



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS – UFGD
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**CO-DIGESTÃO ANAERÓBIA DOS DEJETOS DE OVINOS E
GLICERINA BRUTA**

LAURA COSTA ALVES DE ARAÚJO

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

Dourados-MS
Dezembro - 2012



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS – UFGD
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**CO-DIGESTÃO ANAERÓBIA DOS DEJETOS DE OVINOS E
GLICERINA BRUTA**

LAURA COSTA ALVES DE ARAÚJO
Zootecnista

Orientadora: Prof^ª Dra. Ana Carolina Amorin Orrico

Co-Orientadores: Prof. Dr. Alexandre Rodrigo Mendes Fernandes
Prof. Dr. Fernando Miranda de Vargas Junior

Dissertação apresentada à Universidade
Federal da Grande Dourados – UFGD,
como parte das exigências para obtenção
do título de Mestre do Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia

Dourados-MS
Dezembro - 2012

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD

636.3 Araújo, Laura Costa Alves de Araújo.
A663c

Co-digestão anaeróbia dos dejetos de ovinos e glicerina
bruta. / Laura Costa Alves de Araújo. – Dourados, MS :
UFGD, 2012.

42f.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Carolina Amorim Orrico.
Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade
Federal da Grande Dourados.

1. Ovino - Fisiologia. 2. Digestão anaeróbia. 3.
Excremento de ovinos. I. Título.

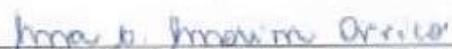
“Co-digestão anaeróbia dos dejetos de ovinos e glicerina bruta”

por

LAURA COSTA ALVES DE ARAÚJO

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título
de MESTRE EM ZOOTECNIA

Aprovada em: 13/12/2012



Profa. Dra. Ana Carolina Amorim Orrico
Orientadora – UFGD/FCA



Prof. Dr. Marco Antonio Previdelli Orrico Junior
UFGD/FCA



Prof. Dr. Jorge de Lucas Junior
UNESP/Jaboticabal

BIOGRAFIA DO AUTOR

Laura Costa Alves de Araújo - filha de Maria José Costa Alves de Araújo e Jailson Alves de Araújo nasceu em 23 de novembro de 1983 na cidade de Santo André, estado de São Paulo. Graduiu-se no ano de 2009 no curso de Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Dracena. No ano de 2011 ingressou no Programa de Pós - Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, área de concentração Produção Animal e foi bolsista da CAPES.

DEDICATÓRIA

*Dedico a minha família (Nelson e Pedro), fonte inesgotável de
inspiração e Amor.*

A vocês, meus amores.

Obrigada por me amarem e me apoiarem cada um com a sua maneira

Obrigada por fazerem parte da minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus, minha fortaleza e fiel amigo.

A meus pais, por sempre incentivarem meus sonhos.

A minha orientadora, Prof^a Dr^a Ana Carolina Amorim Orrico pela dedicação e paciência em doar diversas formas de aprendizado.

Ao Prof. Dr. Marco Antonio Previdelli Orrico Junior pela paciência e disponibilidade.

Ao Prof. Dr. Alexandre Rodrigo Mendes Fernandes, por aceitar esta co-orientação.

Ao Prof. Fernando Miranda de Vargas Junior pelos conselhos e pela co-orientação.

Aos membros do Grupo de Manejo de Resíduos Agropecuários: João Paulo, Natália, Débora, Rafael, Gislaine, Walter, Andressielly, Stanley e Alice por me ajudarem a conduzir os ensaios do experimento. Ao Flávio (Grupo Ovinotecnia-UFGD) pela ajuda com os animais. À Laura (FCAV-UNESP) por receber as amostras de biogás.

Ao Prof. Dr. Leonardo de Oliveira Seno pela dedicação e orientação com os dados estatísticos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD pelo aprimoramento intelectual.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À todos muito obrigada.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE ABREVIATURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	01
CAPÍTULO I – REVISÃO DE LITERATURA.....	03
Objetivo Geral.....	09
Referências Bibliográficas.....	09
CAPÍTULO II – CO-DIGESTÃO ANAERÓBIA DE GLICERINA BRUTA E DEJETOS DE OVINOS ALIMENTADOS COM DIETAS DE DIFERENTES PROPORÇÕES DE CONCENTRADO.....	12
RESUMO.....	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUÇÃO.....	14
MATERIAL E MÉTODOS.....	15
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
CONCLUSOES.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
APÊNDICE.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS

- CH₄**: Metano
- CO₂**: Dióxido de carbono
- CR**: Coeficiente de resíduo
- CT**: Coliformes totais
- CTT**: Coliformes termotolerantes
- DQO**: Demanda química de oxigênio
- FDA**: Fibra em detergente ácido
- FDN**: Fibra em detergente neutro
- gb**: Glicerina bruta
- IC**: Intervalo de confiança
- MM**: Matéria mineral (cinzas)
- MN**: Matéria natural
- MS**: Matéria seca
- N**: Nitrogênio
- NMP**: Números mais prováveis
- P**: Fósforo
- ST**: Sólidos totais
- SV**: Sólidos voláteis
- K**: Potássio
- 60:40**: 60% de volumoso e 40% de concentrado
- 40:60**: 40% de volumoso e 60% de concentrado

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Composição (% da MS) das dietas experimentais.....	17
Tabela 2. Parâmetros analisados no ensaio de caracterização da glicerina bruta.....	18
Tabela 3. Quantidades (kg) dos componentes utilizados para o preparo dos substratos adicionados aos biodigestores conforme as diferentes dietas.....	20
Tabela 4. Caracterização dos dejetos produzidos por ovinos alimentados por duas dietas contendo diferentes proporções de volumoso e concentrado.....	24
Tabela 5. Teores de sólidos (ST e SV) e constituintes fibrosos (FDN e FDA) e respectivas reduções do afluente e efluente dos biodigestores abastecidos com substratos contendo glicerina bruta e dejetos de ovinos alimentados com dietas distintas (40:60 e 60:40).....	31
Tabela 6. Número mais provável (NMP/mL) de coliformes totais (CT) e termotolerantes (CTT) no substrato e efluente de biodigestores abastecidos com dejetos de ovinos e doses crescentes de glicerina bruta e respectivas reduções.....	33
Tabela 7. Concentrações de N, P e K (% dos ST) em afluentes e efluentes oriundos da co-digestão anaeróbia da glicerina bruta e dejetos de ovinos alimentados com duas dietas.....	35

LISTA DE FIGURAS

viii

	Página
Figura 1. Produções totais de biogás (L) dos substratos preparados com glicerina bruta e dejetos de ovinos alimentados com dietas distintas (40:60 e 60:40).....	26
Figura 2. Produção de biogás (L) relacionado aos substratos (L) conforme as doses de glicerina bruta.....	27
Figura 3. Produções de biogás (L) com relação aos sólidos totais (kg) de substratos preparados com dejetos de ovinos alimentados por duas dietas	28
Figura 4. Produção de biogás (L) com relação aos sólidos voláteis adicionados (kg) de substratos preparados com glicerina bruta (gb) dejetos de ovinos alimentados por duas dietas.....	29

1 **CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

2

3 No setor primário da economia brasileira encontram-se os segmentos da
4 produção animal, dentre eles a ovinocultura desponta como uma atividade com
5 potencial para a geração de produtos nobres como a carne, principalmente, demandando
6 menores áreas que as exigidas para a criação de bovinos, e com tendência a preconizar
7 abates de animais em reduzidos períodos de produção. No entanto, nesses sistemas de
8 produção, sobretudo com o apelo atual de desenvolvimento sustentável e maior
9 produtividade em áreas menores de alojamento de animais, a manipulação e manejo dos
10 dejetos surgem como aspectos de preocupação, devido à possibilidade de atuar como
11 vetor de doença e contaminação da água, solo e do ar.

12 Os dejetos (fezes e urina) são produtos das funções fisiológicas gerados durante
13 os processos do metabolismo animal, onde o equilíbrio destas funções pode ser
14 proporcionado por fontes externas de energia, como por exemplo, os alimentos.
15 Avaliando-se os custos com alimentação, estes representam grande parte do capital total
16 investido no sistema de produção, assim reforça-se a necessidade da aplicação de
17 técnicas que possam reciclar os conteúdos energéticos e de nutrientes presentes nos
18 dejetos.

19 A biodigestão anaeróbia é uma técnica que promove na ausência do oxigênio a
20 transformação de materiais orgânicos complexos em produtos mais simples (gases e
21 nutrientes em forma estáveis ou menos poluentes), empregada com significativa
22 eficiência e tem apresentado excelentes resultados no rendimento de biogás e na
23 qualidade de biofertilizante. Com intuito de potencializar o processo de biodigestão
24 anaeróbia, diversos autores sugerem como uma opção a co-digestão anaeróbia de
25 resíduos orgânicos, utilizando-se dois ou mais produtos e que em conjunto atuem de
26 forma benéfica por meio de suas propriedades específicas no processo de digestão.
27 Diante deste cenário, a utilização de dejetos de ovinos com a glicerina bruta, torna-se
28 uma alternativa promissora, pois sua adição aos substratos preparados a partir de dejetos
29 pode aperfeiçoar o processo e promover a melhoria dos rendimentos de biogás e
30 metano.

31 Segundo estimativas apresentadas na literatura, como coproduto da reação de
32 transesterificação do processo de produção do biodiesel, a cada quilograma produzido

33 são geradas 100 gramas de glicerina bruta. Em levantamento realizado por
34 SCARAMUZZO (2011) ressaltou-se que no ano de 2010, no Brasil, houve a geração de
35 250.000 toneladas de glicerina pelas usinas de biodiesel. Já no ano de 2011, o mesmo
36 autor mencionou a quantidade de 300.000 toneladas desse coproduto. Esses dados
37 apontam para a geração de um possível gargalo neste setor, uma vez que o uso da
38 glicerina bruta atende a um mercado muito restrito e específico.

39 Pesquisas sobre usos alternativos para a glicerina proveniente da produção de
40 biodiesel, enfatizando a produção de energia, revelam que a glicerina bruta apresenta
41 alto potencial para uso como substrato na produção de biogás, quando adicionada na
42 biodigestão de resíduos orgânicos, pois quando ocorre a disponibilidade de nutrientes
43 no meio haverá uma tendência para que ocorra o equilíbrio necessário para um processo
44 de degradação estável (BACKES (2011); Fountoulakis et al., 2010; LARSEN (2009);
45 Robra et al., 2006 e Amon et al., 2006).

46 A proposta foi conduzida com o objetivo de avaliar o desempenho da co-digestão
47 anaeróbia empregando-se doses crescentes de glicerina bruta em associação com os
48 dejetos gerados por ovinos alimentados com duas dietas.

49 Esta dissertação está dividida em dois capítulos, sendo o capítulo I
50 correspondente a apresentação da revisão de literatura e o capítulo II referente ao artigo
51 científico redigido conforme as normas para publicação do Arquivo Brasileiro de
52 Medicina Veterinária e Zootecnia, disponíveis no endereço eletrônico
53 www.abmvz.org.br.

54 **CAPÍTULO I - REVISÃO DE LITERATURA**

55

56 O Brasil possui um efetivo do rebanho ovino, com cerca de 16,8 milhões de
57 cabeças (Anualpec, 2011). Os rebanhos mais numerosos estão localizados nas regiões
58 Nordeste e Sul, além de representar uma atividade crescente em outras regiões como o
59 Centro Oeste, com destaque especial para o Estado do Mato Grosso do Sul.

60 Segundo as estimativas do IBGE (2010) no ano de 2010 havia no Centro Oeste
61 1.268.175 ovinos, ocupando assim a terceira posição no raking nacional, e as regiões
62 Sul e Nordeste, assumiam a segunda e a primeira posição respectivamente. Já o Estado
63 do Mato Grosso do Sul, ocupa o 8º posição no ranking nacional, com um rebanho de
64 497.102 ovinos.

65 O consumo per capita de carne ovina no Brasil é relativamente pequeno quando
66 comparado às demais fontes de proteínas (bovinos, aves e suínos). Dados divulgados no
67 ANUALPEC (2011) relatam que a quantidade gira em torno de 500 gramas, e também
68 ocorrem a influência pela sazonalidade da oferta e pela variação na qualidade do
69 produto. Apesar desses fatores, a procura pela carne de cordeiro está aumentando,
70 principalmente nos grandes centros urbanos e devido abertura de mercados externos.
71 Em função disso, a ovinocultura para produção de carne apresenta-se como uma
72 alternativa para a atividade primária, pois, além do aumento na procura, o produto tem
73 apresentado valores atrativos de comercialização.

74 Com relação aos custos de produção, a alimentação na produção animal
75 representa significativa parcela do total investido no sistema. Segundo KIEHL (1985) e
76 MALAVOLTA et al. (1991), os animais devolvem ao solo de 40 a 50 % das dietas que
77 lhes é oferecida como alimento, sendo assim reforça-se a necessidade do emprego de
78 técnicas que possam reciclar os conteúdos energéticos e de nutrientes presentes neste
79 resíduo, possibilitando o retorno de parte do capital investido pelo produtor.

80 Entre as quantidades médias de dejetos produzidos por ovinos, LUCAS JÚNIOR
81 (2005) citou Esminger et al. (1990) considerando 450 kg de peso vivo e verificaram o
82 total de seis toneladas ao ano de dejetos produzidos. Baseado neste pressuposto, para
83 um animal com peso vivo médio de 30 kg, serão produzidos uma quantidade
84 aproximada de 0,5 kg de dejetos por dia. Rodrigues et al. (2009) determinaram a
85 produção fecal em cordeiros seguindo o método tradicional de colheita total de fezes e
86 observaram valores de 0,41 kg, 0,38 kg e 0,40 kg, de fezes produzidas por cordeiros

87 com peso médio de 25 kg que receberam dietas contendo alta quantidade de alimento
88 concentrado (82%) caracterizadas em tratamento controle, inclusão de grãos de girassol
89 e gordura protegida, respectivamente.

90 AMORIM (2002) relata os fatores que podem estar envolvidos como a
91 quantidade excretada de fezes e urina pelos animais, entre eles: peso, idade, nível de
92 produção, estado fisiológico (animais prenhes, secas, em lactação), quantidade e
93 qualidade do alimento fornecido aos animais, sistema de produção (pasto, confinamento
94 ou semiconfinamento) e inclusive a estação do ano. Assim torna-se fundamental a
95 caracterização destes resíduos, considerando que os dejetos são ricos em nutrientes e
96 demais constituintes relacionados às características de determinado alimento, onde
97 muitas vezes não são totalmente degradados no organismo do animal o que beneficia e
98 justifica a adoção de técnicas para o aproveitamento destes resíduos.

99 Neste contexto, Lopes et al. (2011) caracterizaram dejetos produzidos por ovinos
100 e obtiveram as concentrações de sólidos totais e voláteis, coliformes totais e coliformes
101 termotolerantes e ainda a demanda química de oxigênio, sendo encontrados os valores
102 de 49,23% de sólidos totais; 82,23% de sólidos voláteis; 2,2E+08 de coliformes totais e
103 7,5E+07 coliformes termotolerantes; e para demanda química de oxigênio o valor de
104 476,0g O₂/kg.

105 AMORIM (2005) citou a importância dos constituintes fibrosos presentes nos
106 dejetos, com relação à necessidade da partição da fração fibrosa em fibra em detergente
107 ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN), pois os diversos constituintes desta
108 fração apresentam diferentes taxas de degradação, acelerando assim a produção de
109 biogás, quando houver uma rápida degradação, ou retardando, quando forem de difícil
110 degradação. A mesma autora caracterizou substratos preparados com dejetos de
111 caprinos da raça Saanen e F1 (Saanen x Boer), alimentadas com três dietas variando as
112 proporções de volumoso e concentrado, sendo a dieta 1 (80% volumoso e 20%
113 concentrado), dieta 2 (60% volumoso e 40% concentrado) e dieta 3 (40% volumoso e
114 60% concentrado), e verificou-se as seguintes concentrações de FDN de 70,34; 65,14;
115 61,29; 66,79; 62,49 e 59,74% em substratos preparados com os dejetos de cabras
116 Saanen e F1, alimentadas com as dietas 1, 2 e 3, respectivamente), e para FDA de
117 41,60; 36,12; 30,17; 39,29; 35,89 e 32,05% em substratos preparados com os dejetos de
118 cabras Saanen e F1, alimentadas com as dietas 1, 2 e 3, respectivamente. A autora

119 concluiu que os substratos preparados com os dejetos das cabras sofreram influências
120 relacionadas aos genótipos e as características das dietas.

121 Em relação a quantificação dos nutrientes excretados nas fezes dos animais,
122 Orrico et al. (2011) relatam a sua importância sobretudo na utilização como parâmetro
123 no desenvolvimento de projetos para modelos de produção sustentáveis que buscam
124 reduzir impactos ambientais. Os principais nutrientes contidos nos dejetos são
125 classificados em macrominerais (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio) e
126 microminerais (ferro, sódio, zinco, manganês e cobre). As quantidades de nutrientes
127 excretadas nas fezes foram avaliadas por Orrico et al. (2007) quando utilizaram cabras
128 da raça Saanen em quatro categorias de idade (1: de 2 a 4 meses, 2: de 4 a 8 meses, 3:
129 de 8 a 12 meses e 4: acima de 12 meses) e alimentadas com três dietas (1: 80 % de
130 volumoso e 20 % de concentrado, 2: 60 % de volumoso e 40 % de concentrado e 3: 40
131 % de volumoso e 60 % de concentrado). Os resultados demonstraram que os animais da
132 categoria 4 excretaram fezes com maior concentração de nitrogênio (N), em média
133 2,15% da MS, em relação às categorias 3 e 2, e na categoria 1, foi observado o teor de
134 1,0% N da MS. Na avaliação de fósforo (P) e potássio (K), os resultados indicam que as
135 categorias de idade e as dietas oferecidas, afetam significativamente as concentrações
136 encontradas nos dejetos, sendo os maiores teores observados na categoria 4, seguida
137 pelas categorias 2 e 3, e a categoria 1 apresentou as menores concentrações. Os autores
138 concluíram que as dietas promoveram aumento significativo, na quantidade excretada
139 desses nutrientes de acordo com o aumento de concentrado nas dietas.

140 Dados sobre a caracterização dos dejetos gerados por ovinos e disponíveis na
141 literatura ainda são bastante escassos e variáveis, principalmente quando relacionados
142 com o nível de produção dos animais e a qualidade e quantidade da dieta fornecida. Tais
143 dados são imprescindíveis na definição e na escolha de técnicas que venham a ser
144 utilizadas em tratamentos de diferentes materiais. Dentre as diversas formas de
145 tratamentos de dejetos, a biodigestão anaeróbia se destaca, pois além de promover a
146 reciclagem energética, via produção de biogás, possibilita também a reciclagem de
147 nutrientes, por meio da produção do biofertilizante, considerado rico em nutrientes.

148 A definição clássica sobre a biodigestão anaeróbia foi descrita por TOERIEN e
149 HATTINGH, (1969) e citado por Kotzé et al. (1969), como sendo um processo
150 biológico no qual a matéria orgânica é convertida em metano e dióxido de carbono na
151 ausência de oxigênio. Este processo é realizado em biodigestores que promovem um

152 ambiente anaeróbio e assim favorável para que ocorra o processo de fermentação e
153 consequentemente a degradação de um substrato preparado a partir de um único resíduo
154 ou mais e que geralmente é considerado poluente.

155 O desempenho do processo de biodigestão anaeróbia pode ser avaliado segundo
156 os resultados de potenciais de produção que refletem a capacidade máxima de geração
157 de biogás considerando um componente específico. JAIN et al. (1981) citados por
158 AMORIM (2005), avaliaram o potencial de produção de biogás do dejetos de ovinos por
159 kg de dejetos e verificaram valores médios de 45,2 L de biogás/kg de dejetos. AL-MASRI
160 (2001) analisou a influência de diferentes resíduos de origem animal e vegetal na
161 produção de biogás, assim avaliou o desempenho de biodigestores anaeróbios tipo
162 batelada, utilizando dejetos de ovinos e caprinos para o preparo dos substratos,
163 mantidos por 40 dias em banho-maria sob a temperatura de 30°C. O autor observou nos
164 substratos preparados com as proporções 100; 80; 60 e 40% de dejetos de ovinos e 0; 20;
165 40 e 60% de resíduo vegetal, as produções de biogás foram de 62; 53; 49 e 40 L/kg de
166 sólidos voláteis, relatando que ocorreu um decréscimo atribuído ao aumento da
167 proporção de resíduo vegetal nos substratos, ocasionando em uma variação nos teores
168 de sólidos totais e voláteis e da fibra em detergente neutro.

169 Contudo, existem alternativas que se relacionam ao tratamento anaeróbio de
170 resíduos orgânicos, uma delas é a co-digestão, que permite o aumento no rendimento
171 das produções de biogás, principalmente em comparação com um substrato
172 isoladamente. Segundo definição descrita por ANGELIDAKI e AHRING (1997), a co-
173 digestão é uma forma de tratamento conjunta para diferentes tipos de resíduos.

174 Para RODRIGUES (2005) a co-digestão de resíduos orgânicos biodegradáveis
175 apresenta-se como uma alternativa viável, uma vez que permite aumentar a estabilidade
176 de todo o processo de tratamento. Esta alternativa permite suplementar o meio de
177 digestão com nutrientes que podem estar em falta num dos substratos, contribuindo para
178 um melhor desempenho do processo de digestão anaeróbia e para a produção de um
179 biofertilizante de qualidade elevada.

180 Nos últimos anos, o número de pesquisas sobre a utilização de resíduos no
181 processo de co-digestão anaeróbia tem aumentado, em especial para a produção de
182 biogás visando à geração de energia, como por exemplo, a utilização da glicerina bruta
183 em associação com dejetos.

184 A glicerina bruta é oriunda da produção de biodiesel, caracterizada como um
185 material viscoso, constituído principalmente por gliceróis e outras substâncias (óleos,
186 ácidos graxos de cadeia longa, metanol, sais e outros) que, se disposta no meio ambiente
187 sem o adequado tratamento, poderá causar problemas de intoxicação, formação de
188 espumas, mau cheiro, e variações nas características naturais do ambiente. Por outro
189 lado por possuir alto teor de carbono considerado degradável pode favorecer o processo
190 de co-digestão, e, portanto, viabilizando formas alternativas de utilização que podem
191 proporcionar sustentabilidade econômica e ambiental da produção do biodiesel.

192 Segundo VIANA (2011), um grande número de microrganismos pode crescer
193 em meio contendo glicerina e assim utilizá-la como fonte de carbono e energia. Desta
194 forma, por meio de enzimas produzidas pelo consórcio de bactérias anaeróbias, a
195 matéria orgânica sofre quatro tipos de reações em rotas metabólicas específicas para
196 obtenção de metano. Com destaque para a reação de acetogênese que ocorre via
197 oxidação de compostos orgânicos reduzidos gerando acetato ou hidrogênio e dióxido de
198 carbono por ação de bactérias acetogênicas) e a reação de metanogênese ocorrendo a
199 fermentação acetoclástica por bactérias achaeas metanogênicas, produzindo metano.
200 Assim em processos anaeróbios que visa a produção de energia, devem estar presentes
201 microrganismos formadores de acetato, hidrogênio, dióxido de carbono e formiato, uma
202 vez que estes são os únicos compostos que podem ser convertidos diretamente a metano
203 (CH₄).

204 O uso alternativo da glicerina bruta adicionada a substratos em processo de co-
205 digestão anaeróbia com intuito de gerar energia é considerado viável, segundo estudos
206 já realizados. AMON et al. (2006) avaliaram a co-digestão anaeróbia da mistura: 31%
207 de silagem de milho, 15% grãos de milho e 54% dejetos de suíno, com adição de
208 diferentes porcentagens de glicerina (0; 3; 6; 8 e 15% em relação aos SV). Seus
209 resultados demonstraram que a adição de glicerina resultou em aumento da produção de
210 metano e apresentou um efeito de cofermentação. A produção de metano a partir da
211 mistura sem adição de glicerina foi de 335 L/kg SV, para a mistura com 3% de glicerina
212 a produção de metano aumentou em 20%, resultando em 411 L/kg SV, sendo maior
213 rendimento observado no tratamento com 6% de adição de glicerina (439 L/kg SV).
214 Nos demais tratamentos foram observadas diminuições da produção de metano, para o
215 tratamento com adição de 8 e 15% de glicerina a produção foi de 365 e 400 L/kg SV.

216 ROBRA (2006) avaliou o potencial de produção de biogás da glicerina bruta
217 como co-substrato na biodigestão de dejetos bovinos, empregando-se biodigestores de
218 operação contínua. As proporções de massa do substrato foram de 5, 10 e 15% em
219 relação à inclusão de massa de glicerina bruta. Com a adição de glicerina bruta ao dejetos
220 bovinos observou-se um aumento significativo nas quantidades de biogás produzidas por
221 unidade de sólidos voláteis adicionados. Tendo como base a produção de biogás a partir
222 do dejetos bovinos, a adição de glicerina bruta elevou a produção de biogás em 207%,
223 207% e 44% para os tratamentos com 5, 10 e 15% de glicerina bruta, respectivamente,
224 bem como o teor de metano em 9,5, 14,3 e 14,6% para os mesmos tratamentos. A autora
225 relatou que o tratamento com a adição de 15% m/m de glicerina bruta foi interrompido
226 antes do final do experimento devido a um colapso do processo.

227 BACKES (2011) avaliou o processo de co-digestão anaeróbia na geração de
228 energia a partir dos dejetos de suínos e bovinos de leite com suplementação de glicerina
229 bruta residual nas dosagens de 0, 3, 6 e 9% do volume, e concluiu que a glicerina bruta
230 associada aos dejetos de suínos na concentração de 6% proporcionou significativa
231 produção de biogás (120L) comparada aos demais tratamentos com 0, 3 e 9% que
232 apresentaram as produções de 30L, 60L e 70L, respectivamente. Estudo realizado por
233 VIANA (2011), demonstrou a viabilidade da utilização do glicerol como biomassa para
234 produção de biogás e energia, e concluiu que o biogás produzido em um sistema
235 anaeróbio digerindo glicerol residual pode ser utilizado para a geração de energia
236 térmica ou elétrica. ROBRA et al. (2006), avaliaram os parâmetros do processo e a
237 quantidade e qualidade do biogás produzido a partir da co-digestão da glicerina bruta
238 em associação com o dejetos bovinos, adicionando as dosagens de 0 e 5% de massa da
239 glicerina bruta em relação a massa do substrato, verificaram-se um aumento de 304% na
240 produção de biogás quando compararam o biodigestor alimentado com 5% com o
241 tratamento controle.

242 Embora já existam na literatura, dados sobre o rendimento em biogás de
243 diferentes substratos orgânicos, os estudos científicos que contemplam os efeitos da co-
244 digestão da glicerina bruta oriunda da produção do biodiesel com dejetos de ovinos,
245 ainda são escassos, especialmente se considerar estas aplicações nas condições
246 brasileiras.

247 **OBJETIVO GERAL**

248

249 Avaliar o desempenho da co-digestão anaeróbia empregando-se doses crescentes
250 de glicerina bruta (0, 3, 6, 9, 12 e 15% em relação aos sólidos totais) em associação com
251 os dejetos gerados por ovinos alimentados com duas dietas, variando-se as proporções
252 de volumoso e concentrado, sendo: 40% de volumoso e 60% de concentrado e 60%
253 volumoso e 40% concentrado.

254

255 **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

256

257 AL-MASRI, M.R. Changes in biogas production due to different ratios of some animal
258 and agricultural wastes. **Bioresource Technology**, Oxford, v.77, n.1, p.97-100, 2001.

259

260 AMON, T.; AMON, B.; KRYVORUCHKO V.; BODIROZA, V.; et al., Optimizing
261 methane yield from anaerobic digestion manure: Effects of dairy systems and of
262 glycerin supplementation. **International Congress Series**, v.1293, p. 217 - 220, 2006.

263

264 AMORIM, A.C. **Caracterização dos dejetos de caprinos: reciclagem energética e de**
265 **nutrientes**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2002. 108p. Dissertação
266 (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Estadual Paulista, 2002.

267

268 AMORIM, A.C. **Avaliação do potencial de impacto ambiental e do uso da**
269 **compostagem e biodigestão anaeróbia na produção de caprinos**. Jaboticabal:
270 Universidade Estadual Paulista, 2005. 129p. Tese (Doutorado em Zootecnia) -
271 Universidade Estadual Paulista, 2005.

272

273 ANGELIDAKI, I; AHRING, L.E.B.K. Modeling anaerobic co-digestion of manure
274 with olive oil mill effluent. **Water Science and Technology**. v.36, n.6-7, p.263-270,
275 Elsevier: 1997.

276

277 ANUALPEC. **Anuário da pecuária brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, 2011. 292p.

278 BACKES G.M. **Avaliação do processo de digestão anaeróbia na geração de energia**
279 **a partir de dejetos de suínos e bovinos de leite com suplementação de glicerina**
280 **residual bruta oriunda da produção de biodiesel.** Lageado: Centro Universitário
281 Univates, 2011. 108p. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento) -
282 Centro Universitário UNIVATES, 2011.
283
284 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. [2010].
285 **Estatísticas sobre pecuária, rebanho e produção.** Disponível em: <
286 www.sidra.ibge.gov.br > Acesso em: 20/5/2012.
287
288 KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 492p.
289
290 KOTZE, J.P.; THIEL, P.G.; HATTINGH, W.H. - “Anaerobic digestion II. The
291 characterization and control of anaerobic digestion”. **Water Research Pergamon**
292 **Press**, vol. 3, pp. 459-494, 1969.
293
294 LOPES, W.R.T.; MANARELLI, D.M.; ORRICO, A.C.A. et al., Concentrações de
295 sólidos totais e voláteis, coliformes totais e termotolerantes e demanda química de
296 oxigênio em dejetos de ovinos estocados por diferentes períodos. In: ENEPE - UFGD,
297 Dourados. **Anais...** Dourados: ENEPE - UFGD, 2011. (CD-ROM)
298
299 LUCAS JUNIOR, J. Laminados de PVC - solução para biodigestores. In:
300 CONGRESSO BRASILEIRO DO PVC, São Paulo, 2005. **Anais...** São Paulo: SP, 2005.
301 Disponível em: <<http://www.institutodopvc.org/congresso/>>. Acesso em: 04/09/2012.
302
303 MALAVOLTA, E.; BOARETTO, A.E.; PAULINO, V.T. Micronutrientes: uma visão
304 geral. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1988.
305 Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS/ CNPq, 1991. p.1-3
306
307 ORRICO, A C. A.; LUCAS JR. J.; ORRICO JR. M. A. P. Caracterização e biodigestão
308 anaeróbia dos dejetos de caprinos. **Engenharia Agrícola**, v.27, n.3, p.639-647, 2007.
309 Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162007000400006&lng=pt&nrm=iso)
310 [69162007000400006&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162007000400006&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 10/11/2012.

311 ORRICO, A.C.A.; ORRICO JUNIOR, M.A.P.; LUCAS JR, J. et al. Desempenho e
312 características dos dejetos produzidos por cabritos em diferentes idades e alimentados
313 com diferentes proporções entre volumoso e concentrado. **Agrarian**, v.4, p. 222-227,
314 2011. Disponível em:
315 <http://www.periodicos.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/viewArticle/1055>. Acesso
316 em: 25/10/2012.

317

318 ROBRA, S. **Uso da glicerina bruta em biodigestão anaeróbia: aspectos**
319 **tecnológicos, ambientais e ecológicos**. Ilhéus: Universidade Estadual de Santa Cruz,
320 2006. 120p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente).

321

322 ROBRA, S.; SANTOS, J.V.S.; OLIVEIRA A.M.; et al. Usos alternativos para glicerina
323 resultante da produção de biodiesel: Parte 2 - Geração de Biogás. In: Congresso da Rede
324 Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 1, 2006. **Anais...** p 58-61.

325

326 RODRIGUES, D.J.; EZEQUIEL, J. M. B.; HOMEM JUNIOR, A.C. et al. Indicadores
327 internos para estimativas de digestibilidade, produção fecal e consumo em cordeiros. In:
328 Congresso Brasileiro de Zootecnia, 2009. Águas de Lindóia. **Anais...** São Paulo:
329 Zootec, 2009. (CD-ROM)

330

331 RODRIGUES, A.A.L.S. **Co-digestão anaeróbia de resíduos de natureza orgânica**.
332 Aveiro: Universidade de Aveiro, 2005. 164p. Dissertação (Mestrado em Gestão
333 Ambiental, Materiais e Valorização de Resíduos) - Universidade de Aveiro, Aveiro.

334

335 SCARAMUZZO, M. **Consumo de biodiesel cresce no país**. 2011. Disponível em:
336 <biodieselbr.com/noticias/em-foco/consumo-biodiesel-cresce-pais-270111.html>
337 Acesso em: 02/04/2012.

338

339 VIANA, M.B. **Produção de biogás a partir de glicerol oriundo de biodiesel**. São
340 Carlos: Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos, 2011, 130p.
341 Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola de Engenharia de São Carlos, 2011.

342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374

CAPÍTULO II

Co-digestão anaeróbia de glicerina bruta e dejetos de ovinos alimentados com dietas de diferentes proporções de concentrado

[Co-digestion anaerobic of crude glycerin and manure sheep fed with diets of different proportions of concentrate]

L.C.A. Araújo¹, Orrico A.C.A.²

¹ Aluna de Pós-Graduação - Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, MS.

² Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, MS.

RESUMO

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de caracterizar os dejetos produzidos por ovinos alimentados com duas dietas: 40% de volumoso e 60% de concentrado (40:60) e 60% de volumoso e 40% de concentrado (60:40) e efetuar a co-digestão anaeróbia destes resíduos com doses crescentes de glicerina bruta. Os dejetos produzidos foram coletados diariamente e caracterizados segundo os teores de ST e SV (sólidos totais e voláteis), constituintes fibrosos (FDN e FDA), números mais prováveis (NMP) de coliformes totais (CT) e termotolerantes (CTT), demanda química de oxigênio (DQO) e a estimativa do coeficiente de resíduo (CR). Com os dejetos associados às doses de glicerina bruta (0; 3; 6; 9; 12 e 15% dos ST) foram preparados substratos para o abastecimento de biodigestores batelada de bancada. Nos substratos foram observados os teores de ST, SV, FDN e FDA, os NMP de CT e CTT iniciais e finais, objetivando-se avaliar a eficiência do processo na redução destes constituintes e ainda, seus potenciais de produção de biogás. A partir do afluente e do efluente determinaram-se os teores de nitrogênio, fósforo e potássio (N, P e K) para avaliar a qualidade como biofertilizante. Não foram observadas diferenças para as produções e teores de ST do resíduo entre as dietas testadas, sendo obtidas produções de 0,45 kg de dejetos e 0,24 kg de ST. Os teores de SV, DQO e NMP de CT e CTT foram superiores nos dejetos dos animais alimentados com maiores proporções de concentrado. O CR reduziu à medida que

375 aumentou o concentrado na dieta. Com relação à produção total de biogás e ao potencial
376 de produção do substrato, observou-se efeito linear positivo, demonstrando que na
377 medida em que se aumentaram as inclusões de glicerina bruta no substrato, acresceram-
378 se as produções de biogás, indicando assim que a glicerina bruta melhora o desempenho
379 dos biodigestores e ainda verificou-se que não houve influência das dietas sobre as
380 produções totais de biogás. A quantidade de ST do substrato sofreu influência das dietas
381 e das dosagens de glicerina bruta. As maiores concentrações dos teores de N, P e K
382 ocorreram no efluente (biofertilizante) oriundo dos dejetos de animais alimentados com
383 a dieta com maior proporção de alimento concentrado (40:60).

384

385 Palavras-chave: biofertilizante, biogás, ovinocultura, redução de sólidos

386

387

ABSTRACT

388

389 *This work was conducted in order to characterize the waste produced by sheep fed two*
390 *diets: 40% roughage and 60% concentrate (40:60) and 60% roughage and 40%*
391 *concentrate (60:40) and make co-anaerobic digestion of waste with increasing doses of*
392 *crude glycerin. The waste produced daily were collected and characterized according*
393 *to the levels of ST and SV (total solids and volatile) constituents fiber (NDF and ADF),*
394 *most probable numbers (MPN) of total coliform (TC) and thermotolerant (CTT),*
395 *chemical demand oxygen demand (COD) and also estimated the coefficient of residue*
396 *(CR). With these wastes, in combination with increasing doses of crude glycerin (0, 3, 6,*
397 *9, 12 and 15% TS) were prepared substrates for the supply of batch digesters bench. In*
398 *substrates undergoing the co-digestion were observed contents of ST, SV, NDF and*
399 *ADF, the NMP CT and CTT initial and final, with the objective the evaluate the*
400 *efficiency of the process in reducing these constituents and also their potential*
401 *production of biogas. From the influent and effluent were determined levels of nitrogen,*
402 *phosphorus and potassium (N, P and K) to assess the quality as biofertilizer. No*
403 *differences were observed for both production and ST contents of the residue between*
404 *the diets tested, and obtained yields of 0.45 kg and 0.24 kg of manure ST. The contents*
405 *of VS, COD and NMP CT and CTT were higher in manure from animals fed with higher*
406 *proportions of concentrate. The CR decreased as the concentration increased in the*
407 *diet. With respect to the overall production of biogas and the production potential of the*

408 *substrate, there was a positive linear effect, showing that the extent to which increased*
409 *additions the crude glycerin inclusions in the substrate, thus indicating that crude*
410 *glycerin improves the performance of digesters, and even found that there was no*
411 *influence of diets on the production of biogas. The amount of ST substrate influenced*
412 *the diets and doses of crude glycerin. The largest concentrations of N, P and K*
413 *occurred in the effluent (biofertilizer) originating from the manures of animals fed diets*
414 *with a higher proportion of concentrate (40:60).*

415

416 *Keywords: biofertilizer, biogas, sheep production, reduction of solids*

417

418

INTRODUÇÃO

419

420 A ovinocultura vem se destacando com a produção de ovinos em sistema de
421 confinamento, que se caracteriza como um sistema de produção no qual os animais são
422 alimentados com dietas de alta qualidade, alojados em áreas reduzidas e com o intuito
423 de redução da idade de abate e aumento da produtividade. Neste modelo intensivo,
424 ocorre um elevado acúmulo de dejetos que se mal manejados podem tornar-se
425 impactantes ao meio ambiente. Conforme relatado por Orrico et al. (2011) o
426 monitoramento da produção de dejetos é uma forma indireta de se medir tanto o
427 potencial poluente de um rebanho, quanto o aproveitamento dos alimentos utilizados na
428 dieta. Lucas Junior et al. (2005) estimaram a produção média de dejetos *in natura* de
429 ovinos e caprinos em 600 kg/animal por ano, o que permite que ao considerar os dados
430 citados pelo ANUALPEC (2011) sobre o rebanho nacional de ovinos de
431 aproximadamente 17 milhões de animais, estima-se assim a produção de 10,2 milhões
432 de toneladas de dejetos por ano.

433

434 Desta forma, resíduos de origem animal constituem elevada proporção da
435 biomassa, e sua utilização em sistemas de reciclagem é de extrema importância sob
436 aspectos econômicos e ambientais (Amorim et al., 2004). A digestão anaeróbia é uma
437 técnica eficaz adotada para o tratamento dos dejetos gerados pela produção animal, pois
438 proporciona a reciclagem energética (produção de gás) e também de nutrientes
(produção de biofertilizante).

439

440 Com relação ao potencial de produção de biogás dos dejetos em digestão
anaeróbia, Quadros et al. (2010) estudando os dejetos de ovinos e caprinos e verificaram

441 a produção média de 61 litros de biogás por quilograma de dejetos adicionados ao
442 biodigestor em sistema contínuo de abastecimento com tempo de retenção hidráulica de
443 45 dias, segundo os autores a produção média está dentro da faixa de 43 a 103 litros
444 encontradas em outros trabalhos, demonstrando que o processo de digestão anaeróbia
445 foi satisfatório para a produção de biogás. Porém, a co-digestão dos dejetos e glicerina
446 bruta pode melhorar o processo de digestão anaeróbia, uma vez que a utilização deste
447 tipo de substrato pode fornecer nutrientes que estejam insuficientes no meio
448 promovendo um efeito sinérgico positivo, levando a uma digestão estável e assim
449 contribuindo no aumento do rendimento do biogás, conforme afirmou BACKES (2011).
450 Na literatura são escassos dados da sobre a co-digestão de dejetos de ovinos e glicerina
451 bruta, porém observam-se estudos utilizando dejetos de suínos, bovinos e aves. ROBRA
452 et al. (2006) avaliaram as produções de biogás a partir da co-digestão da glicerina bruta
453 em associação com dejetos de bovinos, para tanto os autores utilizaram biodigestores
454 semi contínuos experimentais com capacidade de 3 litros, mantidos em banho-maria em
455 um tempo de retenção médio de 42,8 dias, sob temperatura de 37 °C e operados com
456 doses de 0 e 5% de massa da glicerina bruta em relação à massa do substrato. Os
457 autores verificaram aumento de 304% na produção de biogás quando compararam a
458 adição de 5% de glicerina em relação ao tratamento sem adição de glicerina,
459 evidenciando que a inclusão da glicerina bruta promoveu uma melhora no desempenho
460 do biodigestor refletindo na produção de biogás nestas condições experimentais.

461 Objetivou-se avaliar o desempenho da co-digestão anaeróbia empregando-se
462 doses crescentes de glicerina bruta em associação com os dejetos gerados por ovinos
463 alimentados com duas dietas.

464

465

MATERIAL E MÉTODOS

466

467 O experimento foi desenvolvido utilizando-se dejetos gerados por animais
468 alojados no Setor de Ovinocultura da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade
469 Federal da Grande Dourados e da glicerina bruta oriunda da produção do biodiesel e
470 cedida por uma usina de biodiesel pertencente à Biocar Biodiesel, localizada na região
471 de Dourados, Mato Grosso do Sul. Os dejetos e a glicerina bruta foram caracterizados e
472 posteriormente utilizados no abastecimento dos biodigestores batelada de bancada

473 instalados no Laboratório de Manejo dos Resíduos Agropecuários da mesma instituição.
474 A fase experimental foi dividida em dois ensaios, sendo o primeiro referente à
475 caracterização dos dejetos produzidos pelos ovinos alimentados com duas dietas e o
476 segundo ao aproveitamento deste resíduo e da glicerina bruta por meio do
477 desenvolvimento da co-digestão anaeróbia.

478

479 **Ensaio 1: Caracterização dos dejetos gerados por ovinos**

480 Para este ensaio de caracterização foram utilizados seis animais, machos,
481 pantaneiros, não castrados, com idade média de 90 dias e peso vivo médio inicial de 20
482 kg. No início do experimento os animais foram identificados, pesados, everminados e
483 alojados em baias individuais, com piso de alvenaria, não suspensas e com área de 2m²,
484 providas de comedouro e bebedouro e dispostas em área coberta. O período de
485 adaptação às instalações e as dietas foi de 10 dias e a fase experimental foi iniciada em
486 10/01/2012 e finalizada em 24/01/2012, totalizando assim 14 dias de avaliação.

487 As dietas foram compostas por feno de aveia como fonte de volumoso e
488 concentrado (milho moído, farelo de soja, soja moída e mistura mineral), nas
489 proporções de 40% de concentrado e 60% de volumoso (40:60) e de 60% de
490 concentrado e 40% de volumoso (60:40), conforme a composição apresentada na Tab.
491 1. Para a formulação das dietas seguiram-se as recomendações do NRC (2007) a fim de
492 proporcionar um ganho de peso médio de 0,2 kg/dia. A oferta de alimento foi *ad libitum*
493 sendo recalculados a cada três dias, para permitir uma sobra de 10 a 20 % da dieta total.
494 A dieta total foi dividida em três refeições diárias (08h00, 11h00 e 16h00).

495 Tabela 1. Composição (% da MS) das dietas experimentais

Ingrediente (% MS)	Dietas	
	40:60	60:40
Feno de aveia	40,0	60,0
Milho moído	46,5	31,0
Farelo de soja	8,7	5,9
Soja moída	3,5	2,3
Mistura mineral	1,3	0,8
Total (%)	100,0	100,0

496

497 Os dejetos produzidos pelos ovinos foram coletados diariamente no período
498 matutino por meio da raspagem manual do piso das baias, sendo em seguida
499 armazenados em sacos plásticos e mantidos em refrigeração. Para a quantificação da
500 produção de dejetos foi efetuada a pesagem da massa total (fezes e possível conteúdo de
501 urina) produzida por cada animal no período de 24 horas de excreção. A partir das
502 amostras *in natura* foram realizadas as análises para determinação dos números mais
503 prováveis (NMP) de coliformes totais (CT) e termotolerantes (CTT) e da demanda
504 química de oxigênio (DQO). Com as amostras secas foram realizadas as análises de
505 sólidos totais (ST); sólidos voláteis (SV); constituintes fibrosos (FDN e FDA) e dos
506 minerais (nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K)).

507 Para a determinação do coeficiente de resíduo (CR) realizou-se o cálculo da
508 relação da quantidade de fezes produzidas por animal considerando-se o ganho de peso
509 no mesmo período, sendo que para isto os animais foram pesados no início e final do
510 período experimental.

511 O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado,
512 constando de dois tratamentos conforme as dietas (40:60) e (60:40) e 12 repetições por
513 tratamento. As médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste *F* ao nível
514 de 5% de probabilidade. Os resultados das variáveis obtidas foram submetidos à análise
515 de variância utilizando-se o software SAEG (Sistema para Análises Estatísticas, versão
516 9.1).

517

518 **Ensaio 2: Co-digestão anaeróbia dos dejetos de ovinos e glicerina bruta**

519 O ensaio de co-digestão anaeróbia foi conduzido no Laboratório de Manejo de
520 Resíduos Agropecuários (FCA-UFGD), sendo o período experimental compreendido
521 entre os meses de fevereiro e junho do ano de 2012. O ensaio foi desenvolvido com os
522 dejetos provenientes do ensaio de caracterização (Ensaio 1), por meio do abastecimento
523 de biodigestores experimentais tipo batelada de bancada. Para tanto, realizou-se o
524 ensaio de caracterização da glicerina bruta que consistiu na determinação dos teores de
525 umidade, glicerol e metanol. Quantificou-se também a demanda química de oxigênio
526 (DQO) e a determinação do pH (Tab. 2).

527

528 Tabela 2. Parâmetros analisados no ensaio de caracterização da glicerina bruta

Parâmetros	Glicerina bruta
Umidade (% dos ST)	6,6
Glicerol (% dos ST)	39,1
Metanol (% dos ST)	6,6
DQO (g O ₂ /litro)	1880
pH	8,9

529

530 Os biodigestores foram constituídos de duas partes distintas: o recipiente com o
531 material em fermentação com capacidade de 3,6 kg e o gasômetro que armazenou o
532 biogás produzido. O recipiente com o material em fermentação (biodigestor) foi
533 composto por duas garrafas com capacidade de volume útil de dois litros cada e lacrada
534 com rolhas de borrachas onde foram inseridas mangueiras para canalizar o gás
535 produzido pelo material em fermentação das garrafas até o gasômetro. O gasômetro foi

536 constituído por dois cilindros retos de PVC com 10 e 15 cm de diâmetro e 40 cm de
537 altura, sendo o primeiro inserido no interior do segundo, de forma que o espaço
538 existente entre eles comportasse um volume de água (“selo de água”), atingindo
539 profundidade de 40 cm, conforme ilustrado no APÊNDICE 1A e 2A. Os gasômetros e
540 biodigestores foram dispostos sobre uma bancada em condições de temperatura
541 ambiente, abrigados de luz solar e chuva.

542 Anteriormente ao início de abastecimento dos biodigestores foi realizada a
543 produção do inóculo para ser utilizado na etapa inicial do processo de co-digestão, a fim
544 de acelerar o processo de fermentação. O inóculo foi preparado com os dejetos de
545 bovinos, ajustando-se o teor de ST inicial para 4% e considerado pronto para uso
546 quando apresentou as maiores concentrações de metano em sua composição.

547 Para a obtenção de cada um dos substratos foram consideradas as doses de
548 inclusão de glicerina bruta nas concentrações de 0; 3; 6; 9; 12 e 15% dos ST no
549 abastecimento, além dos dejetos originados pelos ovinos alimentados com as dietas
550 contendo 40% de volumoso e 60% de concentrado e 60% de volumoso com 40% de
551 concentrado. Os substratos foram compostos por dejetos, glicerina bruta, inóculo (na
552 proporção de 15% dos ST) e água para a diluição (Tab. 3), com o objetivo de se obter
553 4% de ST na concentração final, conforme equações citadas por LUCAS JUNIOR
554 (1994).

555 No momento do abastecimento dos biodigestores os teores de ST dos dejetos
556 foram de 48,0 e 47,71% considerando os ovinos alimentados com as dietas contendo 40
557 e 60% de volumoso, respectivamente, 2,79% para o inóculo e 97,49% para a glicerina
558 bruta.

559 Tabela 3. Quantidades (kg) dos componentes utilizados para o preparo dos substratos
 560 adicionados aos biodigestores conforme as diferentes dietas

Inclusão de glicerina bruta (%ST)	Inóculo	Dejeto	Glicerina bruta	Água	Substrato	pH
40:60						
0	0,031	0,281	0,000	1,488	1,800	8,6
3	0,031	0,271	0,009	1,488	1,800	8,4
6	0,031	0,262	0,019	1,488	1,800	8,5
9	0,031	0,253	0,028	1,488	1,800	8,4
12	0,031	0,243	0,037	1,488	1,800	8,4
15	0,031	0,234	0,047	1,488	1,800	8,4
60:40						
0	0,031	0,281	0,000	1,488	1,800	8,4
3	0,031	0,271	0,009	1,488	1,800	8,3
6	0,031	0,262	0,019	1,488	1,800	8,3
9	0,031	0,253	0,028	1,488	1,800	8,4
12	0,031	0,243	0,037	1,488	1,800	8,2
15	0,031	0,234	0,047	1,488	1,800	8,6

561 No abastecimento e desabastecimento dos biodigestores foram coletadas
 562 amostras para determinação dos teores de ST; SV; FDN; FDA e dos NMP de CT e
 563 CTT, no intuito de se avaliar as quantidades adicionadas e reduzidas de cada um destes

564 componentes. Determinaram-se também as concentrações dos minerais (N, P e K) do
565 afluyente e efluente (biofertilizante).

566 O monitoramento dos biodigestores ocorreu por meio das leituras dos volumes
567 de biogás produzidos, que foram determinadas medindo-se o deslocamento vertical dos
568 gasômetros, e multiplicando-se pela área da seção transversal interna dos mesmos, ou
569 seja, 0,00765 m². Após cada leitura os gasômetros foram zerados utilizando-se o
570 registro de descarga do biogás. Foi efetuada a correção do volume para as condições de
571 1 atm e 20 °C conforme metodologia proposta por CAETANO (1985). Por meio das
572 produções de biogás e com base nas quantidades destes constituintes (adicionadas ou
573 reduzidas) foi possível obter a estimativa dos potenciais de produção de biogás.

574 Para o arranjo experimental adotou-se o delineamento inteiramente casualizado,
575 em esquema fatorial composto por 6 (doses de glicerina bruta) x 2 (dietas), utilizando-se
576 dois biodigestores (repetição) para cada tratamento experimental.

577 Para elucidar a estrutura de relações entre as variáveis dieta e glicerina bruta de
578 cada potencial de produção, foram estimadas ANOVA e as correlações de Pearson
579 Draper & Smith, 1981) e, utilizando-se o Proc Corr do Sistema SAS (SAS, 1995). Para a
580 análise de regressão dos dados utilizou-se o software R Project 2 e quando necessário
581 aplicou-se a transformação dos dados utilizando o método Box-Cox.

582

583 **Metodologias utilizadas nos ensaios 1 e 2**

584

585 **Determinação dos teores de sólidos totais e sólidos voláteis**

586 Os teores de sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV) das amostras coletadas
587 durante o ensaio de caracterização dos dejetos e da co-digestão anaeróbia foram
588 determinados segundo a metodologia descrita por APHA (2005). Sendo necessário
589 executar a pré-secagem em temperatura de 60 °C, em estufa de circulação forçada de ar,
590 por 48 horas, com a finalidade de evitar perdas de nutrientes. Após a secagem, as
591 amostras foram moídas, em moinho de facas, com peneira de 1 mm de malha.

592 **Determinação dos teores dos constituintes fibrosos**

593 Com as amostras pré-secas e moídas, foram realizadas as análises para
594 determinação dos constituintes fibrosos: fibra em detergente neutro (FDN), fibra de
595 detergente ácido (FDA) das amostras coletadas durante o ensaio de caracterização dos
596 dejetos e da co-digestão anaeróbia, segundo a metodologia descrita por DETMANN et
597 al. (2012).

598

599 **Determinação da demanda química de oxigênio**

600 Os valores da demanda química de oxigênio (DQO) foram obtidos por meio do
601 método colorimétrico utilizando as amostras coletadas durante o ensaio de
602 caracterização dos dejetos e da glicerina bruta. Utilizando-se o aparelho
603 espectrofotômetro modelo DR/2000 (HACH) e bloco digestor para DQO. A
604 metodologia descrita nos manuais do aparelho faz uso de digestão ácida em meio com
605 dicromato de potássio e catalisadores, utilizando-se a reta padrão existente na memória
606 do aparelho. Esta metodologia se equivale à descrita no APHA (2005).

607

608 **Quantificação dos minerais**

609 Para a quantificação dos minerais foram utilizadas amostras previamente secas e
610 moídas coletadas durante o ensaio de caracterização dos dejetos e da co-digestão
611 anaeróbia, realizando-se a digestão sulfúrica da matéria orgânica. Com o extrato obtido
612 foi determinado os teores de nitrogênio (N), conforme metodologia descrita por Silva
613 (2006). Os teores de fósforo (P) foram determinados a partir da digestão nitroperclórica,
614 conforme metodologia descrita por Malavolta (1989) e as concentrações de potássio (K)
615 foram determinadas em espectrofotômetro de absorção atômica.

616

617 **Determinação do número mais provável (NMP) de coliformes totais (CT) e**
618 **termotolerantes (CTT)**

619 Os números mais prováveis (NMP) de coliformes totais e termotolerantes foram
620 avaliados no dejetos, substrato e no biofertilizante dos biodigestores batelada de bancada

621 por meio da técnica de tubos múltiplos, a partir de metodologia descrita pela APHA
622 (2005).

623

624 **Caracterização da glicerina bruta**

625 O ensaio de caracterização da glicerina bruta consistiu na realização das análises
626 de amostras de glicerina bruta para determinação dos teores de glicerol, umidade e
627 metanol, segundo as metodologias utilizadas no Instituto de Tecnologia do Paraná
628 (TECPAR). Também foi quantificada a demanda química de oxigênio (DQO) conforme
629 metodologia de APHA (2005) e a determinação do pH empregando-se o phmetro digital
630 de bancada modelo Pack pH 21®.

631

632 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

633

634 **Caracterização dos dejetos gerados por ovinos**

635 Os resultados apresentados na Tab. 4 demonstram que não foram observadas
636 diferenças ($P < 0,05$) para as produções e teores de ST do resíduo entre as dietas testadas.
637 Para as duas dietas foram obtidas produções médias de 0,45 kg de MN, porém para as
638 quantidades de ST os valores foram de 0,25 e 0,24 kg de ST para as dietas contendo
639 40:60 e 60:40, respectivamente, observa-se que a dieta contendo a maior proporção de
640 alimento concentrado produziu maior quantidade de ST nos dejetos . Estes dados são
641 semelhantes aos obtidos por Orrico et al. (2011) ao observarem aumento na produção de
642 resíduos (MN e ST) na medida em que os animais se alimentavam com maiores
643 proporções de concentrado na dieta. Os autores observaram produções de 0,21, 0,25 e
644 0,27 kg de ST para animais submetidos às dietas com 80, 60 e 40% de volumoso,
645 respectivamente.

646 O teor de SV dos dejetos dos ovinos que consumiram a dieta em 60% de
647 concentrado foi superior ($P < 0,05$) ao observado para os dejetos de ovinos alimentos
648 com 40% de concentrado (Tab. 4). Orrico Junior et al. (2010) trabalhando com
649 terminação de bovinos de corte, mas com as mesmas relações volumoso:concentrado
650 utilizadas nas dietas deste trabalho encontraram comportamento semelhante, ou seja, na

651 medida em que aumentou o concentrado na dieta houve um acréscimo nos teores de SV
652 nos resíduos.

653

654 Tabela 4. Caracterização dos dejetos produzidos por ovinos alimentados por duas dietas
655 contendo diferentes proporções de volumoso e concentrado

Parâmetros	Dietas		P	CV%
	40:60	60:40		
Produção de resíduo (kg/animal)	0,45	0,45	NS	26,84
Produção de resíduo (kg ST/animal)	0,25	0,24	NS	22,00
ST (g/g)	0,56	0,53	NS	18,99
SV (g/g de ST)	0,89	0,87	*	1,34
DQO (g O ₂ /litro)	285,51	232,31	*	20,06
FDN (% dos ST)	69,8	74,4	NS	5,83
FDA (% dos ST)	34,9	35,2	NS	0,33
CT (NMP)	1,9E+12	1,5 E+12	*	20,02
CTT (NMP)	1,9 E+12	1,5 E+12	*	20,02
CR (kg/kg)	2,32	2,61	*	10,20

656 * = P<0,05; NS = não significativo

657

658 Também foi observado aumento no valor da DQO (P<0,05) à medida que o
659 concentrado foi utilizado em maior proporção na alimentação dos animais (Tab. 4).
660 Foram observados valores de 285,51 e 232,31 g de O₂/litro para os dejetos de ovinos
661 alimentados com a dieta de 60 e 40% de concentrado, respectivamente.

662 Com relação aos constituintes fibrosos, observou-se que não ocorreram diferenças
663 significativas para os valores de 69,8 e 74,4 % de FDN e 34,9 e 35,2% de FDA com
664 base nos ST dos dejetos dos ovinos alimentados com as dietas que continham a
665 proporção de 40% e 60% de volumoso, respectivamente. Porém a determinação destes
666 constituintes fibrosos é importante, uma vez que as frações fibrosas (FDN e FDA) em
667 quantidades elevadas no material a ser digerido pode dificultar a degradação realizada

668 pelos microrganismos e assim comprometer a redução do material no interior dos
669 biodigestores, podendo influenciar até no comportamento da produção do biogás no
670 processo de biodigestão anaeróbia.

671 Foram encontradas diferenças significativas ($P < 0,05$) entre as dietas para os NMP
672 de coliformes totais e termotolerantes, sendo os animais que receberam a dieta contendo
673 60% de concentrado apresentaram valores superiores com relação aos animais que
674 receberam a dieta com 40% de concentrado (Tab. 4). Desta forma pode-se afirmar que
675 dietas contendo maior inclusão de concentrado tendem a apresentar resíduos com maior
676 potencial poluidor.

677 Devido ao melhor desempenho dos animais o CR reduziu ($P < 0,05$) a medida que
678 aumentou o concentrado na dieta (Tab. 4). Foram observados valores de 2,32 e 2,61,
679 para as dietas com 60% e 40% de concentrado, uma redução 0,29 kg de dejetos para
680 cada kg de animal produzido ou 5,8 kg de dejetos a menos para terminar um ovino em
681 confinamento (peso inicial de 15 kg e final de 35 kg). O CR é uma ferramenta útil pois
682 mede a eficiência do animal para converter o alimento em carne e reduzir a produção de
683 fezes. O mesmo comportamento foi evidenciado por Orrico et al. (2011) quando
684 avaliaram as características de dejetos de cabritos em diferentes idades e alimentados
685 com diferentes proporções entre volumoso e concentrado, onde os CR para as dietas
686 com maior e menor proporção de concentrado foram de 2,35 e 2,91, respectivamente.

687

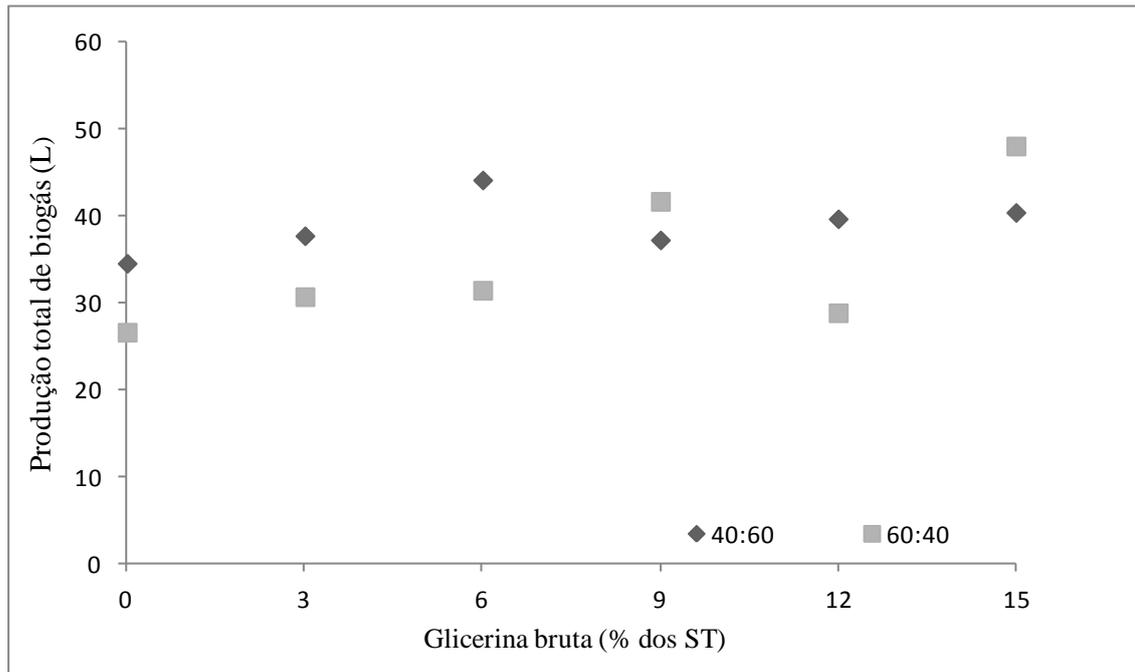
688 **Co-digestão anaeróbia de glicerina bruta e dejetos de ovinos**

689 Os dados referentes às variáveis de produção total de biogás (L), demonstraram
690 com uma análise preliminar de testes que não estavam adequados quanto à normalidade
691 dos resíduos (Teste Shapiro-Wilk, $P < 0,05$) e homogeneidade das variâncias (Teste
692 Barlett, $P < 0,05$).

693 Desta forma, o resultado referente à produção total de biogás (L) demonstrou que
694 ocorreu um efeito linear positivo da glicerina bruta ($\hat{y}_{40:60} = 0,2692 x + 36,977$ e $\hat{y}_{60:40} =$
695 $1,0661 x + 26,606$), indicando que na medida em que aumentaram-se as inclusões de
696 glicerina bruta ao substrato, acresceram-se as produções de biogás (Fig. 1). Acredita-se
697 que este comportamento possa estar relacionado com a presença de nutrientes nos
698 substratos durante a co-digestão anaeróbia e assim favorecendo a produção de biogás. A
699 glicerina também foi responsável pelo acréscimo na produção de biogás no trabalho

700 realizado por Robra et al. (2006), quando utilizaram biodigestores experimentais, semi
701 contínuos e mantidos em banho-maria sob temperatura de 37 °C, abastecidos com
702 dejetos de bovinos, divididos em dois tratamentos (0 e 5 % da massa do substrato em
703 relação a massa de glicerina) que correspondiam ao tratamento controle e com adição de
704 glicerina, para tanto verificaram no tratamento com 5% de glicerina bruta houve um
705 aumento de 304% na produção de biogás em relação ao controle.

706



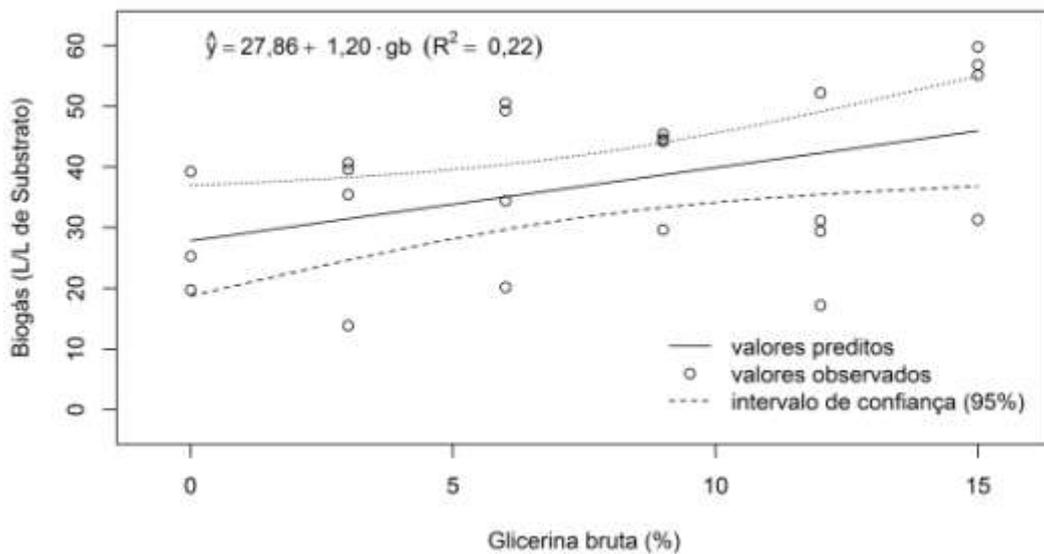
707

708 Figura 1. Produções totais de biogás (L) dos substratos preparados com glicerina bruta e
709 dejetos de ovinos alimentados com dietas distintas (40:60 e 60:40).

710

711 O potencial de produção de biogás por litro de substrato adicionado ao
712 biodigestor está representado na Fig. 2, onde se observa um comportamento linear
713 positivo da glicerina bruta, para os substratos preparados com as maiores doses de
714 glicerina bruta que apresentaram os maiores potenciais de produção de biogás,
715 independente da dieta consumida pelos animais. Como os volumes dos biodigestores
716 foram os mesmos (3,6 litros) reforça-se a idéia de que a glicerina bruta pode elevar o
717 potencial de produção de biogás à medida que se aumentam as dosagens, porém a
718 definição pela quantidade de glicerina bruta adicionada ao substrato deve ser analisada
719 com cautela, conforme relataram Fountolakis et al., (2010). Segundo estes autores a
720 glicerina pode ser aplicada vantajosamente no processo de biodigestão anaeróbia, mas é

721 necessário ter uma estratégia rigorosa a fim de controlar a quantidade acrescentada de
722 glicerina ao substrato, evitando-se o risco de sobrecarga orgânica no biodigestor. Não
723 foi observado problemas de sobrecarga orgânica nos substratos preparados com as
724 dosagens utilizadas nesta pesquisa.

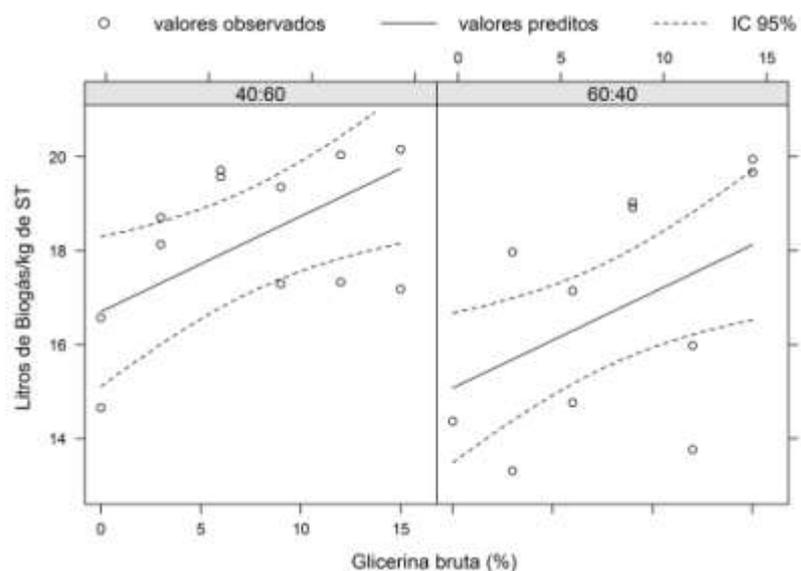


725
726 Figura 2. Produção de biogás (L) com relação aos substratos (L) conforme as doses
727 crescentes de glicerina bruta.

728
729 Segundo Orrico et al. (2007) o melhor parâmetro para refletir o potencial de
730 determinada biomassa e, portanto, mais indicado para se utilizar em projetos de
731 biodigestores, é aquele que expressa a produção de biogás por kg de ST ou SV
732 adicionados nos biodigestores, pois elimina a interferência do teor de água presente na
733 biomassa. Desta maneira, para os potenciais de produção de biogás por kg de ST
734 adicionados (Fig. 3), observam-se que ocorreu interação entre as dietas (x) e as doses de
735 glicerina bruta (z), resultando em um comportamento linear positivo para o modelo de
736 predição $\hat{y} = 16,70 - 1,62x + 0,20z$ e $(^0,515152)$. As dietas utilizadas na alimentação dos
737 animais representam uma importante contribuição para as produções de biogás obtidas a
738 partir da digestão dos dejetos. Neste experimento, os rendimentos de biogás por quantidade
739 de ST adicionada ao biodigestor foram maiores para os dejetos originados de animais
740 alimentados com a dieta 40:60 (maior proporção de alimento concentrado), em relação

741 aos substratos preparados com os dejetos de ovinos alimentados com a dieta 60:40
742 (menor proporção de alimento concentrado).

743 AMORIM (2005) encontrou os maiores potenciais de produção de biogás em
744 substratos preparados com os dejetos gerados por cabras Saanen alimentadas com a
745 dieta com alta proporção de concentrado (60%), a autora relata que este comportamento
746 provavelmente ocorreu em decorrência da elevação dos conteúdos de nutrientes
747 presentes no substrato e a diminuição das quantias de constituintes fibrosos, facilitando
748 assim a degradação e proporcionando substratos que apresentaram maior eficiência na
749 conversão de biomassa em biogás.

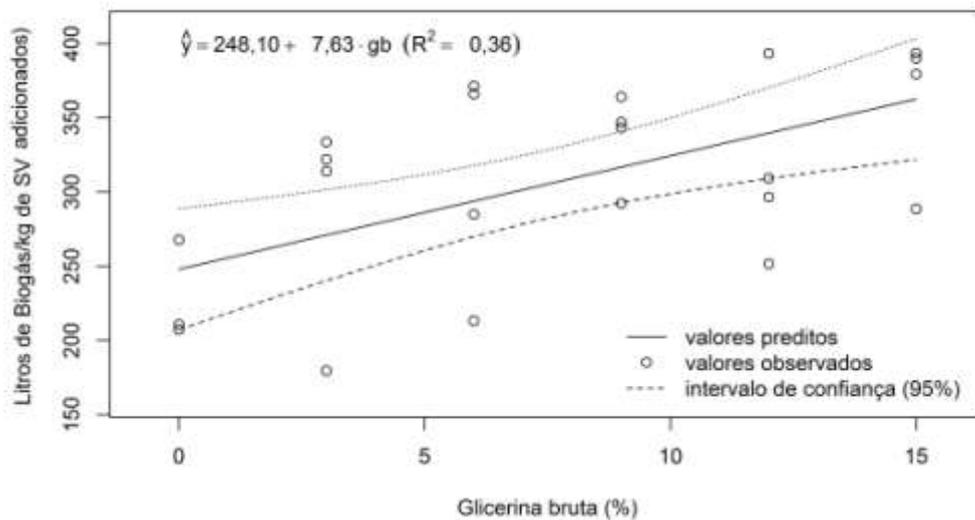


750

751 Figura 3. Produções de biogás (L) com relação aos sólidos totais (kg) de substratos
752 preparados com dejetos de ovinos alimentados por duas dietas.

753 De acordo com os resultados obtidos (Fig. 4) sobre o potencial de produção de
754 biogás por kg de SV adicionados ao biodigestor, nota-se um aumento linear positivo da
755 produção de biogás conforme as doses de glicerina bruta (0; 3; 6; 9; 12 e 15%)
756 apresentando os valores de 223,4; 287,4; 308,9; 336,6; 344,9 e 362,937 L de biogás/kg
757 de SV, respectivamente. ROBRA (2006), avaliando o potencial de produção de biogás
758 por massa de SV da glicerina bruta e dejetos de bovinos em co-digestão anaeróbia
759 encontrou o valor de 207,5 L de biogás/ kg de SV para substrato preparado com dejetos
760 de bovinos e dose de 15% de glicerina bruta. Amon et al. (2006) avaliando o efeito da

761 adição de glicerina em biodigestão anaeróbia em substratos preparados com 100% de
 762 dejetos de suínos e 94% de dejetos de suínos e 6% de glicerina com base na matéria
 763 natural no período de seis semanas, apresentaram valores de produção de biogás de 412
 764 e 1114L de biogás/kg SV, respectivamente. Estes resultados demonstram que a inclusão
 765 de glicerina bruta pode promover um possível aporte energético, provavelmente
 766 promovido pelo carbono (constituente da estrutura do glicerol) podendo beneficiar os
 767 microrganismos responsáveis pelo processo de co-digestão anaeróbia resultando em um
 768 incremento no rendimento do biogás quando comparado com o substrato sem adição de
 769 glicerina bruta.



770

771 Figura 4. Produção de biogás (L) com relação aos sólidos voláteis adicionados (kg) de
 772 substratos preparados com glicerina bruta (gb) dejetos de ovinos
 773 alimentados por duas dietas.

774

775 Com relação à porcentagem de redução de sólidos (ST e SV) e constituintes
 776 fibrosos dos afluentes e efluentes, ambas apresentaram o mesmo comportamento, ou
 777 seja, influenciados pela interação das dietas e das doses de glicerina bruta (Tab 5).
 778 Notou-se que as maiores reduções ocorreram em substratos preparados com os dejetos
 779 dos ovinos alimentados com a dieta 60:40, situação em que foi fornecida maior
 780 quantidade de alimento volumoso na dieta. Este comportamento pode estar associado às

781 quantidades de FDN e FDA adicionados aos substratos preparados com os dejetos dos
782 animais alimentados pelas diferentes dietas.

783 Segundo AMORIM (2005), a presença destas frações em maiores quantidades
784 compromete a degradação dos substratos e pode dificultar a redução de material
785 orgânico no interior dos biodigestores. Desta forma, verificou-se nesta pesquisa, as
786 seguintes concentrações médias de FDN (68,67 e 70,82% de FDN em substratos
787 preparados com os dejetos de ovinos, alimentados com as dietas 40:60 e 60:40,
788 respectivamente) e FDA (30,95 e 37,04% de FDA em substratos preparados com os
789 dejetos de ovinos, alimentados com as dietas 40:60 e 60:40, respectivamente), portanto
790 as quantidades superiores de FDN e FDA em relação as reduções e as quantidades
791 adicionadas são referentes aos substratos preparados com os dejetos dos ovinos
792 alimentados com a dieta 60:40.

793 Outro fator que pode ter sido responsável pela redução dos sólidos (ST e SV) é
794 com relação a presença do glicerol contido na glicerina bruta. Com base nos resultados
795 observa-se que a medida em que as doses de glicerina bruta aumentaram, as reduções de
796 ST e SV apresentaram a mesma tendência, este comportamento pode estar relacionado o
797 maior aporte de nutrientes promovido pela glicerina bruta aos microrganismos
798 anaeróbios propiciando a degradação da matéria orgânica e conseqüentemente
799 refletindo na produção de biogás.

800 Tabela 5. Teores de sólidos (ST e SV) e constituintes fibrosos (FDN e FDA) e respectivas reduções do afluente e efluente dos biodigestores
 801 abastecidos com substratos contendo glicerina bruta e dejetos de ovinos alimentados com dietas distintas (40:60 e 60:40)

	40:60						60:40					
	0%	3%	6%	9%	12%	15%	0%	3%	6%	9%	12%	15%
Afluente ST (%)	4,62	3,67	3,79	3,65	3,73	3,81	4,19	4,02	4,02	3,83	4,23	4,06
Efluente ST (%)	2,56	2,34	1,37	2,08	1,82	1,92	1,79	2,03	1,92	1,98	1,79	1,79
Redução (%)	44,53	36,17	63,92	42,86	51,16	49,55	57,36	49,54	52,34	48,39	57,61	56,02
Afluente SV (%)	86,91	88,32	87,87	86,49	85,64	86,53	85,11	84,63	87,23	87,72	86,17	85,59
Efluente SV (%)	83,05	83,77	78,58	83,53	82,51	84,08	82,63	83,43	82,76	83,09	82,47	82,13
Redução (%)	4,44	5,14	10,57	3,42	3,65	2,83	2,92	1,42	5,13	5,28	4,29	4,05
Afluente FDN (%)	64,28	67,56	49,97	77,18	73,73	79,89	77,01	80,13	83,9	73,09	75,8	89,01
Efluente FDN (%)	32,27	35,57	34,51	45,16	37,21	35,59	40,02	45,1	31,58	47,42	42,38	47,79
Redução (%)	49,80	47,40	30,90	41,50	49,50	55,40	48,00	43,70	62,40	35,10	44,10	46,30%
Efluente FDA (%)	25,98	34,87	26,06	32,33	32,9	33,53	38,32	33,84	36,87	36,36	38,42	38,41
Efluente FDA (%)	15,03	15	11,54	15,6	13,46	15,27	14,61	15,16	14,81	14,76	13,74	13,62
Redução (%)	42,10	57,00	55,70	51,70	59,10	54,50	61,90	55,20	59,80	59,40	64,20	64,50

802 Os resultados referentes aos números mais prováveis (NMP/mL) de coliformes totais
803 (CT) e termotolerantes (CTT) presentes nos substratos e efluentes dos biodigestores
804 abastecidos com glicerina bruta e dejetos de ovinos, assim como as respectivas porcentagens
805 de reduções (Tab. 6) refletem a importância do processo de co-digestão na redução de
806 organismos patogênicos apresentando valores acima 99,0% para todos os tratamentos.
807 Observou-se valores de 99,9% e 100% para CT e CTT nos efluentes abastecidos com dejetos
808 de ovinos alimentados com a dieta 40:60 e 100% de redução de CT e CTT para os ovinos
809 alimentados com a dieta 60:40. Estes valores demonstram a eficiência do processo de co-
810 digestão anaeróbia na remoção de microrganismos indicadores de poluição fecal. Os
811 resultados foram semelhantes ao encontrado por Amorim et al. (2004) quando abasteceram
812 biodigestores modelo batelada, com substratos preparados com dejetos de cabras em
813 diferentes estações do ano e submetidas ao mesmo regime alimentar (40% de volumoso e
814 60% de concentrado) e obtiveram efluentes com reduções de 99,99% para coliformes totais
815 (nas quatro estações) e coliformes fecais (verão e outono), e de 100% para coliformes fecais,
816 nas estações de inverno e primavera. Em estudo realizado por Orrico Junior et al. (2012) os
817 autores também observaram elevadas reduções de coliformes totais e termotolerantes, acima
818 de 99,99%, quando realizaram a biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos em
819 biodigestores tipo batelada.

820 Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005) que estabelece na
821 Resolução N° 375 as classificações dos corpos de água e as condições e padrões de
822 lançamento de efluentes, os limites de CTT recomendados para águas classificadas em doce,
823 salina e salobras e qualificadas em classes 3, não deve exceder o limite de 4000 CTT/ 100 mL
824 de efluente. De acordo com os resultados encontrados neste trabalho os efluentes que
825 continham as dosagens 0; 3 e 9% de glicerina bruta em ambos os tratamentos (dietas)
826 apresentaram valores dentro do limite aceitável pelo CONAMA (2005), sendo para dieta
827 40:60 os valores de 9,1; 30 e 1 CTT g/ mL de efluente e para dieta 60:40 apresentou-se os
828 valores de 3,6; 0 e 1 CTT g/ mL de efluente, portanto de acordo com esses resultados, os
829 efluentes poderão ser utilizados de forma segura como biofertilizante destinados à irrigação
830 de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras e atividades de recreação de contato
831 secundário.

832 Tabela 6. Número mais provável (NMP/mL) de coliformes totais (CT) e termotolerantes (CTT) no substrato e efluente de biodigestores
 833 abastecidos com dejetos de ovinos e doses crescentes de glicerina bruta e respectivas reduções
 834

	40:60						60:40					
Substrato	0%	3%	6%	9%	12%	15%	0%	3%	6%	9%	12%	15%
CT	1,40E+07	3,00E+08	3,00E+08	1,10E+07	1,20E+09	6,0E+10	3,00E+06	1,50E+11	1,50E+11	1,50E+09	7,20E+08	3,00E+06
CTT	1,40E+07	3,00E+08	3,00E+08	1,10E+07	1,20E+09	6,0E+10	3,00E+06	1,50E+11	1,50E+11	1,50E+09	7,20E+08	3,00E+06
Efluente	0%	3%	6%	9%	12%	15%	0%	3%	6%	9%	12%	15%
CT	2,10E+04	1,50E+04	1,10E+05	4,60E+04	2,90E+04	1,10E+05	9,10E+00	3,00E+01	2,10E+02	1,00E+00	4,60E+04	2,40E+03
CTT	2,10E+04	4,30E+02	1,50E+04	2,40E+03	1,60E+04	2,90E+04	3,60E+00	0,00E+00	1,50E+02	1,00E+00	9,10E+01	9,10E+01
Reduções (%)												
CT	99,85	100,00	99,96	99,58	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	99,92
CTT	99,85	100,00	100,00	99,98	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

835 Os resultados sobre as concentrações de nutrientes (N, P e K) apresentados na Tab. 7,
836 pressupõem que o processo de biodigestão anaeróbia promoveu uma possível conservação
837 destes nutrientes contidos nos dejetos e na glicerina bruta. AMORIM (2005), avaliou as
838 quantidades de N, P e K nos afluentes e efluentes durante a biodigestão anaeróbia em
839 substratos preparados com dejetos de caprinos alimentados com as mesmas proporções de
840 volumoso e concentrado utilizadas nesta pesquisa (40:60 e 60:40), obteve as concentrações
841 com base na MS para o nitrogênio de 37,36 e 35,56%; para o fósforo de 38,80 e 38,18% e
842 para o potássio de 41,18 e 38,30%, respectivamente. As concentrações de fósforo se
843 mostraram semelhantes, porém as concentrações de nitrogênio e potássio apresentaram-se
844 variáveis, com destaque para o potássio que apresentou elevadas concentrações, quando
845 comparados com os resultados de AMORIM (2005). Porém devem-se considerar os possíveis
846 fatores que podem ter influenciado na comparação destes resultados: diferentes processos de
847 biodigestão; tipos de resíduos (dejetos de caprinos) e (dejetos de ovinos e glicerina bruta).

848 Desta forma, para evidenciar este comportamento é necessário realizar a quantificação
849 destes nutrientes nos dejetos e na glicerina bruta com intuito de relacionar estes resultados
850 com as concentrações apresentadas.

851 Tabela 7. Concentrações de N, P e K (% dos ST) em afluentes e efluentes oriundos da co-digestão anaeróbia da glicerina bruta e dejetos de
 852 ovinos alimentados com duas dietas

Nutriente	40:60						60:40						
	0%	3%	6%	9%	12%	15%	0%	3%	6%	9%	12%	15%	
N	Afluente	36,26	34,58	25,06	27,44	32,62	21,3	22,4	22,68	22,96	28,28	31,08	31,08
	Efluente	40,18	36,54	37,38	34,86	34,86	33,32	34,58	30,24	35,42	40,32	33,18	33,18
	Conc. (%)	10,81	5,67	49,16	27,04	6,87	56,43	54,38	33,33	54,27	42,57	6,76	6,76
P	Afluente	6,81	6,69	6,99	6,01	6,65	5,86	6,07	5,75	6,08	5,95	5,61	5,61
	Efluente	9,13	9,02	9,05	9,41	9,35	8,25	8,63	9,28	8,63	8,52	8,29	8,29
	Conc. (%)	34,02	34,77	29,51	56,72	40,66	40,92	42,07	61,38	41,85	43,13	47,86	47,86
K	Afluente	1,70	1,70	1,75	1,45	1,65	1,38	1,62	1,50	1,45	1,45	1,28	1,28
	Efluente	3,06	3,11	2,79	3,11	3,19	2,67	2,82	4,33	2,86	3,14	2,86	2,86
	Conc. (%)	80,28	83,20	59,56	114,50	93,21	93,91	73,27	188,39	97,41	116,21	124,24	124,24

853

CONCLUSÕES

854

855 As características dos dejetos excretados por ovinos sofreram influência do tipo
856 de alimentação que lhes foi oferecida. As dietas não influenciaram as produções totais
857 de biogás e também ao potencial de produção referente à quantidade de substrato
858 adicionado aos biodigestores, sendo somente a glicerina bruta responsável por estes
859 comportamentos. A co-digestão anaeróbia foi eficiente na remoção de microrganismos
860 indicadores de poluição fecal.

861

REFERÊNCIAS

862

863 AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION-APHA. **Standard methods for**
864 **examination of water and wastewater**. Washington: APHA, 2005. 1368p.

865

866 AMON, T.; AMON, B.; KRYVORUCHKO V. et al. [2008]. Optimizing methane yield
867 from anaerobic digestion manure: Effects of dairy systems and of glycerin
868 supplementation. **International Congress Series**, v.1293, p. 217 - 220, 2006.

869

870 AMORIM, A.C. **Avaliação do potencial de impacto ambiental e do uso da**
871 **compostagem e biodigestão anaeróbia na produção de caprinos**. Jaboticabal:
872 Universidade Estadual Paulista, 2005. 129p. Tese (Doutorado em Zootecnia) -
873 Universidade Estadual Paulista, 2005.

874 AMORIM, A.C.; LUCAS JÚNIOR, J.; RESENDE, K.T. Biodigestão de dejetos de
875 caprinos obtidos nas diferentes estações do ano. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.1,
876 p.16-24, 2004.

877

878 ANUALPEC. **Anuário da pecuária brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, 2011. 292p.

879

880 BACKES G.M. **Avaliação do processo de digestão anaeróbia na geração de energia**
881 **a partir de dejetos de suínos e bovinos de leite com suplementação de glicerina**
882 **residual bruta oriunda da produção de biodiesel**. Lageado: Centro Universitário

883 Univates, 2011. 108p. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento) -
884 Centro Universitário UNIVATES, 2011.

885

886 CAETANO, L. **Proposição de um sistema modificado para quantificação de biogás.**
887 1985. 75f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Faculdade de
888 Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1985.

889

890 CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução**
891 **CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005.** Disponível em: <
892 <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459> >. Acessado em:
893 17/09/12.

894

895 DETMANN E. et al. **Métodos para Análise de Alimentos.** 1. ed. Minas Gerais:
896 Visconde do Rio Branco, 2012. 214p.

897

898 DRAPER, N.R.; SMITH, H. **Applied regression analysis.** 2.ed. New York: John
899 Wiley, 1981. 709p.

900

901 FOUNTOULAKIS, M.S.; PETOUSHI, I.; MANIOS, T. Co-digestion of sewage sludge
902 with glycerol to boost biogas production. **Waste Management**, v.30, n. 10, p.
903 1849-1853, 2010.

904 LUCAS JR., J. **Algumas considerações sobre o uso do dejetos de suínos como**
905 **substrato para três sistemas de biodigestores anaeróbios.** 1994. 137f. Tese
906 (Livre-Docência em Construções Rurais) - Faculdade de Ciências Agrárias e
907 Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1994.

908

909 LUCAS JUNIOR, J.; AMORIM, A.C. Manejo de dejetos: Fundamentos para integração
910 e agregação de valor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 2005.
911 Campo Grande, MS. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Zootecnista,
912 [2005]. (CD-ROM).

913 MALAVOLTA, E. et al. Micronutrientes, uma visão geral. In: FERREIRA, M.E.;
914 CRUZ, M. C. **Micronutrientes na Agricultura**. Piracicaba: POTAFOS / CNPq,
915 1989. p. 1-33.
916
917 NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of sheep**. Washington –
918 USA. Ed. National Academy Press. 2007.
919
920 ORRICO, A.C.A.; LUCAS JÚNIOR, J.; ORRICO JÚNIOR, M.A.P. Caracterização e
921 biodigestão anaeróbia dos dejetos de caprinos. **Engenharia Agrícola**, v.27, n.3,
922 p.639-647, 2007.
923
924 ORRICO, A.C.A.; ORRICO JÚNIOR, M.A.P.; LUCAS JÚNIOR, J. et al. [2011].
925 Desempenho e características dos dejetos produzidos por cabritos em diferentes
926 idades e alimentados com diferentes proporções entre volumoso e concentrado.
927 **Agrarian**, v.4, n.13, p.222-227, 2011.
928
929 ORRICO JÚNIOR, M.A.P.; ORRICO, A.C.A.; LUCAS JÚNIOR, J. Influência da
930 relação volumoso: concentrado e do tempo de retenção hidráulica sob a biodigestão
931 anaeróbia de dejetos de bovinos. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.3, p. 386-394, 2010.
932 ORRICO JÚNIOR, M.A.P.; ORRICO, A.C.A.; LUCAS JÚNIOR, J. et al. Biodigestão
933 anaeróbia dos dejetos da bovinocultura de corte: influência do período, do genótipo
934 e da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.6, p.1533-1538, 2012.
935
936 QUADROS D.G.; OLIVER A.P.M; REGIS U. et al. Biodigestão anaeróbia de dejetos
937 de caprinos e ovinos em reator contínuo de PVC flexível. **Revista Brasileira de**
938 **Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.3, p.326–332, 2010.
939
940 ROBRA, S. **Uso da glicerina bruta em biodigestão anaeróbia: aspectos**
941 **tecnológicos, ambientais e ecológicos**. 2006, 120f. Dissertação (Mestrado em
942 Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) - Universidade Estadual de Santa
943 Cruz, Ilhéus.

- 944 ROBRA, S.; SANTOS, J.V.S.; OLIVEIRA A.M.; et al. Usos alternativos para glicerina
945 resultante da produção de biodiesel: Parte 2 - Geração de Biogás. In: Congresso da
946 Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 1, 2006. **Anais...** p 58-61.
- 947 STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS/STAT user's guide**. Version, 5.
948 Cary,1995.
- 949
- 950 SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. de. **Análise de alimentos: métodos químicos e**
951 **biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2006. 235p.

952 **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

953

954 • Nos atuais sistemas de produção animal caracterizados como intensivos, com
955 intuito de se obter a máxima eficiência e produtividade, ocorre um elevado
956 acúmulo de dejetos que se mal manejado podem tornar-se impactantes ao meio
957 ambiente. Observa-se que ainda são pouco utilizadas as técnicas de manejo de
958 dejetos mesmo nestes modelos de produção.

959

960 • Os resultados observados neste trabalho demonstram que as características dos
961 dejetos excretados por ovinos são influenciadas pelo tipo de alimentação que
962 lhes são oferecidas, onde a participação do alimento concentrado na dieta gera a
963 produção de dejetos com maiores cargas orgânicas e coliformes em sua
964 composição. Resíduos com estas características e dispostos de forma inadequada
965 podem causar danos ao meio ambiente. Por isso a importância de adoção de
966 técnicas que permitem o tratamento dos dejetos possibilitando a reciclagem
967 energética e de nutrientes.

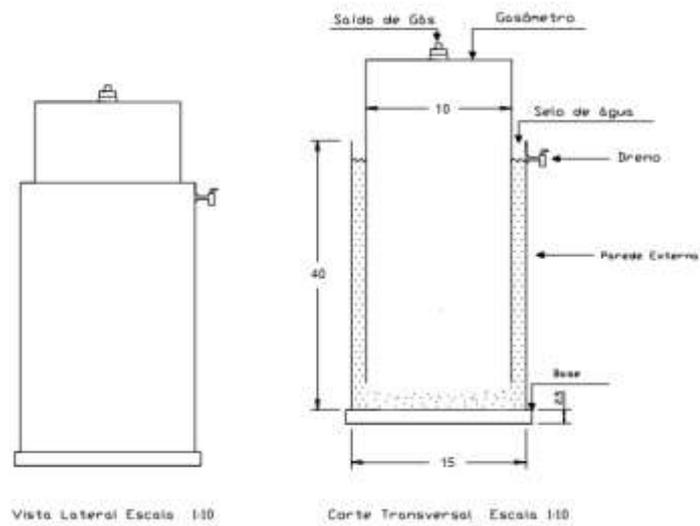
968

969 • A utilização da glicerina bruta na co-digestão anaeróbia com dejetos de ovinos
970 nestas condições experimentais foi eficiente na produção biogás e na redução de
971 coliformes. Dessa forma, o processo de co-digestão utilizando a glicerina bruta
972 pode ser adotado no tratamento dos dejetos oriundo da ovinocultura. Porém é
973 necessário realizar um estudo econômico, a fim de avaliar a possibilidade de uso
974 para energia produzida a partir da co-digestão anaeróbia, bem como o capital
975 investido para implantação do sistema.

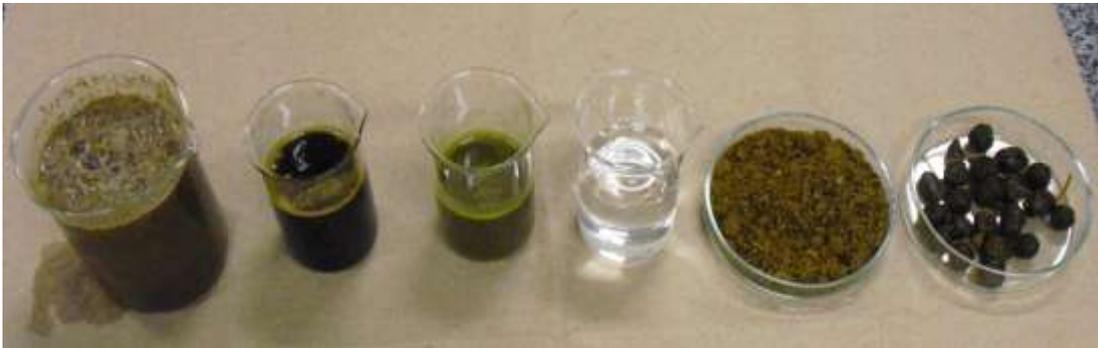
976

977 • Como proposta para trabalhos posteriores sugere-se a utilização de doses
978 maiores de glicerina bruta em processos de co-digestão anaeróbia visando à
979 produção de biogás. Além disso, analisar outros tipos de dejetos gerados na
980 produção animal, como os de bovinos de corte, bovinos de leite, suínos, caprinos
981 e aves nessas mesmas condições experimentais.

APÊNDICE 1



1 - Vista lateral e corte transversal dos biodigestores tipo batelada de bancada (cm). Adaptado de Amorim (2005).



2 - Componentes do substrato (glicerina bruta, inóculo, água e dejetos de ovinos).



3 - Dejetos de ovinos coletados para posterior caracterização.

APÊNDICE 2



4 - Recipiente (biodigestor) com substrato em fermentação.



5 - Biodigestores experimentais tipo batelada de bancada.



6 - Procedimento analítico do exame de colimetria para determinação da presença de coliformes totais e termotolerantes.



7 - Técnica dos tubos múltiplos utilizados para incubação durante os procedimentos da colimetria.