



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA

**CO-DIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS DE
SUINOS COM ADIÇÃO DE BATATA DOCE E
MANDIOCA EM DIFERENTES RELAÇÕES C/N**

Acadêmica: Luana Pael da Costa Kushida

Dourados - MS

Março – 2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA

**CO-DIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS DE
SUINOS COM ADIÇÃO DE BATATA DOCE E
MANDIOCA EM DIFERENTES RELAÇÕES C/N**

Acadêmica: Luana Pael da Costa Kushida
Orientadora: Ana Carolina Amorim Orrico

Trabalho apresentado à Faculdade de
Ciências Agrárias da Universidade
Federal da Grande Dourados, como parte
das exigências para obtenção do grau de
bacharel em Zootecnia

Dourados - MS

Março – 2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

C838c Costa, Luana Pael Da

Co-digestão anaeróbia de dejetos de suínos com adição de batata doce e mandioca em diferentes relações C/N / Luana Pael Da Costa -- Dourados: UFGD, 2017.

35f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Ana Carolina Amorim Orrico

TCC (Graduação em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias,
Universidade Federal da Grande Dourados.

Inclui bibliografia

1. Biodigestor. 2. Biogás. 3. Carbono. 4. Suinocultura. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

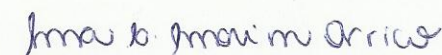
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TITULO: Co-digestão anaeróbia de dejetos de suínos com adição de batata doce e mandioca em diferentes relações c/N

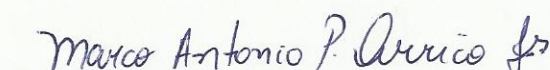
AUTOR: Luana Pael da Costa Kushida

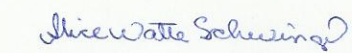
ORIENTADOR: Ana Carolina Amorim Orrico

Aprovado como parte das exigências para a obtenção do grau de bacharel em
ZOOTECNIA pela comissão examinadora.

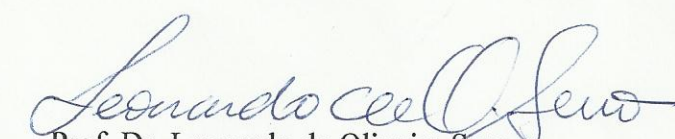

Prof. Dr. Ana Carolina Amorim Orrico

(Orientador)


Prof Dr. Marco Antonio Previdelli Orrico Junior


Prof. Dr. Alice Watte Schwingel

Data de realização: 31 de março de 2017


Prof. Dr. Leonardo de Oliveira Seno
Presidente da comissão do TCC-Zootecnia

DEDICATORIA

À Deus primeiramente, pelo amor incondicional e amparo todas as vezes que me senti sozinha e desacreditada, pois sem Ele eu não teria forças para concluir esta jornada.

À minha família por acreditar e investir em mim todos esses anos, com todo amor, carinho e dedicação.

Ao grande amor da minha vida, meu esposo Sandro Eduardo Kushida pelo amor, cuidado e paciência. Por me ajudar de forma direta e indiretamente na conclusão do meu curso e deste trabalho, sem você nada disso seria possível.

A minha mãe Ana Lucia Da Silva Pael por ser um exemplo de garra e força de vontade, pelos conselhos sábios e principalmente pelo seu colo e amor de mãe.

Aos meus irmãos, cunhados, sogros e amigos por sempre acreditarem na minha capacidade.

Aos meus pastores e a Comunidade Tempo de Vida, pelas orações, ensinamentos e por sempre estar me aconselhando segundo a vontade de Deus, pela ajuda na caminhada com Cristo rumo a vida eterna e principalmente por me apresentar o verdadeiro sentido da vida (Salmos 37:5).

Aos meus colegas de curso principalmente ao Douglas Anschau, Luana Perondi e Raquel Tenório por nunca me deixarem desistir, por sempre me mostrarem que para tudo se tem uma solução e que no final tudo daria certo, pela ajuda na vida acadêmica e na vida pessoal e pela amizade, pois ela sempre reinou entre nós.

AGRADECIMENTOS

Principalmente à professora e orientadora Ana Carolina Amorim Orrico pelos ensinamentos que levarei para a vida inteira, pela orientação, paciência, carinho e dedicação. Por ter me acolhido de braços abertos no grupo de pesquisa em um momento onde eu não sabia que rumo tomava em minha graduação e pelos ensinamentos na língua portuguesa que jamais esquecerei. Minha eterna gratidão e admiração pela senhora.

Ao professor Marco Antonio Previdelli Orrico Junior pela dedicação como professor, por compartilhar de sua sabedoria com seus alunos, por sempre nos proporcionar aulas didáticas e qualidade e por aceitar estar participando desta banca.

A professora Dra. Alice Watte Schwingel pela ajuda e paciência nas revisões deste trabalho, por sempre ser prestativa e estar em prontidão para me ajudar, independente do horário, me dando suporte emocional dizendo que conseguiríamos em tão pouco tempo, pelos ensinamentos na linguagem científica e por aceitar estar participando desta banca.

A Lisandra Maraia Villa por permitir que eu utilizasse seu experimento como meu trabalho de conclusão de curso, pelo carinho, ensinamentos e companhia.

A Dra. Natália da Silva Sunada pela ajuda durante o experimento, pelos ensinamentos sobre manejo de resíduos e por sempre estar à disposição para ajudar.

Ao grupo de pesquisa de Manejo de Forragens e Resíduos Agropecuários pela ajuda no desabastecimento do experimento e a limpeza no galpão.

E a todos os meus professores da graduação, atores fundamentais na minha construção acadêmica e profissional, por exercerem seus papéis com excelência e pela amizade ao longos destes cinco anos.

SUMÁRIO

PÁGINA

RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUÇÃO.....	3
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	6
2.1 Suinocultura e geração de dejetos.....	6
2.2 Mandioca.....	8
2.3 Batata Doce	10
2.4 Co-digestão Anaeróbia.....	11
3. OBJETIVO.....	14
3.1 Objetivos específicos.....	14
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
6. CONCLUSÃO.....	20
7. REFERENCIA BIBLOGRAFICA.....	21
8. ANEXO.....	27

CO-DIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS DE SUINOS COM ADIÇÃO DE BATATA DOCE E MANDIOCA EM DIFERENTES RELAÇÕES C/N

RESUMO: Com o elevado crescimento da produção suinícola em sistema intensivo observa-se a grande quantidade de resíduos gerados durante este processo, resíduos estes que devem ser reciclados antes de serem dispostos ao meio ambiente. Desta forma o objetivo do trabalho foi avaliar se o ajuste da relação C/N com resíduos alimentícios altera as reduções de sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), potencial hidrogeniônico (pH) e produção de biogás a partir da co-digestão de dejetos de suínos com adição de batata doce e mandioca. Foram utilizados 20 biodigestores tipo batelada de bancada, abastecidos com substratos contendo dejetos de suínos, batata doce e mandioca, diferenciados em cinco tratamentos com quatro repetições cada, sendo que dois tratamentos foram acrescidos com batata doce para alcançar as relações C/N de 23 e 28/1, outros dois tratamentos seguiram as mesmas relações acrescidos de mandioca e um tratamento continha somente dejetos suínos. Os resultados foram submetidos a análise de variância e, em caso de diferença estatística, foram comparados por teste de média (Tukey) à 5% de probabilidade utilizando-se software R (versão 3.1.0 for Windows). Os tratamentos avaliados não apresentaram altos valores para reduções de ST e SV, nem para produção de biogás. O pH demonstrou que durante o processo o meio acidificou rapidamente, iniciando com valor igual a 6 e finalizando com 3 o que influenciou na produção do biogás. Os melhores valores encontrados para todas as análises foram do tratamento 1, que utilizou somente dejetos de suínos como controle, apresentando reduções de 52,03% e 54,87% para ST e SV, respectivamente. A adição de materiais alimentícios para equilibrar a relação C/N não foi benéfica para o processo, assim, recomenda-se somente o tratamento que utilizou somente dejetos de suínos, já que se sobressaiu nos resultados alcançados.

Palavras-chave: Biodigestor, biogás, carbono, suinocultura.

ANAEROBIC CO-DIGESTION OF PORCINE DEJECTIONS WITH ADDITION OF SWEET POTATO AND CASSAVA IN DIFFERENT RELATIONS C/N

ABSTRACT: Due to the high growth of intensive swine production, we observe the large amount of residues generated during this process, which must be recycled before being disposed of in the environment. Thus, the objective of this work was to evaluate if the adjustment of the C / N ratio with food residues alter the reductions of total solids (TS), volatile solids (VS), hydrogen ionic potential (pH) and biogas production from co-digestion of swine manure with addition of sweet potato and cassava. Twenty batch type biodigestors were used, supplied with substrates containing swine, sweet potato and cassava slurry, differentiated into five treatments with four replicates each, two treatments were added with sweet potato to reach the C/N ratios of 23 and 28/1, two other treatments followed the same increased ratios of manioc and one treatment contained only swine manure. The results were submitted to analysis of variance and, in the case of statistical difference, were submitted to a test of average (Tukey) at 5% of probability using software R (version 3.1.0 for Windows). The treatments evaluated did not present high values for TS and VS reductions, nor for biogas production. The pH demonstrated that during the process the substrates acidified rapidly, falling from a pH average of 6 to 3, directly interfering in the biogas production. The best values found for all analyzes were treatment 1, which used only swine manure as control, presenting reductions of 52.03% and 54.87% for TS and VS, respectively. The addition of food materials to balance the C/N ratio was not beneficial to the process, so it is recommended only the treatment using swine manure, since it excelled in the results achieved.

Keywords: Biodigester, biogas, carbon, swine farming.

1. INTRODUÇÃO

A suinocultura tem conquistado espaço no mercado brasileiro e mundial, continuando na posição de proteína animal mais consumida no mundo, este fato deve-se à intensificação da produção e por conquistar o gosto popular devido ao seu preço acessível e aos novos investimentos em marketing. Segundo a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) a suinocultura brasileira nos próximos 10 anos deverá crescer em torno de 21%. Em 2015 a produção suína interna foi de 3,5 milhões de toneladas, sendo os estados de Santa Catarina, Paraná, Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Mato Grosso, São Paulo e Goiás os maiores produtores do Brasil (CNA, 2016).

Porém ainda existe uma grande quantidade de pequenos produtores de suínos voltados a produção de subsistência onde o qual combina várias culturas e criações de animais com a produção destinada fundamentalmente para complementar o consumo da família (GUANZIROLI, 2001). Os quais apesar da pouca quantidade de criação ainda produzem dejetos com características tóxicas ao meio ambiente.

Sendo que um suíno com o peso variando de 16 a 100 kg de peso vivo produz diariamente de 4,9 a 8,5% de seu peso corporal em urina e fezes (JELINECK, 1997). Estima-

se que em granja de ciclo completo com 80 matrizes gera-se diariamente em torno de 8000 litros de dejetos “pouco diluído”, 12000 litros com “diluição média” e 16000 litros quando está “muito diluído (PERDOMO et al, 1990).

Assim, pode-se observar que a suinicultura produz uma grande quantidade de resíduos, que quando não tratados corretamente, possuem substâncias, que em excesso, prejudicam o meio ambiente, pois em sua composição são encontrados nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês, ferro, zinco, cobre e outros elementos que irão variar conforme a dieta dos animais (DIESEL et al, 2002). Devido a estas substâncias estes dejetos gerados na suinocultura são altamente poluentes, porém também por sua carga orgânica elevada são considerados como fonte energética, o que possibilita seu tratamento em sistemas biológicos de reciclagem (OLIVEIRA, 1993).

Desta maneira um dos métodos mais eficazes de tratamento destes resíduos é o processo de biodigestão anaeróbia, o qual irá ter o papel de estabilizar a matéria orgânica, reduzir os teores de coliformes e ainda promover a agregação de valor a suinocultura a partir da produção de biogás e biofertilizante (AMORIM, 2004).

Durante o processo de biodigestão ocorrem diversas etapas microbiológicas que podem sofrer interferências do meio. Um dos fatores que podem interferir no processo é a relação C/N, pois os microrganismos participantes deste processo, necessitam expressamente de uma fonte de nitrogênio para a síntese de proteína. Desta forma, existe a necessidade de uma proporção adequada de nitrogênio e carbono no afluente, pois caso contrário, as bactérias serão incapazes de consumir o carbono presente e a biodigestão será ineficiente (RAO & SINGH, 2004). Uma relação C/N adequada deve estar no início do tratamento entre 20-30/1, e no final entre 10-13/1, assim o resíduo é considerado estabilizado (MBULIGWE & KASSENKA, 2004).

Uma das formas de equilibrar a relação C/N dos resíduos agropecuários, principalmente a do dejetos de suínos em questão, é com o uso da co-digestão anaeróbia, com a adição de alguns substratos ao processo, como a mandioca e a batata doce, oriundos da indústria alimentícia ou ainda das sobras da colheita destas hortaliças.

Durante e após o processo de colheita da mandioca ou de outras hortaliças como a batata doce podem-se verificar alguns tipos de perdas significativas causando danos econômicos ao produtor como: as raízes de menor tamanho que na maioria das vezes são deixadas no campo por não possuírem tamanho adequado à comercialização in natura ou ainda algumas raízes que permanecem enterradas no solo devido à quebra destas durante a colheita causada pela dificuldade de arrancar as raízes. Estima-se uma perda em torno de 10% das raízes que deixam de ser colhidas, seja pela dificuldade no arranquio, principalmente na colheita mecânica, ou dano mecânico ocasionando quebra (NACHILUK, 2008).

A mandioca é produzida em grande quantidade, já que o Brasil é um dos maiores produtores mundiais (*Manihot esculenta* Crantz). Segundo o IBGE da Produção Agrícola, a estimativa da produção da mandioca em 2016 foi de 23,7 milhões de toneladas, um aumento de 4,2 % frente a 2015. A composição da mandioca pode ser considerada altamente tóxica ao meio ambiente, pois possui naturalmente algumas substâncias como a linamarina e a lotaustralina que são glicosídeos com elevado teor de DQO (demanda química de oxigênio). Estas substâncias, quando degradadas geram o cianeto, tornando assim o meio altamente perigoso para a digestão anaeróbia (SAYRE, 1996; CEREDA, 1996). Desta forma a mandioca além de contribuir para o ajuste da relação C/N, por possuir em sua composição a relação de 12/1 nas folhas e 40/1 nas ramas, também passará pelo o processo de degradação de sua matéria orgânica, tornando-a menos tóxica para o meio (CARDOSO, 1998).

Outra fonte de carbono com potencial para ajustar a relação C/N do substrato preparado com dejetos suínos é a batata doce. A batata doce possui em suas raízes açúcares facilmente fermentáveis, como por exemplo a glicose, frutose e sacarose, baixas quantidades de fibras e proteínas e são ricas em amido, sendo considerada uma ótima fonte energética (RAHMAN, 2015), e ainda possui em sua composição um teor de 28,3 hidratos de carbono a cada 100g da mesma. O Brasil vem se destacando cada vez mais em sua produção de batata doce, sendo o maior produtor da América latina com 40 000 ha de área plantada e com uma produção média de 505.350 toneladas, com um rendimento médio de 13.091 kg/ha, segundo o IBGE (2013) e AMAL & ANANY (2014).

Assim a co-digestão é um ótimo método de tratamentos destes resíduos para um pequeno produtor de subsistência, o qual geralmente possui em sua propriedade a agricultura, para consumo e uma pequena fonte de renda, juntamente com a criação animal como a suinocultura que normalmente destina-se ao fornecimento de carne e gordura para subsistência e o excedente é comercializado regionalmente. Desta forma juntando os resíduos das duas criações, dejetos de suínos e as perdas durante a produção e colheita das hortaliças, temos um bom motivo para implementar a co-digestão, pois além de dar os devidos fins aos resíduos produzidos ainda consegue-se uma agregação de valor na produção com a geração de biogás e consequentemente uma fonte energia na propriedade.

Desta forma, observando-se os dados dos materiais alimentícios citados anteriormente, espera-se que as suas inclusões no processo de co-digestão com dejetos suínos auxilie na otimização da relação C/N, objetivando o tratamento dos substratos e otimização da produção de biogás.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Suinocultura e geração de dejetos

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014), divulgou um estudo da Pesquisa Pecuária Municipal (PPM) a qual revela que o Brasil obteve um aumento no desempenho de sua pecuária, isto se deve em boa parte ao bom momento da suinocultura nos país, registrando um aumento efetivo de 3,2% do ano de 2013 para 2014, totalizando um rebanho de 37,93 milhões de cabeças em 2014. No Ranking mundial em 2015 o Brasil esteve como o quarto produtor mundial de suínos, ficando apenas atrás China, União Europeia e Estados Unidos– (USDA, 2016).

No Mato Grosso do Sul a suinocultura também vem se destacando entre as produções animais. Segundo dados da Agência Estadual de Defesa Sanitária Animal e Vegetal (IAGRO), o rebanho comercial do Mato Grosso do Sul passou de 952.128 cabeças em 2014 para 1.025.362 em 2015, um grande salto na produção do estado, apesar do número de granjas comerciais terem diminuído de 267 para 259.

Desta forma, com altos índices de crescimento, a suinocultura vem investindo há muitos anos em instalações tecnológicas, onde se tenha uma máxima produção protéica, com menor custo, em menor período de tempo e ocupando o mínimo de espaço possível. Segundo Oliveira (1997) o método de confinamento ocasionou um aumento crescente no uso de água de higienização (lavação), aumentando o volume de dejetos e sua diluição.

Apesar do grande desenvolvimento da cultura no Brasil existe ainda muitos pequenos produtores voltados a produção de subsistências, a qual é uma forma de cultura extrativista, onde todos os animais apesar das diferentes idades permanecem juntos numa mesma área e disputam entre si o mesmo alimento (DALLA COSTA, 2002). Segundo o mesmo autor, no Brasil, este sistema é bastante usado nas regiões Norte e Nordeste, principalmente por criadores que nunca receberam nenhuma orientação técnica. Assim estes pequenos produtores também podem de alguma forma implantar métodos de tratamentos destes resíduos para um descarte sustentável destes dejetos ou ainda obter um fonte de energia para sua propriedade.

Estes resíduos, por lei, devem passar por um processo de tratamento antes de ser descartados ao meio ambiente, devido a sua grande carga poluente, pois possuem em sua composição substâncias, que reduzem o teor de oxigênio dissolvido na água, e alguns elementos tóxicos, como amônia, nitratos e outros (TAVARES, 2012). Estes dejetos possuem alguns

constituintes que atuarão como poluente às águas superficiais como, matéria orgânica, nutrientes, bactérias fecais e sedimentos (DA SILVA et al, 2015).

Devido a este problema de dejetos poluentes sendo gerados em uma pequena área, vários estudos foram feitos para estimar o valor real da produção de dejetos por um suíno. Na tabela 1 encontram-se os resultados de pesquisas realizadas para avaliar o volume de dejetos produzidos pelos suínos na fase de crescimento/terminação no Brasil.

Tabela 1 - Resultados obtidos no Brasil, na avaliação da produção de dejetos na fase fisiológica de crescimento/terminação.

Autores	Produção de dejetos (L. suíno ⁻¹ . d ⁻¹)
Konzen (1980)	7,00
Oliveira (1993, 2002d, 2005)	7,00
Gosmann (1997)	5,90
Medri (1997)	10,00
Perdomo (1999)	7,50
Perdomo et al. (1999)	11,20
Nagae, Damasceno e Richard (2005)	8,30
Sinotti (2005)	9,73
Gusmão (2008)	7,00
Dal Mago (2009)	7,00
Gomes et al. (2009)	10,90
Nardi (2009)	6,67 a 14,23

Fonte: Montoro (2017).

Como pode-se observar na tabela 1, a geração de resíduos é alta, e, ao considerar como exemplo uma granja suinícola que possui apenas um ciclo de crescimento e terminação, com 100 suínos, obtém-se apenas nesta fase, segundo Dal Mago (2009) a produção de 700 L de dejetos diariamente.

Estes dejetos produzidos possuem características nocivas ao ambiente, sendo que a sua composição pode variar muito conforme a dieta do animal. Basicamente os dejetos de suínos são constituídos de fezes, urina, água residuária, resíduos de ração, cerdas, poeira e outros materiais decorrente do processo de fabricação (BABOT, 2011)

Já na sua composição físico química são observadas: matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês, ferro, zinco, cobre e outros elementos incluídos nas dietas dos animais. Na tabela 2 são apresentadas as características químicas dos dejetos de suínos com informações relevantes para o processo de co-digestão.

Tabela 2 - Composição química média dos dejetos suínos obtida na Unidade do Sistema de Tratamento de Dejetos da Embrapa, Concórdia-SC

VARIÁVEL	MÍNIMO (mg/L)	MÁXIMO (mg/L)	MÉDIA (mg/L)
DQO	11.530,2	38.448,0	25.542,9
Sólidos totais	12.697,0	49,432,0	22.399,0
Sólidos voláteis	8.429,0	39.024,0	16.388,8
Sólidos fixos	4.268,0	10.408,0	6.010,2
Sólidos Sedimentáveis	220,0	850,0	428,9
Nitrogênio total	1.660,0	3.710,0	2.374,3
Fósforo total	320,0	1.180,0	577,8
Potássio total	260,0	1.140,0	535,7

Fonte: SILVA (1996)

Sendo assim, os parâmetros apresentados da Tabela 2 irão colaborar para determinar a qualidade do resíduo de suínos utilizado para o processo de co-digestão. O manejo de dejetos deve fazer parte de qualquer ciclo de produção de uma suinocultura e mesmo os pequenos produtores como os de criação para subsistências podem utilizar esta técnica, dando um fim sustentável aos dejetos gerados ou ainda para obtenção de biogás agregando valor em sua criação.

Desta forma é imprescindível a caracterização do mesmo para determinação da melhor técnica de tratamento para obtenção de resultados satisfatórios na sua biodegradação.

2.2 Mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta*) é um arbusto perene, que pertence à família botânica Euphorbiaceae, originária da América do Sul, cujo centro de origem mais provável é o Brasil e pode ser dividida em variedades de mesa, de indústria e para alimentação animal. A mandioca é considerada muito versátil pois tolera solos com baixa fertilidade e também por ser considerada muito rustica (PASCOAL FILHO & SILVEIRA, 2014).

A cultura da mandioca tem uma influência bastante expressiva em países considerados pobres. De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), publicou em 2013, indicando a produção mundial de mandioca vem com um crescimento médio de 13,9% nos últimos 5 anos, atingindo 275 milhões de toneladas no ano de 2013. E os maiores consumidores per capita de mandioca em raiz foram registrados no Congo, Moçambique, Gana e Brasil com valores de 273, 234, 200 e 44 kg/habitante/ano.

O Brasil comparado a outros países como Nigéria e Gana não apresenta uma grande evolução na produção, mas, mesmo com a menor produção dos últimos anos, de 21 milhões de toneladas no ano de 2013, ainda representa 75% da América do Sul. Porém, ainda apresentou um aumento de 14% para a safra de 2014/15, devendo colher 24 milhões, mas ainda longe do patamar alcançado no ano de 1970 que foi de 30 milhões de toneladas de raiz (GROXKO, 2016). Já o estado do Mato Grosso do Sul, é considerado o segundo maior produtor no ranking brasileiro, com uma produção de 94,7 mil toneladas colhidas em 2014 (FAMASUL, 2015). Porém existem muitas sobras durante o processo, como citado anteriormente cerca de 10% das raízes são perdidas durante a colheita pelas dificuldades no arranquio, as quais deveriam ter algum destino sustentável devido a sua composição toxica.

A composição da mandioca é variável, sendo as raízes da mandioca a parte mais utilizada desta planta, possui em sua composição basicamente agua e carboidrato, sendo considerada uma ótima fonte energética (PINTO, 2008). Outro constituinte existente nas raízes, porém com potencial tóxico, são os compostos cianogênicos, dependendo da forma que esta é processada e da quantidade de resíduos gerados pode contaminar bacias hidrográficas.

A manipueira por exemplo, que é a água residuária obtida pelo processo de beneficiamento, possui em sua composição substâncias como a elevada demanda bioquímica de oxigênio (DBO), também apresenta elevadas concentrações de ácido cianídrico (HCN), teores de potássio (K), Magnésio (Mg), cálcio (Ca) e fósforo (P), além de ser ainda o resíduo gerado em maior proporção (PINHO, 2007).

Apesar da disponibilidade de algumas formas de tratamentos das sobras da mandioca, pouco se sabe dos produtores em investem nestes tratamentos, sendo ainda em uma fonte de preocupação devido ao risco de contaminação. Porém, a mandioca e seus resíduos podem ser considerados como co-produto em potencial para equilibrar o meio em processo de digestão anaeróbia de dejetos suínos.

2.3 Batata doce

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L. (Lam.)) é originária das Américas Central e do Sul, sendo encontrada desde a Península de Yucatam, no México, até a Colômbia. É uma espécie considerada dicotiledônea que pertence à família botânica Convolvulaceae, e possui aproximadamente 50 gêneros com mais de 1000 espécies, sendo somente a batata-doce que tem cultivo de expressão econômica, segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2008).

De acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o Brasil vem se destacando com a maior produção de batata doce da América Latina, com mais de 40.000 ha de área plantada, obtendo assim uma produção de 505.305 toneladas, com um rendimento médio de 13.091 kg/há. Segundo Peressin e Feltran, 2014 a batata doce é considerada a quarta hortaliça mais consumida no Brasil e, devido a sua rusticidade, pode ser cultivada em todas as regiões brasileiras (IBGE, 2013) e (AMAL & ANANY, 2014).

Assim pode-se afirmar que esta atividade possui grande importância econômica e social para o País, embora a maioria de sua utilização seja destinada a alimentação, em sua forma natural (BARRERA, 1986).

Em sua composição são encontrados açúcares de fácil fermentação, como a glicose, frutose e sacarose, algumas quantidades mínimas de fibras e também poucas quantidades de proteína (RAHMAN, 2015), na Tabela 3 está apresentada a composição da batata doce em 100 g de porção.

Tabela 3 - Composição nutricional da batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) in natura por 100 g de porção.

Nutrientes	Teores
Umidade (g)	77,28
Energia (Kcal)	86
Proteína (g)	1,57
Lipídios totais (g)	0,05
Cinzas (g)	0,99
Carboidratos (g)	20,12
Fibras dietéticas (g)	3
Açúcares totais (g)	4,18
Cálcio (mg)	30
Magnésio (mg)	25
Fósforo (mg)	47
Potássio (mg)	337
Sódio (mg)	55
Vitamina C (mg)	2,4
Vitamina A (µg)	709

Fonte: Adaptado de USDA (2014)

Pode-se observar na Tabela 3 que a batata doce contém muitas calorias, por possuir uma grande quantidade de carboidrato, além de ser rica em potássio e outros sais minerais (USDA, 2014). O seu alto teor de amido é considerado por Silveira (2007) um avanço no desenvolvimento de alternativas de biocombustíveis, podendo também colaborar como uma alternativa sustentável na produção de biofertilizantes através do processo de degradação da mesma.

2.4 Co-digestão Anaeróbia

A co-digestão anaeróbia pode ser definida como a degradação, simultânea, de dois ou mais substratos (NOGUEIRA, 2016). A mistura de vários tipos de resíduos tem efeitos positivos não só no próprio processo de degradação anaeróbia como também econômico (BRAUN E WELLINGER, 2002).

Este processo é considerado uma opção muito interessante para se obter um rendimento maior de energia durante a digestão anaeróbia de resíduos orgânicos biodegradáveis, no qual

consiste em fazer a biometanização de dois ou mais substratos num mesmo digestor (MATA-ALVAREZ ET AL., 2000). As vantagens na utilização desse método de reciclagem dos materiais orgânicos é a otimização na produção de metano, devido ao equilíbrio das relações C:N:P, ou ainda, melhorar as reações da mistura que será degradada, devido ao fato de que certos materiais podem ser mais facilmente digeridos quando misturados a outros substratos (CARNEIRO, 2013).

Outro benefício da utilização da co-digestão é a facilidade com que se obtém um desempenho estável e uma digestão confiável, gerando produtos digeridos de boa qualidade e um aumento considerável na produção de biogás (JINGURA & MATENGAIFA, 2009).

Vários estudos já foram feitos com digestão anaeróbia, envolvendo diferentes substratos, mas o ponto principal deste processo é que para alcançar um bom êxito na co-digestão devem ser equilibrados vários parâmetros, como a mistura do co-substrato, a qual se pode destacar a relação C:N, o pH, inibidores/compostos tóxicos, matéria orgânica biodegradável e seca, os chamados macro e micro nutriente (RODRÍGUEZ, 2012). O autor ainda descreve que teores de relação C/N muito baixo adequa-se mais para a digestão anaeróbia de resíduos com teores mais elevados de nitrogênio, como por exemplo os dejetos de suínos.

Como os resíduos utilizados possuem grande carga orgânica, como por exemplo os dejetos de suínos, este tipo de reciclagem é o mais indicado, pois a co-digestão de diferentes substratos permite uma maior diluição das substâncias potencialmente tóxicas dos substratos e ainda faz com que aumente a biodegradabilidade da mistura de estimulação das atividades dos microrganismos presentes na mistura (CONVERTI, 1997).

Outro fator positivo a se considerar é a produção de biogás, já que Carreas (2013) ressalta que com tecnologias adequadas e uma boa capacitação, resíduos orgânicos podem ser tratados, resolvendo vários problemas ambientais e ao mesmo tempo produzir energia, elétrica e/ou térmica, gerando, ainda, um fertilizante natural.

Assim o aproveitamento energético dos dejetos da suinocultura é uma alternativa para amenizar os impactos ambientais que a atividade causa, onde a co-digestão anaeróbia converte estes dejetos juntamente com resíduos vegetais em energia (HILLS; ROBERTS, 1981; HASHIMOTO, 1983)

Neste contexto a batata doce e a mandioca é uma alternativa energética para este processo de co-digestão, pois esta hortaliça apresenta um teor de 31% de carboidrato, superando

outras amiláceas (TABORDA, 2015), da mesma forma a mandioca pois esta também é considerada uma fonte energética, sendo as duas hortaliças comuns produzidas por pequenos produtores de subsistência.

3. OBJETIVO

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de acompanhar o desempenho do processo de co-digestão anaeróbia de dejetos de suínos associado à mandioca e à batata doce em duas distintas proporções de carbono e nitrogênio.

3.1 Objetivos específicos

- Avaliar as reduções dos teores de sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV) e pH durante a co-digestão anaeróbia de excretas de suínos associado a mandioca e batata doce em biodigestores batelada tipo bancada.
- Verificar a produção de biogás, utilizando como substrato as excretas de suínos em co-digestão com adição de mandioca e batata doce em biodigestores batelada tipo bancada.

4. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida na Área Experimental do Laboratório de Manejo de Resíduos Agropecuários, da Faculdade de Ciências Agrárias – FCA, da Universidade Federal da Grande Dourados, em Dourados – MS. Os dejetos de suínos foram obtidos por doações de um produtor da região de Dourados-MS, já a batata doce e mandioca foram comprados na feira central da mesma cidade.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, utilizando três diferentes substratos, com composições baseadas nos dejetos suínos (DS) e nos materiais alimentícios batata doce e mandioca. Estes materiais passaram por um processo de trituração antes de serem adicionados nos afluentes. Desta forma os 5 tratamentos foram: T1: dejetos suínos (DS) com relação C/N 8/1, T2: DS + batata doce (BD) com relação C/N de 36/1, T3: DS + BD com relação C/N de 40/1, T4: DS + mandioca (M) com relação C/N de 40/1, T5: DS + M com relação C/N 44/1, com cada tratamento possuindo quatro repetições.

Os dejetos de suínos e os materiais alimentícios adicionados no início do período experimental foram caracterizados de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4. Resultados de sólidos, carbono, nitrogênio e relação C/N presentes na composição dos materiais.

	ST (%)	SV (%)	C (%)	N (%)	C/N
Dejetos suínos	84,97	27,12	25,80	3,40	7,58
Batata doce	97,81	31,30	38,07	0,79	48,18
Mandioca	97,05	38,74	28,77	0,53	54,28

ST: Sólidos totais; SV: Sólidos voláteis; C: Carbono; N: Nitrogênio

Para compor o afluente dos biodigestores, as relações C/N previamente estipuladas para os tratamentos com materiais alimentícios eram de 20/1 para o segundo e quarto tratamento e uma relação C/N de 25/1 para o terceiro e quinto tratamento. No entanto, após a preparação dos afluentes as avaliações evidenciaram as relações de 36/1 para T2, 40/1 para o T3 e T4 e 44/1 para o T5.

Nesta composição dos afluentes também foram adicionados, além dos dejetos e materiais alimentícios citados anteriormente, inóculo com o propósito de acelerar a degradação da matéria orgânica por meio das bactérias que nele existe e, ainda, água para diluição e homogeneização da batida (Anexo A, figura 1).

Na Tabela 5 são apresentados as quantidades de cada constituinte dos afluentes.

Tabela 5. Quantidade de dejetos, batata doce, mandioca, inoculo, água e sólidos totais adicionados a batida para abastecimento dos biodigestores com diferentes valores de relação C/N.

TRATAMENTO	Dejeto (kg)	BD/M (kg)	Inóculo (ml)	Água (ml)	ST (%)
T1- controle	0,145	-----	150	1005,00	3,02
T2- BD 23/1	0,051	0,113	150	986,08	3,78
T3- BD 28/1	0,034	0,128	150	987,68	3,80
T4- M 23/1	0,044	0,097	150	1008,83	3,81
T5- M 28/1	0,03	0,109	150	1011,21	3,87

BD: Batata doce; M: Mandioca; 23/1 e 28/1: Relações C/N; ST: Sólidos totais

Os biodigestores modelo batelada utilizados neste trabalho foram constituídos, basicamente, por 2 cilindros retos de PVC contendo diâmetros de 150, 100 mm e uma garrafa plástica (câmara fermentadora) de 65 mm de diâmetro para armazenamento do afluente (Anexo A, figura 2), podendo ser caracterizados como biodigestores batelada de bancada, com capacidade média para 1,3 litros de substrato em fermentação, cada. Os cilindros de diâmetro de 100 e 150 mm encontram-se inseridos um no interior do outro, de tal forma que o espaço existente entre a parede externa do cilindro e a parede interna do cilindro exterior comporta um volume de água (“selo de água”). O cilindro de 100 mm de diâmetro, tem uma das extremidades vedadas, conservando-se apenas uma abertura para a descarga do biogás, e está emborcado no selo de água, para propiciar condições anaeróbias e armazenar o gás produzido, conforme anexo A, figura 3.

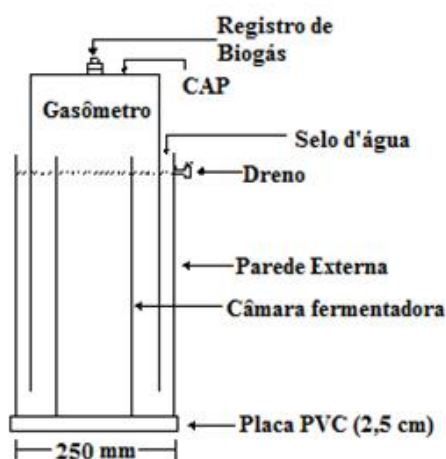


Figura 1. Representação esquemática de biodigestor modelo batelada de bancada.

Nos afluentes e efluentes foram determinadas as concentrações de ST, SV e pH (Anexo A, figura 4, 5 e 6, respectivamente) pela metodologia descrita por (APHA, 2005).

O volume de biogás produzido diariamente foi determinado a partir da medição do deslocamento vertical dos gasômetros e multiplicando-se pela área de secção transversal interna dos mesmos ($0,031\text{m}^2$). Após cada leitura os gasômetros foram esvaziados utilizando-se o registro de descarga de biogás. A correção do volume de biogás para as condições de 1 atm e 20°C foi efetuada com base no trabalho de (CAETANO, 1985).

Os resultados obtidos durante as dezoito semanas do período experimental foram submetidos à análise de variância à 5% de probabilidade pelo teste de F, e no caso de diferença significativa foi utilizado teste de Tukey à 5% probabilidade utilizando software R (versão 3.1.0 for Windows).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a Tabela 6, as reduções observadas de ST e SV os tratamentos com adição de materiais alimentícios em diferentes relações C/N não diferiram entre si. Já o T1 que utilizou somente DS em sua composição apresentou valores superiores em todas as variáveis analisadas (reduções de ST e SV, pH e produção de biogás), apresentados os valores de 52,03 e 54,87 % para reduções de ST e SV, respectivamente, e uma produção de biogás de 4,29 L.

Tabela 6. Resultados das reduções de sólidos totais (ST) e voláteis (SV), produção de biogás e potencial hidrogeniônico (pH) durante digestão anaeróbia de dejetos suínos, batata doce e de mandioca.

Tratamentos	Reduções (%)		pH		Produção de biogás (L)
	ST	SV	Afluente	Efluente	
T1	52,03a	54,87a	7,29 ^a	7,61a	4,29 ^a
T2	19,13b	25,74b	6,57b	3,54c	1,39b
T3	17,89b	23,54b	6,23d	3,50c	0,88b
T4	18,92b	23,85b	6,55c	3,84b	0,34b
T5	17,78b	23,46b	6,23d	3,75b	0,54b
DP*	14,70	13,40	0,40	1,63	1,56

*Desvio padrão amostral; ST: Sólidos totais; SV: Sólidos voláteis; pH: potencial Hidrogeniônico

Dos tratamentos que utilizaram materiais alimentícios, tratamento 2 e 4, apesar da pouca diferença dos valores, obteve maiores resultados que os tratamentos 3 e 5, apresentando as reduções de ST de 19,13 e 18,92 % e os valores 25,74 e 23,85 % para as reduções de SV, respectivamente. Porém, os valores obtidos neste experimento ainda são considerados baixos, mesmo para o T1 que apresentou melhores resultados. Estas baixas reduções se deve ao fato que as relações C/N incluída no processo foram bem fora dos padrões ideais citados por Castrillón (2013) que são de 20/1 a 30/1.

Miranda (2006), cita que em biodigestores batelada de bancada, tiveram reduções de sólidos totais e de sólidos voláteis de 79,19 e 81,41 % respectivamente, utilizando dejetos de suínos submetidos a diferentes temperaturas, portanto, encontraram valores maiores que os deste experimento, isto pode ter ocorrido devido ao fato que a composição dos dejetos utilizados

pode ter sido diferente entre os dois experimentos, por diversos fatores como alimentação, manejo, controle de sanidade, como por exemplo, uso de medicamento ou ainda contato com produtos de limpeza das instalações como desinfetantes.

Resultados parecidos foram encontrados por Barana (2000) em um experimento com manipueira (resíduos de mandioca) em biodigestores de diferentes fases, onde as reduções de sólidos totais e voláteis não foram proporcionais à carga orgânica de entrada, mas a maior redução ocorreu com a menor carga, ou seja, pode-se supor que quanto maior a adição de resíduos alimentícios menores serão as reduções de ST e SV.

Com relação aos valores de pH, foi observado a ocorrência de acidificação no meio dos tratamentos que receberam a adição de materiais alimentícios. Houve uma queda do pH 6 para pH 3. De acordo com Xavier (2010) a queda de pH durante o processo pode ser ocasionada pela elevada inclusão de matéria orgânica com carboidrato de fácil degradação, o que influencia em uma rápida fermentação dos compostos solúveis e elevada produção de ácidos.

Os baixos valores de pH justificam a baixa produção de biogás pelos tratamentos 2,3,4 e 5. Alguns fatores na composição dos substratos podem influenciar na produção de biogás. Os lipídios por exemplo proporcionam rendimento mais elevado, porém exigem tempo de retenção longo devido a sua biodegradabilidade ser lenta, ao contrário dos hidratos de carbono e proteínas que têm taxas de conversão mais rápidas, mas rendimento de biogás mais baixos (FERNANDES, 2016), como ocorreu no presente trabalho com uso dos materiais em questão, que possuem em sua composição altos teores de carboidratos.

A baixa produção de biogás confirma também que o ajuste da relação C/N não deve ser feita se baseando apenas no aumento da proporção de carbono (C), mas é necessário também se avaliar a qualidade deste C que será fornecido para os microrganismos. Também é importante ressaltar sobre a composição dos materiais alimentícios utilizados, já que os compostos cianogênicos encontrados na mandioca, que são classificados como tóxicos, podem ter interferido no processo.

Esta suposição é confirmada pelo trabalho de Simm (2015), em um experimento com dejetos de vacas leiteiras e adição de glicerina bruta, o qual apresentou boas produções de biogás, que são atribuídas ao maior teor de glicerol presentes na glicerina bruta. A inclusão de glicerina bruta pode contribuir com aumento significativo sobre as produções de biogás por possuir em sua composição o glicerol (carbono facilmente metabolizável), (CASTRILLÓN, 2013), mesmo que a relação C/N não alcance aos valores estipulados como os ideais (20-30/1).

6. CONCLUSÃO

A inclusão de materiais alimentícios para equilibrar a relação C/N em 23 e 28/1 não foi benéfica para o processo, sendo o tratamento que utilizou somente dejetos de suínos o que apresentou os melhores resultados.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AGÊNCIA ESTADUAL DE DEFESA SANITÁRIA ANIMAL E VEGETAL [2015]. Iagro realiza monitoramento para comprovar ausência da Peste Suína Clássica e manter o status sanitário de MS. Disponível em:<<http://www.iagro.ms.gov.br/iagro-realiza-monitoramento-para-comprovar-ausencia-da-pestes-suina-classica-e-manter-o-status-sanitario-de-ms/>>

Acessado em: Mar 28, 2017.

AMAL. H. M; ANANY. A. M. Nutritional and sensory evaluation of a complementary food formulated from rice, faba beans, sweet potato flour, and peanut oil. Food and Nutrition Bulletin, vol. 35, no. 4. 2014.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard methods for examination of water and wastewater. 21.ed. Washington: American Water Works Association, 2005. 1368p

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

BABOT, D. G. Farm technological innovations on swine manure in Southern Europe. Revista Brasileira de Zootecnia [suplemento especial], v. 40, p. 334-343, 2011

BARANA, A. C. Avaliação de tratamento de manipueira em biodigestores fase acidogênica e metanogênica. 2000.

BARRERA, P. Batata-doce: uma das doze mais importantes culturas do mundo. São Paulo: Ícone Editora, 1986, 91 p. (Coleção Brasil Agrícola).

BIANCHI, V. L. D., CEREDA, M. P. Balanço de massa de uma fábrica de farinha de mandioca de médio porte do Estado de São Paulo. *Energ. na Agric. (Botucatu)*, vol. 14, n. 3, p. 34-48, 1999.

BRAUN, R., WELLINGER, A., 2002. Potencial of Co-Digestion. IEA – Bioenergy, Task 37 – Energy from biogas and Landfill gas

CAETANO, L. Proposição de um sistema modificado para quantificação de biogás. 1985. 75f. Dissertação (Mestrado 402 em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

CARDOSO, M. O.; RIBEIRO, G. A. Composto orgânico: uso no cultivo de hortaliças da Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus, AM, 1998, 2 p.

CARNEIRO, D. R. C. Viabilidade técnica e econômica de uma unidade centralizada de co-digestão anaeróbia de resíduos orgânicos. 2013.

CARREAS, N. O biogás. Programa de Capacitação em Energias Renováveis. Observatório de Energias Renováveis para America Latina e Caribe. 2013.

CASTRILLÓN, L., FERNÁNDEZ-NAVA, Y., ORMAECHEA, P., MARAÑÓN, E., Methane production from cattle manure supplemented with crude glycerin from the biodiesel industry in CSTR and IBR. *Bioresource Technology*, v. 127, p. 312–317, 2013

CEREDA, M.P. Valorização de resíduos como forma de reduzir custos de produção. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE RAÍZES TROPICAIS, 1 e CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 9, 1996, São Pedro. Anais... São Pedro: Centro de Raízes Tropicais/UNESP, Sociedade Brasileira de Mandioca, 1996. p.25-43.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL [2016]. Suinocultura brasileira deve crescer mais de 20% nos próximos anos. disponível em: < <http://www.cnabrazil.org.br/noticias/suinocultura-brasileira-deve-crescer-mais-de-20-nos-proximos-anos>> Acessado em: março 28, 2017.

CONVERTI, A. Co-digestion of municipal sewage sludges and pre-hydrolysed woody agricultural wastes. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, v. 69, n. 2, p. 231-239, 1997.

DA SILVA, C. M.; DE FRANÇA, M. T.; OYAMADA, G. C. CARACTERÍSTICAS DA SUINOCULTURA E OS DEJETOS CAUSADOS AO AMBIENTE. *CONNECTION LINE*, n. 12, 2015.

DALLA COSTA, O.A.; DIESEL, R.; LOPES, E.J.C.; NUNES, R.C.; HOLDEFER, C.; COLOMBO, S. Sistema intensivo de suínos criados ao ar livre – SISCAL. – Embrapa Suínos e Aves e Extensão – EMATER/ RS, 2002 (Boletim Informativo de Pesquisa & Extensão. BIPERS – EMBRAPA, junho de 2002).

DAL MAGO, A. Avaliação de biodigestores com o uso de dejetos de suínos, em Braço do Norte e em Concórdia. 2009. 152p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em

Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

DE OLIVEIRA, P. A. V. et al. Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos. Embrapa-CNPSA. Documentos, 1993.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA) [2008]. Batata-doce (Ipomoea batatas). Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce_Ipomoea_batatas/origem.html> Acessado em: Mar 28, 2017.

FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DE MATO GROSSO DO SUL. Segundo maior produtor do País, MS quer ampliar cultivo de mandioca. Campo Grande-MS, 2015. Disponível em: < http://famasul.com.br/assessoria_interna/segundo-maior-produtor-do-pais-ms-quer-ampliar-cultivo-de-mandioca/34374/> Acessado em: Mar 28, 2017.

FERNANDES, A. Água residuária de laticínio em co-digestão com dejetos de bovinos leiteiros. 2016.

GROXKO, M. Análise Da Conjuntura Agropecuária Mandioca - Safra 2015/16. Curitiba – PR, 2016. Disponível em:< http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2016/mandioca_2015_16.pdf > Acessado em: Mar 28, 2017.

GUANZIROLI, C. E. (2001). Agricultura familiar e reforma agrária no século XXI. Editora Garamond.

HASHIMOTO, A.G. Conversion of straw-manure mixtures to methane at mesophilic and thermophilic temperatures. Biotechnol. Bioeng. 25, 185–200, 1983.

HILLS, D.J., ROBERTS, D.W. Anaerobic digestion of dairy manure and field cropresidues. Agric. Wastes 3, 179–189, 1981.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro: IBGE, 102 p. 2013

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção da Pecuária Municipal. Rio de Janeiro: IBGE, v. 42, p.1-39, 2014

JELINEK, T.; TAIGANIDES, E.P. Animal wastes. Essex, England: Ap. Sc., 1977, p.165–74.

JINGURA, R.M.; MATENGAIFA, R. Optimization of biogas production by anaerobic digestion for sustainable energy development in Zimbabwe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 13, p. 1116-1120, 2009.

LIVESTOCK. Cattle selected countries summary. In: ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. PSD online: production, supply and distribution. Washington, DC: USDA, 2016. Disponível em: Acesso em: ago. 2017.

MATA-ALVAREZ, J. (Ed.). *Biomethanization of the organic fraction of municipal solid wastes*. IWA publishing, 2002.

MBULIGWE, S. E.; KASSENGA, G. R. Feasibility and strategies for anaerobic digestion of solid waste for energy production in Dar es Salaam city, Tanzania. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 42, n. 2, p. 183-203, 2004.

MIRANDA, A. P; AMARAL, L. A.; LUCAS JR. J. Influência da temperatura na biodigestão anaeróbica de dejetos de bovinos e suínos. X Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VI Encontro latino Americano de Pós-Graduação – Univ. do Vale do Paraíba. 2928 – 2931, 2006. Disponível em: http://www.inicepeg.univap.br/cd/INIC_2006/epg/01/EPG0000338_ok.pdf Acesso em: março, 2017.

MONTORO, S. B. Co-digestão de batata doce com dejetos de bovinos leiteiros: uma avaliação técnica e econômica para produção de energia e biofertilizante. 2017.

NACHILUK, K., & ANTONIALI, S. Principais perdas na cultura da mandioca. 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em: < <http://www.infobibos.com/Artigos/2008>, 4.

NOGUEIRA, R. G. S., DE LUCAS JUNIOR, J., MARIA, P., BRANCO, P., FERREIRA, L. M. S., JUNIOR, F. P., & PINEDO, L. Produção de biogás da co-digestão de dejetos de bovinos de corte confinado e cana-de-açúcar triturada em biodigestores contínuos. In: 28 e 29., 2016, Florianópolis. Anais... Florianópolis Congresso Brasileiro De Engenharia Agrícola, 2016. p. 2.

OLIVEIRA, R. A. Efeito da concentração de sólidos suspensos do afluente no desempenho e características do lodo de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo tratando águas residuárias de suinocultura. 1997. 359 f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997^a

- PASCOAL FILHO, W.; SILVEIRA, G. S. R. Cultura Da Mandioca (Manihot esculenta subsp esculenta). Belo Horizonte-Mg, 2014.
- PERDOMO, C. C.; DE LIMA, G. J. M. M.; NONES, K. Produção de suínos e meio ambiente. Sistema, v. 1995, p. 2000, 1990.
- PERESSIN, V. A.; FELTRAN, J. C. In: AGUIAR, A.T E. et al. (editores). Boletim 200. Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. Campinas: IAC, 2014. p. 59-61.
- PINHO, M. M. C. de A. Características químicas de solos adubados com manipueira. Dissertação de Mestrado. Recife, PE: UFRPE, 2007. 86 p.
- PINTO, P. H. M. Tratamento de manipueira de fecularia em biodigestor anaeróbio para disposição em corpo receptor, rede pública ou uso em fertirrigação. 2008.
- RAHMAN, H.; ISLAM, A.F.M. S.; MALEQUE, A. e TABASSUM, R. Morphophysiological evaluation of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) genotypes in acidic soil. Asian Journal of Crop Science, v. 7, n. 4, p. 267-276, 2015
- RAO, M. S.; SINGH, S. P. Bioenergy conversion studies of organic fraction of MSW: kinetic studies and gas yield–organic loading relationships for process optimization. Bioresource Technology, v. 95, n. 2,p. 173-185, 2004.
- RODRÍGUEZ, J. PÉREZ, M. ROMERO, L. I. Mesophilic anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solidwaste: Optimisation of the semicontinuous process. Chemical Engineering Journal, v. 194, p. 10-15, 2012
- SAYRE, R.T. Cyanogenesis in cassava. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE RAÍZES TROPICAIS, 1, CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 9, 1996, São Pedro. Resumos... São Pedro: Centro de Raízes Tropicais-UNESP, Sociedade Brasileira de Mandioca, 1996. p.71.
- SILVEIRA M. A., ANDRÉ C. M. G., ALVIM T. C., DIAS L. E., TAVARES I. B. SANTANA W. R., SOUZA. F. R. A cultura da batata-doce como fonte de matéria-prima para a produção de etanol. Palmas, Universidade Federal do Tocantins. 45p. Boletim Técnico. 2007
- SIMM, S. Co-digestão de dejetos de vacas leiteiras e glicerina bruta. 2015. (Mestrado em Zootecnia), Faculdade de Ciências Agrárias – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.

SUZUKI, A. B. P. Utilização de manipueira juntamente com sólidos da cama de aviário em biodigestores para geração de biogás Use of cassava wastewater with solid poultry manure in anaerobic digesters to generate biogas. *AMBIÊNCIA*, v. 8, n. 3, p. 809-819, 2012.

TABORDA, L.W.; JAHN, S.L.; LOVATO, A.; EVANGELISTA, M.L.S. Evaluation of the technical and economic feasibility of ethanol production in a pilot plant using sweet potatoes. *Custos e @gronegócio on line* - v. 11, n. 1. 2015.

TAVARES, J. M. R. Consumo de água e produção de dejetos na suinocultura. 2012.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. National Nutrient Database for Standard Reference: USDA, 2014.

XAVIER, C. A. N. Caldo de cana-de-açúcar na biodigestão anaeróbia com dejetos de vacas em lactação sob diferentes dietas. 2010, 116f. (Doutorado em Zootecnia), Faculdade de Ciências Agrárias – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

XAVIER, C. A. N. The efficiency of shredded and briquetted wheat straw in anaerobic co-digestion with dairy cattle manure. *Biosystems Engineering*, v. 139, p. 16-24, 2015.

8. ANEXO A



Figura 1. Substrato adicionado ao biodigestor.



Figura 2. Substrato adicionados a garrafa plástica.



Figura 3. Biodigestores bateladas de bancada desmontados.

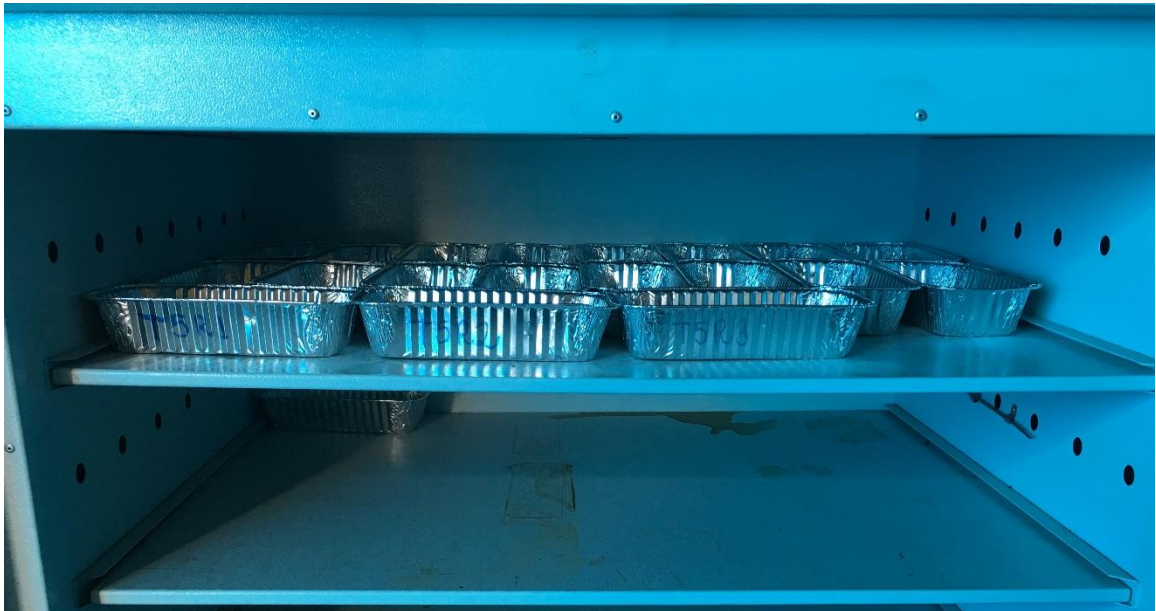


Figura 4. Análise de sólidos totais em estufa de circulação forçada á 60°C.



Figura 5. Mufla utilizada para determinação de sólidos voláteis à 600°C.



Figura 6. Analisador de potencial hidrogeniônico (pH) utilizado.