SIMILAR TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO LTDA  
Nome Fantasia: Similar  
Endereço: Rua Alagoas, 2466 - Vila Guaira  
Curitiba - PR - C.E.P.: 80630-050

Proposta: 00057 / 12

**DADOS DA AMOSTRA**

Data e Hora da Amostragem: 23/01/2012 00:00  
Ponto de Amostragem: Frankanna - Filtro H2S - Saída  
Coleta 02 - Borbulhador 04,05,06

Data e Hora do Recebimento: 24/01/2012 08:55  
Tipo de Amostragem: Emissão atmosférica

Responsável pela Amostragem: Cliente  
Responsável pelo Transporte: Cliente  
Data de Fabricação: N.I.\*  
Embalagem: frasco plástico  
Observação: Amostragem: 13:14 às 13:24

Tipo de Amostra: Matriz Líquida (CdSO4)  
Procedimento de Amostragem: --  
Validade: N.I.\*  
Lote: N.I.\*

**DADOS DA(S) ANÁLISE(S)**

Data de Início: 24/01/2012 Data do Término: 03/02/2012  
Objetivo: Análises laboratoriais em amostra de Coleta de Emissão Atmosférica - Sem comparativo com legislação vigente.

**RESULTADOS**

**Análises Físico-Químicas**

Parâmetro	Método	LQ <sup>(1)</sup>	Resultado	VMP <sup>(2)</sup>	Expressão
Sulfeto de Hidrogênio	CETESB L 9.233	17,0	51.376,0	-	µg

**NOTAS**

(<sup>1</sup>)L.Q.: Limite de Quantificação do Método Analítico Utilizado / (<sup>2</sup>)VMP: Valor Máximo Permitido / N.I.: Dado(s) não informado(s) pelo Solicitante

**METODOLOGIA(S) UTILIZADA(S)**

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo. 1993.

Curitiba, 3 de Fevereiro de 2012

  
Abner Weigert  
Tcg° Químico Ambiental  
CRQ 09201766 PR

**RELATÓRIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS**

Nº.: 00609/12 - 00

**CLIENTE**

Cliente: SIMILAR TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO LTDA  
 Nome Fantasia: Similar  
 Endereço: Rua Alagoas, 2466 - Vila Guaira  
 Curitiba - PR - C.E.P.: 80630-050

Proposta: 00057 / 12

**DADOS DA AMOSTRA**

Data e Hora da Amostragem: 23/01/2012 00:00  
 Ponto de Amostragem: Frankanna - Filtro H2S - Entrada  
 Coleta 02 - Borbulhador 04,05,06

Data e Hora do Recebimento: 24/01/2012 08:55  
 Tipo de Amostragem: Emissão atmosférica

Responsável pela Amostragem: Cliente  
 Responsável pelo Transporte: Cliente  
 Data de Fabricação: N.I.\*  
 Embalagem: frasco plástico  
 Observação: Amostragem: 12:07 às 12:17

Tipo de Amostra: Matriz Líquida (CdSO<sub>4</sub>)  
 Procedimento de Amostragem: --  
 Validade: N.I.\*  
 Lote: N.I.\*

**DADOS DA(S) ANÁLISE(S)**

Data de Início: 24/01/2012 Data do Término: 03/02/2012  
 Objeto: Análises laboratoriais em amostra de Coleta de Emissão Atmosférica - Sem comparativo com legislação vigente.

**RESULTADOS**
**Análises Físico-Químicas**

Parâmetro	Método	LQ(*)	Resultado	VMP(*)	Expressão
Sulfeto de Hidrogênio	CETESB L 9.233	17,0	39.996,0	-	µg

**NOTAS**

(\*)L.Q.: Limite de Quantificação do Método Analítico Utilizado / (\*)VMP: Valor Máximo Permitido / N.I.: Dado(s) não informado(s) pelo Solicitante

**METODOLOGIA(S) UTILIZADA(S)**

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo. 1993.

Curitiba, 3 de Fevereiro de 2012

  
 Abner Weigert  
 Tcg° Químico Ambiental  
 CRQ 09201766 PR

**RELATÓRIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS**

Nº.: 00613/12 - 00

**CLIENTE**

Cliente: SIMILAR TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO LTDA  
 Nome Fantasia: Similar  
 Endereço: Rua Alagoas, 2466 - Vila Guaíra  
 Curitiba - PR - C.E.P.: 80630-050

Proposta: 00057 / 12

**DADOS DA AMOSTRA**

Data e Hora da Amostragem: 23/01/2012 00:00  
 Ponto de Amostragem: Frankanna - Filtro H2S - Saída  
 Coleta 03 - Borbulhador 04,05,06

Data e Hora do Recebimento: 24/01/2012 08:55  
 Tipo de Amostragem: Emissão atmosférica

Responsável pela Amostragem: Cliente  
 Responsável pelo Transporte: Cliente  
 Data de Fabricação: N.I.\*  
 Embalagem: frasco plástico  
 Observação: Amostragem: 13:36 às 13:46

Tipo de Amostra: Matriz Líquida (CdSO4)  
 Procedimento de Amostragem: --  
 Validade: N.I.\*  
 Lote: N.I.\*

**DADOS DA(S) ANÁLISE(S)**

Data de Início: 24/01/2012 Data do Término: 03/02/2012  
 Objetivo: Análises laboratoriais em amostra de Coleta de Emissão Atmosférica - Sem comparativo com legislação vigente.

**RESULTADOS**
**Análises Físico-Químicas**

Parâmetro	Método	LQ(*)	Resultado	VMP(*)	Expressão
Sulfeto de Hidrogênio	CETESB L 9.233	17,0	49.259,0	-	µg

**NOTAS**

(\*)L.Q.: Limite de Quantificação do Método Analítico Utilizado / (\*)VMP: Valor Máximo Permitido / N.I.: Dado(s) não informado(s) pelo Solicitante

**METODOLOGIA(S) UTILIZADA(S)**

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo. 1993.

Curitiba, 3 de Fevereiro de 2012

  
 Abner Weigert  
 Tcg° Químico Ambiental  
 CRQ 09201766 PR

**RELATÓRIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS**

Nº.: 00610/12 - 00

**CLIENTE**

Cliente: SIMILAR TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO LTDA  
Nome Fantasia: Similar  
Endereço: Rua Alagoas, 2466 - Vila Guaíra  
Curitiba - PR - C.E.P.: 80630-050

Proposta: 00057 / 12

**DADOS DA AMOSTRA**

Data e Hora da Amostragem: 23/01/2012 00:00  
Ponto de Amostragem: Frankanna - Filtro H2S - Entrada  
Coleta 03 - Borbulhador 04,05,06

Data e Hora do Recebimento: 24/01/2012 08:55  
Tipo de Amostragem: Emissão atmosférica

Responsável pela Amostragem: Cliente  
Responsável pelo Transporte: Cliente  
Data de Fabricação: N.I.\*  
Embalagem: frasco plástico  
Observação: Amostragem: 12:28 às 12:38

Tipo de Amostra: Matriz Líquida (CdSO4)  
Procedimento de Amostragem: --  
Validade: N.I.\*  
Lote: N.I.\*

**DADOS DA(S) ANÁLISE(S)**

Data de Início: 24/01/2012 Data do Término: 03/02/2012  
Objetivo: Análises laboratoriais em amostra de Coleta de Emissão Atmosférica - Sem comparativo com legislação vigente.

**RESULTADOS**

**Análises Físico-Químicas**

Parâmetro	Método	LQ(*)	Resultado	VMP(**)	Expressão
Sulfeto de Hidrogênio	CETESB L 9.233	17,0	37.829,0	-	µg

**NOTAS**

(\*)L.Q.: Limite de Quantificação do Método Analítico Utilizado / (\*\*)VMP: Valor Máximo Permitido / N.I.: Dado(s) não informado(s) pelo Solicitante

**METODOLOGIA(S) UTILIZADA(S)**

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo. 1993.

Curitiba, 3 de Fevereiro de 2012

  
Abner Weigert  
Tcgº Químico Ambiental  
CRQ 09201766 PR

**RELATÓRIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS**

Nº.: 00614/12 - 00

**CLIENTE**

Cliente: SIMILAR TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO LTDA  
 Nome Fantasia: Similar  
 Endereço: Rua Alagoas, 2466 - Vila Guaira  
 Curitiba - PR - C.E.P.: 80630-050

Proposta: 00057 / 12

**DADOS DA AMOSTRA**

Data e Hora da Amostragem: 23/01/2012 13:36  
 Ponto de Amostragem: Frankanna - Filtro H2S  
 Branco

Data e Hora do Recebimento: 24/01/2012 08:55  
 Tipo de Amostragem: Emissão atmosférica

Responsável pela Amostragem: Cliente  
 Responsável pelo Transporte: Cliente  
 Data de Fabricação: N.I.\*  
 Embalagem: frasco plástico

Tipo de Amostra: Matriz Líquida (CdSO4)  
 Procedimento de Amostragem: --  
 Validade: N.I.\*  
 Lote: N.I.\*

**DADOS DA(S) ANÁLISE(S)**

Data de Início: 24/01/2012 Data do Término: 03/02/2012  
 Objeto: Análises laboratoriais em amostra de Coleta de Emissão Atmosférica - Sem comparativo com legislação vigente.

**RESULTADOS**
**Análises Físico-Químicas**

Parâmetro	Método	LQ(*)	Resultado	VMP(**)	Expressão
Sulfeto de Hidrogênio	CETESB L 9.233	17,0	750,0	-	µg

**NOTAS**

(\*)L.Q.: Limite de Quantificação do Método Analítico Utilizado / (\*\*)VMP: Valor Máximo Permitido / N.I.: Dado(s) não informado(s) pelo Solicitante

**METODOLOGIA(S) UTILIZADA(S)**

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo. 1993.

Curitiba, 3 de Fevereiro de 2012

  
 Abner Weigert  
 Tcg Químico Ambiental  
 CRQ 09201766 PR

**RELATÓRIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS**

Nº.: 00875/12 - 00

**CLIENTE**

Cliente: SIMILAR TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO LTDA  
Nome Fantasia: Similar  
Endereço: Rua Alagoas, 2466 - Vila Guaíra  
Curitiba - PR - C.E.P.: 80630-050

Proposta: 00057 / 12

**DADOS DA AMOSTRA**

Data e Hora da Amostragem: 30/01/2012 :  
Ponto de Amostragem: Frankanna - Filtro H2S - Saída  
Coleta 01 - Borbulhador 04,05,06

Data e Hora do Recebimento: 31/01/2012 09:25  
Tipo de Amostragem: Emissão atmosférica

Responsável pela Amostragem: Cliente  
Responsável pelo Transporte: Cliente  
Data de Fabricação: N.I.\*  
Embalagem: frasco plástico  
Observação: Amostragem: 14:06 às 14:16

Tipo de Amostra: Matriz Líquida (CdSO4)  
Procedimento de Amostragem: --  
Validade: N.I.\*  
Lote: N.I.\*

**DADOS DA(S) ANÁLISE(S)**

Data de Início: 13/02/2012 Data do Término: 13/02/2012  
Objetivo: Análises laboratoriais em amostra de Coleta de Emissão Atmosférica - Sem comparativo com legislação vigente.

**RESULTADOS**

**Análises Físico-Químicas**

Parâmetro	Método	LQ(*)	Resultado	VMP(**)	Expressão
Sulfeto de Hidrogênio	CETESB L 9.233	17,0	28.372,0	-	µg

**NOTAS**

(\*)L.Q.: Limite de Quantificação do Método Analítico Utilizado / (\*\*)VMP: Valor Máximo Permitido / N.I.: Dado(s) não informado(s) pelo Solicitante

**METODOLOGIA(S) UTILIZADA(S)**

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo. 1993.

Curitiba, 15 de Fevereiro de 2012

  
Abner Weigert  
Tcg° Químico Ambiental  
CRQ 09201766 PR

**RELATÓRIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS**

Nº.: 00854/12 - 00

**CLIENTE**

Cliente: SIMILAR TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO LTDA  
Nome Fantasia: Similar  
Endereço: Rua Alagoas, 2466 - Vila Guaira  
Curitiba - PR - C.E.P.: 80630-050

Proposta: 00057 / 12

**DADOS DA AMOSTRA**

Data e Hora da Amostragem: 30/01/2012 :  
Ponto de Amostragem: Frankanna - Filtro H2S - Entrada  
Coleta 01 - Borbulhador 04,05,06

Data e Hora do Recebimento: 31/01/2012 09:25  
Tipo de Amostragem: Emissão atmosférica

Responsável pela Amostragem: Cliente  
Responsável pelo Transporte: Cliente

Tipo de Amostra: Matriz Líquida (CdSO4)

Data de Fabricação: N.I.\*  
Embalagem: frasco plástico  
Observação: Amostragem: 11:45 às 11:55

Procedimento de Amostragem: --  
Validade: N.I.\*  
Lote: N.I.\*

**DADOS DA(S) ANÁLISE(S)**

Data de Início: 13/02/2012

Data do Término: 13/02/2012

Objetivo: Análises laboratoriais em amostra de Coleta de Emissão Atmosférica - Sem comparativo com legislação vigente.

**RESULTADOS**

**Análises Físico-Químicas**

Parâmetro	Método	LQ(*)	Resultado	VMP(†)	Expressão
Sulfeto de Hidrogênio	CETESB L 9.233	17,0	31.354,0	-	µg

**NOTAS**

(\*)L.Q.: Limite de Quantificação do Método Analítico Utilizado / (†)VMP: Valor Máximo Permitido / N.I.: Dado(s) não informado(s) pelo Solicitante

**METODOLOGIA(S) UTILIZADA(S)**

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo. 1993.

Curitiba, 15 de Fevereiro de 2012

  
Abner Weigert  
Tcgº Químico Ambiental  
CRQ 09201766 PR

**RELATÓRIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS**

Nº.: 00876/12 - 00

**CLIENTE**

Cliente: SIMILAR TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO LTDA  
 Nome Fantasia: Similar  
 Endereço: Rua Alagoas, 2466 - Vila Guaíra  
 Curitiba - PR - C.E.P.: 80630-050

Proposta: 00057 / 12

**DADOS DA AMOSTRA**

Data e Hora da Amostragem: 30/01/2012 :  
 Ponto de Amostragem: Frankanna - Filtro H2S - Saída  
 Coleta 02 - Borbulhador 04,05,06

Data e Hora do Recebimento: 31/01/2012 09:25  
 Tipo de Amostragem: Emissão atmosférica

Responsável pela Amostragem: Cliente  
 Responsável pelo Transporte: Cliente  
 Data de Fabricação: N.I.\*  
 Embalagem: frasco plástico  
 Observação: Amostragem: 14:32 às 14:42

Tipo de Amostra: Matriz Líquida (CdSO4)  
 Procedimento de Amostragem: --  
 Validade: N.I.\*  
 Lote: N.I.\*

**DADOS DA(S) ANÁLISE(S)**

Data de Início: 13/02/2012 Data do Término: 13/02/2012  
 Objetivo: Análises laboratoriais em amostra de Coleta de Emissão Atmosférica - Sem comparativo com legislação vigente.

**RESULTADOS**
**Análises Físico-Químicas**

Parâmetro	Método	LQ(*)	Resultado	VMP(**)	Expressão
Sulfeto de Hidrogênio	CETESB L 9.233	17,0	20.278,0	-	µg

**NOTAS**

(\*)L.Q.: Limite de Quantificação do Método Analítico Utilizado / (\*\*)VMP: Valor Máximo Permitido / N.I.: Dado(s) não informado(s) pelo Solicitante

**METODOLOGIA(S) UTILIZADA(S)**

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo. 1993.

Curitiba, 15 de Fevereiro de 2012

  
 Abner Weigert  
 Tcg° Químico Ambiental  
 CRQ 09201766 PR

**RELATÓRIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS**

Nº.: 00855/12 - 00

**CLIENTE**

Cliente: SIMILAR TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO LTDA  
 Nome Fantasia: Similar  
 Endereço: Rua Alagoas, 2466 - Vila Guaíra  
 Curitiba - PR - C.E.P.: 80630-050

Proposta: 00057 / 12

**DADOS DA AMOSTRA**

Data e Hora da Amostragem: 30/01/2012 :  
 Ponto de Amostragem: Frankanna - Filtro H2S - Entrada  
 Coleta 02 - Borbulhador 04,05,06

Data e Hora do Recebimento: 31/01/2012 09:25  
 Tipo de Amostragem: Emissão atmosférica

Responsável pela Amostragem: Cliente  
 Responsável pelo Transporte: Cliente  
 Data de Fabricação: N.I.\*  
 Embalagem: frasco plástico  
 Observação: Amostragem: 12:10 às 12:20

Tipo de Amostra: Matriz Líquida (CdSO4)  
 Procedimento de Amostragem: --  
 Validade: N.I.\*  
 Lote: N.I.\*

**DADOS DA(S) ANÁLISE(S)**

Data de Início: 13/02/2012 Data do Término: 13/02/2012  
 Objetivo: Análises laboratoriais em amostra de Coleta de Emissão Atmosférica - Sem comparativo com legislação vigente.

**RESULTADOS**
**Análises Físico-Químicas**

Parâmetro	Método	LQ(*)	Resultado	VMP(**)	Expressão
Sulfeto de Hidrogênio	CETESB L 9.233	17,0	38.527,0	-	µg

**NOTAS**

(\*)L.Q.: Limite de Quantificação do Método Analítico Utilizado / (\*\*)VMP: Valor Máximo Permitido / N.I.: Dado(s) não informado(s) pelo Solicitante

**METODOLOGIA(S) UTILIZADA(S)**

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo, 1993.

Curitiba, 15 de Fevereiro de 2012

  
 Abner Weigert  
 Tcg° Químico Ambiental  
 CRQ 09201766 PR

**RELATÓRIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS**

Nº.: 00877/12 - 00

**CLIENTE**

Cliente: SIMILAR TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO LTDA  
Nome Fantasia: Similar  
Endereço: Rua Alagoas, 2466 - Vila Guaíra  
Curitiba - PR - C.E.P.: 80630-050

Proposta: 00057 / 12

**DADOS DA AMOSTRA**

Data e Hora da Amostragem: 30/01/2012 :  
Ponto de Amostragem: Frankanna - Filtro H2S - Saída  
Coleta 03 - Borbulhador 04,05,06

Data e Hora do Recebimento: 31/01/2012 09:25  
Tipo de Amostragem: Emissão atmosférica

Responsável pela Amostragem: Cliente  
Responsável pelo Transporte: Cliente  
Data de Fabricação: N.I.\*  
Embalagem: frasco plástico  
Observação: Amostragem: 14:56 às 15:06

Tipo de Amostra: Matriz Líquida (CdSO4)  
Procedimento de Amostragem: --  
Validade: N.I.\*  
Lote: N.I.\*

**DADOS DA(S) ANÁLISE(S)**

Data de Início: 13/02/2012 Data do Término: 13/02/2012  
Objetivo: Análises laboratoriais em amostra de Coleta de Emissão Atmosférica - Sem comparativo com legislação vigente.

**RESULTADOS**

**Análises Físico-Químicas**

Parâmetro	Método	LQ(*)	Resultado	VMP(*)	Expressão
Sulfeto de Hidrogênio	CETESB L 9.233	17,0	13.036,0	-	µg

**NOTAS**

(\*)L.Q.: Limite de Quantificação do Método Analítico Utilizado / (\*)VMP: Valor Máximo Permitido / N.I.: Dado(s) não informado(s) pelo Solicitante

**METODOLOGIA(S) UTILIZADA(S)**

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo. 1993.

Curitiba, 15 de Fevereiro de 2012

  
Abner Weigert  
Tcgº Químico Ambiental  
CRQ 09201766 PR

**RELATÓRIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS**

Nº.: 00856/12 - 00

**CLIENTE**

Cliente: SIMILAR TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO LTDA  
Nome Fantasia: Similar  
Endereço: Rua Alagoas, 2466 - Vila Guaira  
Curitiba - PR - C.E.P.: 80630-050

Proposta: 00057 / 12

**DADOS DA AMOSTRA**

Data e Hora da Amostragem: 30/01/2012 :  
Ponto de Amostragem: Frankanna - Filtro H2S - Entrada  
Coleta 03 - Borbulhador 04,05,06

Data e Hora do Recebimento: 31/01/2012 09:25  
Tipo de Amostragem: Emissão atmosférica

Responsável pela Amostragem: Cliente  
Responsável pelo Transporte: Cliente  
Data de Fabricação: N.I.\*  
Embalagem: frasco plástico  
Observação: Amostragem: 12:35 às 12:45

Tipo de Amostra: Matriz Líquida (CdSO4)  
Procedimento de Amostragem: --  
Validade: N.I.\*  
Lote: N.I.\*

**DADOS DA(S) ANÁLISE(S)**

Data de Início: 13/02/2012 Data do Término: 13/02/2012  
Objetivo: Análises laboratoriais em amostra de Coleta de Emissão Atmosférica - Sem comparativo com legislação vigente.

**RESULTADOS**

**Análises Físico-Químicas**

Parâmetro	Método	LQ(*)	Resultado	VMP(**)	Expressão
Sulfeto de Hidrogênio	CETESB L 9.233	17,0	40.981,0	-	µg

**NOTAS**

(\*)L.Q.: Limite de Quantificação do Método Analítico Utilizado / (\*\*)VMP: Valor Máximo Permitido / N.I.: Dado(s) não informado(s) pelo Solicitante

**METODOLOGIA(S) UTILIZADA(S)**

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo. 1993.

Curitiba, 15 de Fevereiro de 2012

  
Abner Weigert  
Tcg Químico Ambiental  
CRQ 09201766 PR

**RELATÓRIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS**

Nº.: 00878/12 - 00

**CLIENTE**

Cliente: SIMILAR TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO LTDA  
Nome Fantasia: Similar  
Endereço: Rua Alagoas, 2466 - Vila Guaira  
Curitiba - PR - C.E.P.: 80630-050

Proposta: 00057 / 12

**DADOS DA AMOSTRA**

Data e Hora da Amostragem: 30/01/2012 14:56  
Ponto de Amostragem: Frankanna - Filtro H2S - Branco

Data e Hora do Recebimento: 31/01/2012 09:25  
Tipo de Amostragem: Emissão atmosférica

Responsável pela Amostragem: Cliente  
Responsável pelo Transporte: Cliente  
Data de Fabricação: N.I.\*  
Embalagem: frasco plástico

Tipo de Amostra: Matriz Líquida (CdSO4)  
Procedimento de Amostragem: --  
Validade: N.I.\*  
Lote: N.I.\*

**DADOS DA(S) ANÁLISE(S)**

Data de Início: 13/02/2012 Data do Término: 13/02/2012  
Objetivo: Análises laboratoriais em amostra de Coleta de Emissão Atmosférica - Sem comparativo com legislação vigente.

**RESULTADOS**

**Análises Físico-Químicas**

Parâmetro	Método	LQ(*)	Resultado	VMP(²)	Expressão
Sulfeto de Hidrogênio	CETESB L 9.233	17,0	82,5	-	µg

**NOTAS**

(\*)L.Q.: Limite de Quantificação do Método Analítico Utilizado / (²)VMP: Valor Máximo Permitido / N.I.: Dado(s) não informado(s) pelo Solicitante

**METODOLOGIA(S) UTILIZADA(S)**

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo. 1993.

Curitiba, 15 de Fevereiro de 2012

  
Abner Weigert  
Tcgº Químico Ambiental  
CRQ 09201766 PR

## ANEXO 4 – MEDIÇÕES DO VOLUME DE DEJETOS NO HOMOGENEIZADOR

