

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL EM MUNICÍPIOS**

JESSICA YUKI DE LIMA MITO

**ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS DA
ATIVIDADE DE SUINOCULTURA DO MUNICÍPIO DE TOLEDO**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

MEDIANEIRA

2015

JESSICA YUKI DE LIMA MITO



**ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS DA
ATIVIDADE DE SUINOCULTURA DO MUNICÍPIO DE TOLEDO**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista na Pós Graduação em Gestão Ambiental em Municípios – Polo UAB do Município de Foz do Iguaçu, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Câmpus Medianeira.

Orientador: Prof. Me. Filipe Marangoni

MEDIANEIRA

2015



TERMO DE APROVAÇÃO

Estimativa do Potencial de Produção de Biogás da Atividade de Suinocultura do
Município de Toledo

Por

Jessica Yuki de Lima Mito

Esta monografia foi apresentada às 10:00 h do dia 21 de novembro de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios – Polo de Foz do Iguaçu, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Me. Filipe Marangoni
UTFPR – Câmpus Medianeira
(orientador)

Prof.^a Dr.^a Carla Adriana Pizarro Schmidt
UTFPR – Câmpus Medianeira

Prof.^a Dr.^a Denise Pastore de Lima
UTFPR – Câmpus Medianeira

AGRADECIMENTOS

A Deus pela constante presença em minha vida, sempre guiando meus passos e minhas decisões pelos caminhos mais adequados. Agradeço a ele por ter me dado forças a seguir adiante, colocando pessoas, amigos, para que eu não perdesse o foco nesse período de cinco anos e por todas as oportunidades a mim concedidas.

A minha família, Maria Aparecida de Lima, Cícero Ribeiro da Silva, Daiana de Lima Mito, Charles de Lima Mito e Elson Costa Gomes por todo amor, amizade, sinceridade, dedicação, incentivo, orientação, confiança, tolerância, conjunto não apenas durante essa etapa, mas em todos os momentos de minha vida.

Ao meu orientador, Filipe, pela orientação, incentivo, paciência e oportunidade de aprendizado, cujo conhecimento e apoio técnico foram imprescindíveis para este trabalho.

A todos os professores, pelos ensinamentos transmitidos.

Finalmente, agradeço a todos que de alguma forma, corroboraram na concretização deste trabalho, deram seus palpites, criticaram e incentivaram.

Muito Obrigada!

RESUMO

MITO, Jessica Yuki de Lima. Estimativa do potencial de produção de biogás da atividade de suinocultura do município de Toledo. 2015. 38 páginas. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

O desenvolvimento e intensificação da atividade de suinocultura resultaram no crescimento do consumo de energia elétrica para manejo da atividade, e em consequência disso no aumento da produção de biomassa residual. Essa biomassa, caso não manejada adequadamente, pode tornar-se uma fonte de poluição dos recursos hídricos, atmosfera e solo. Sendo assim, o manejo e tratamento da biomassa é essencial no sistema produtivo de suínos. O uso de sistemas que permitem o tratamento da biomassa residual, produção e aproveitamento de biogás vão de encontro com a promoção de impactos positivos e para o fortalecimento da diversificação da matriz energética, melhorar as condições da qualidade de vida nas propriedades, com a redução de odores, insetos e vetores, reduzir o êxodo rural, e consequentemente, mitigar impactos ambientais e gerar outras fontes de renda. O município de Toledo-PR, destaca-se na produção de carne suína da região Oeste do Paraná, sendo importante e relevante analisar o potencial energético renovável da suinocultura de Toledo. O objetivo do presente estudo constituiu em verificar o potencial do município de Toledo para geração de energia elétrica por meio do aproveitamento de biogás bem como levantar os impactos gerados caso houvesse a utilização de sistemas de biodigestão nas unidades produtivas de suinocultura do município. Para isso, foi realizado levantamento, junto ao IBGE, quanto ao plantel animal do município e aplicado a metodologia do IPCC para estimativa de biogás. Por fim, o potencial foi convertido em potencial de geração de energia elétrica, comparado ao consumo do município e estimado a redução das emissões de metano, visando demonstrar qual a possível contribuição dessa fonte de energia para o setor energético da região.

Palavras-chave: Biomassa residual. Energia no meio rural.

ABSTRACT

MITO, Jessica Yuki de Lima. Estimated biogas production potential of swine farming activity in the city of Toledo. 2015. 38 pages. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

The development and intensification of swine farming activity resulted in the growth of electricity consumption for the management of the activity, and increased the residual biomass production. This biomass, if not properly managed, can become a source of water pollution, air and ground. Thus, the management and treatment of biomass is essential in the swine production system. The use of systems that enable the treatment of residual biomass, production and use of biogas contributes to the promotion of positive impacts and strengthen diversification of energy sources, improve the life quality conditions in the properties by reducing odors, insects and vectors, reduce rural exodus, and consequently mitigate environmental impacts and generate other sources of income. The city of Toledo-PR, stands out in pork production in western of Paraná and it is important and relevant to analyze the renewable energy potential of the Toledo swine farming. The objective of this study consisted in checking the Toledo city's potential to generate electricity through the use of biogas as well as study the impacts caused if were used biodigestion systems in the swine production units of the city. For this, a survey was conducted in IBGE system, about the animal breeding in the city and it was applied to the IPCC methodology for estimation of biogás production. Finally, the potential has been converted into potential of electricity generation, compared to the consumption of the municipality and estimated the reduction of methane emissions in order to demonstrate the potential contribution of this source of energy for the energy sector in the region.

Keywords: Residual biomass. Energy in rural areas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo de biodigestor <i>plug-flow</i>	17
Figura 2 – Modelo de geração convencional.....	19
Figura 3 – Modelo de geração distribuída	19
Figura 4 – Localização do Município de Toledo	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção média diária de dejetos por categoria de suínos.....	14
Tabela 2 – Produção média diária de dejetos por categoria de suínos.....	14
Tabela 3 – Produção média diária de dejetos por diferentes categorias de suínos ..	23
Tabela 4 – Valores dos parâmetros aplicados nas metodologias de quantificação teórica do potencial de biogás.....	24
Tabela 5 – Estimativa da produção de dejetos.....	28
Tabela 6 – Potencial de produção de biogás	28

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

BD	Biogás Diário
B ₀	Capacidade máxima de produção de metano
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
EF	Fator de emissão por categoria
EG	Energia Gerada
FB	Fator de correção para incertezas
GEE	Gases do Efeito Estufa
ICLEI	<i>Internacional Council For Local Environmental Initiatives</i>
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
MCF	Fator de Conversão de acordo com o manejo
MS	Fator de Sistema de gerenciamento dos resíduos
PDEE	Produção diária de energia elétrica
PMNA	Política Nacional do Meio Ambiente
SV	Sólidos Voláteis
Tier	Nível ou Camada
UFB	Fator de correção para incertezas
UPL	Unidade Produtora de Leitões
VBP	Valor Bruto da Produção

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1 ATIVIDADE AGROPECUÁRIA NO BRASIL.....	12
2.2 BIOMASSA.....	12
2.2.1 Produção e Manejo de Suínos.....	13
2.2.2 Produção de Dejetos na Suinocultura.....	13
2.2.3 Impactos da Destinação Inadequada dos Dejetos.....	15
2.2.4 Manejo Adequado dos Resíduos da Pecuária.....	15
2.3 SISTEMAS DE BIODIGESTÃO.....	16
2.3.1 Biodigestores.....	16
2.4 BIOGÁS.....	17
2.4.1 Utilização do Biogás.....	18
2.4.2 Geração de Energia Elétrica com Biogás.....	18
2.5 BIOFERTILIZANTE.....	20
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	21
3.1 LOCAL DA PESQUISA.....	21
3.2 TIPO DE PESQUISA.....	22
3.3 COLETA DE DADOS.....	22
3.4 CÁLCULO DA ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE DEJETOS, BIOGÁS E REDUÇÃO DE EMISSÕES DE METANO.....	22
3.4.1 Estimativa de Produção de Dejetos.....	23
3.4.2 Estimativa de Produção de Biogás.....	23
3.4.3 Reduções de Emissão de Metano.....	25
3.5 ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTE.....	25
3.6 CÁLCULO DA ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 A SUINOCULTURA EM TOLEDO.....	27
4.2 QUANTIDADE MÉDIA DE DEJETOS GERADA POR DIA.....	27
4.3 ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS.....	28
4.4 ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM BIOGÁS.....	29
4.5 BENEFÍCIOS DO USO DE SISTEMAS PARA PRODUÇÃO E O APROVEITAMENTO DE BIOGÁS.....	29
4.5.1 Redução de Emissões de Metano.....	30
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

O desordenado e acelerado crescimento populacional fez com que elevasse as atividades de produção de produtos e serviços e diretamente aumentasse a produção de resíduos, desencadeando diversas modificações nos âmbitos social, econômico e ambiental.

Dentre essas atividades destaca-se a agropecuária com as produções de suínos, que buscam atender a demanda mundial e gerar contribuições ao setor econômico. Conforme dados disponibilizados pelo SIDRA/IBGE e IPARDES (2012), possui 211.279.082 cabeças de suínos no Brasil e este número tende a crescer.

A suinocultura possui grande destaque na economia brasileira, entretanto, é considerada causadora de impactos negativos ao meio ambiente devido a produção de dejetos com volume e carga orgânica elevados. Segundo Oliveira (2005), os efluentes derivados das produções agrícolas e de animais, não tratados corretamente, são responsáveis pela contaminação das águas superficiais e subterrâneas e pela ocorrência das chuvas. Esses efluentes repletos de matéria orgânica e agentes patogênicos, transportados pela infiltração e escoamento superficial, atingem aquíferos, lagos, rios e outros corpos da água.

Para Coldebella (2006) o desenvolvimento de tecnologias que utilizem fontes renováveis de energia é atrativo socialmente e ambientalmente, possibilitam a criação de fontes de suprimento descentralizado e em pequena escala, fundamental para o desenvolvimento sustentável.

O biogás é um composto de gases, obtido a partir da biodigestão anaeróbia de materiais orgânicos, que tem como principal componente o metano. Um gás com elevado poder calorífico, uma fonte energética que pode ser aproveitado para conversão em energia elétrica, térmica e veicular. Portanto, trata-se de uma fonte de energia renovável, com impactos positivos.

Desta forma, uma das principais fontes de obtenção do biogás no Brasil, é o tratamento sanitário dos dejetos da produção pecuária intensiva, sobretudo, da produção suinícola. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) o plantel dos diversos tipos de animais vem crescendo. Com isso, relevante volume de dejetos é produzido, podendo ser convertido nos produtos: biogás e biofertilizante, por meio de biodigestores.

Muito mais que ganhos econômicos, a utilização do biogás como fonte de energia, promove ganhos ambientais e econômicos. Para Bley (2011) a economia do biogás é de grande impacto local, pois acontece a partir da descentralização da geração de energia e que deve ser medida em quilowatt hora, mas também em sanidade ambiental e desenvolvimento microeconômico local.

O manejo adequado dos dejetos torna-se uma alternativa econômica para a propriedade rural, sem comprometimento da qualidade ambiental (OLIVEIRA et al., 2000). A atividade pecuária de suínos no Brasil, se difere de uma região para outra em relação à forma de manejo da produção, da alimentação dos animais, e do manejo dos dejetos.

Esta pesquisa tem por objetivo estimar a produção de dejetos produzidos no município de Toledo - PR, proveniente da atividade produtiva da suinocultura, bem como estimar a produção de biogás, geração de energia elétrica, redução das emissões de CO₂ equivalente e biofertilizante.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta sessão serão apresentadas algumas informações sobre a suinocultura, sobre a produção de biomassa residual, e sobre a produção e o aproveitamento do biogás.

2.1 ATIVIDADE AGROPECUÁRIA NO BRASIL

O Brasil é o quinto maior país do mundo (considerando a área territorial), e possui cerca de 174 milhões de hectares ocupados por áreas de pastagens. Devido à variabilidade de clima os sistemas produtivos são bastante diversificados, assim como seus produtos e tecnologias aplicadas a estes sistemas, que se aprimoram para tornar a pecuária cada vez mais eficiente e sustentável (ABIEC, 2014).

No ano de 2012 o efetivo de rebanhos de suínos nas grandes regiões brasileiras estava em torno de 38.795.902 de cabeças (SIDRA/IBGE, 2012).

2.2 BIOMASSA

Qualquer material passível de ser degradado pela ação de diferentes tipos de microorganismos é considerado biomassa (NEVES, 2010). A biomassa é a quantidade de matéria orgânica produzida em determinado localidade, podendo ser proveniente de diversas atividades, resíduos agroindustriais, agropecuário, urbanos, dentre outros, resultando em inúmeras vantagens, como a produção de biogás (CORTEZ; LORA; GÓMEZ, 2008).

Segundo Bley (2015) a biomassa residual é uma matéria-prima gratuita e está disponível para a produção de biogás, cujo pode ser convertido em resultados econômicos, além das externalidades ambientais e sociais, diretas e indiretas, positivas.

2.2.1 Produção e Manejo de Suínos

Segundo Emater (2015), o manejo na suinocultura é o conjunto de práticas que devem ser realizadas visando melhorar e aumentar a produtividade e qualidade.

O tipo de produção, bem como as condições de divisão das atividades características da criação de suínos, são variáveis de acordo com a fase de vida dos animais (PERTILE, 2001). Triches (2003) relata que a criação de suínos é dividida nas seguintes fases: Gestação, maternidade, creche e terminação.

A categoria de reprodução refere-se à fase da pré-gestação, cobrição, gestação e lactação (EMBRAPA CNPSA, 1993).

A maternidade é a fase de lactação das porcas que, constituída pelas fêmeas e leitões, é considerada a fase mais sensível da produção de suínos (EMBRAPA, 2003).

Segundo Kummer et al. (2009), a fase de creche, de idade entre 21 dias a 63 dias, período onde já houve o desmame dos animais.

Fernandes (2012) descreve a terminação como a fase composta por animais retirados da recria, que entram nas instalações com 120 a 122 dias e peso médio de 60 a 64 kg e saem em média com 170 a 172 dias e peso médio de 120 kg, considera a mais rústica de todo o ciclo de produção.

Perdomo, Lima e Nones (2001) apresentam que os sistemas confinados compõem a base da expansão suinícola e induzem a adoção de manejo de dejetos na forma líquida. A elevada diluição dos dejetos constitui um ofensivo problema na captação, armazenamento, tratamento, transporte e distribuição dos dejetos (PERDOMO; LIMA; NONES, 2001). O tipo de manejo adotado na criação dos suínos, bem como a categoria animal e a região de produção, influenciam diretamente na produção de dejetos animais (YANG; CHOU, 1985).

2.2.2 Produção de Dejetos na Suinocultura

O volume produzido de dejetos na atividade de suinocultura tem variação em relação à categoria, tipo de manejo adotado, alimentação e quantidade de água

disponível no sistema (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2004). Moreira (2007) descreve que o volume de dejetos produzido é um parâmetro importante para dimensionar as estruturas de tratamento, armazenagem e o fluxo hidráulico, sendo esse valor variável entre os sistemas produtivos e as categorias existentes.

Segundo Schultz (2007), a geração de dejetos é constituída por esterco, urina, resíduos de ração e água. Essa composição dos dejetos está associada ao sistema de manejo adotado, que poderá apresentar grandes variações na concentração dos elementos componentes, dependendo da diluição à qual foram submetidos e do sistema de armazenamento. A Tabela 1 apresenta dados de produção de dejetos contidos na Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA, 2003) para suinocultura.

Tabela 1 – Produção média diária de dejetos por categoria de suínos

Categoria	Dejetos líquidos m³/dia
Em UPL e Ciclo Completo (granjas de maternidade e gestação)	
Porcas reposição, cobrição e gestantes	0,02
Porca em lactação com leitões	0,032
Machos	0,01
Em creches	
Leitões	0,002
Em terminação	
Com lâmina de água	0,012
Sem lâmina de água	0,009

Fonte: PNMA (2003).

Segundo a Embrapa (1993), o volume de dejetos líquidos produzidos por dia de acordo com o ciclo de produção suínos, é estimado na Tabela 2.

Tabela 2 – Produção média diária de dejetos por categoria de suínos

Categoria de Suíno	Esterco (kg)	Esterco + Urina (kg)	Dejetos líquidos (m³)
25-100 KG	2,30	4,90	7,00
Porcas em gestação	3,60	11,00	16,00
Porcas em lactação	6,40	18,00	27,00
Machos	3,00	6,00	9,00
Leitão desmamado	0,35	0,95	1,40

Fonte: Oliveira (1993).

2.2.3 Impactos da Destinação Inadequada dos Dejetos

Os dejetos possuem elevadas concentrações de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), sólidos e nutrientes (ANGONESE et al., 2006), e necessitam ser gerenciados e destinados adequadamente, para evitar passivos ambientais (PERDOMO et al., 2003; KUNZ, 2006).

A atividade produtiva de suinocultura tem destaque na economia brasileira, porém os resíduos produzidos têm elevada carga de poluentes que causam danos ao meio ambiente e é necessário que haja melhora nos processos e sistemas de produção e manejo adequado destes resíduos (MOREJON et al., 2003).

Os efluentes oriundos da produção animal são uma das principais fontes de poluição aos recursos hídricos, superando até os índices das indústrias, consideradas grandes causadoras da degradação ambiental (CAMILO, 2012). A qualidade dos recursos hídricos reflete das atividades antrópicas causadas ali (DAMOVICH et al., 2007).

2.2.4 Manejo Adequado dos Resíduos da Pecuária

Uma alternativa econômica para a propriedade rural é realização do manejo adequado dos dejetos, pois desta forma, evita-se o comprometimento da qualidade ambiental (OLIVEIRA et al., 2000).

O autor Prati (2010) analisou a geração de energia elétrica por meio da utilização do biogás produzido com o tratamento de dejetos da pecuária e verificou que ocorreram melhorias sociais, econômicas e ambientais na qualidade de vida em propriedades rurais.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 no art. 1º dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluente. O controle da poluição está inteiramente associado com a saúde, garantia de um ambiente equilibrado e melhoria da qualidade de vida (DAMOVICH et al., 2007).

2.3 SISTEMAS DE BIODIGESTÃO

Existem vários processos para se transformar determinada matéria orgânica em energia, dentre elas destaca-se o processo de biodigestão anaeróbia para obtenção do biogás (LUCAS JÚNIOR; SANTOS, 2000). Os sistemas de biodigestão são utilizados para realização da degradação de biomassas em ambientes anaeróbios, propiciando a produção de biogás (GEBLER; PALHARES, 2007).

Um sistema de biodigestão, para seu bom funcionamento e eficiência, necessita de alguns requisitos, sendo eles a disponibilidade de nutrientes requeridos pela população microbiana, a temperatura, o pH, o uso do modelo de biodigestor mais apropriado, conforme o tipo de biomassa a ser digerida e a vazão desta (SILVA, 2003).

A biodigestão anaeróbica é uma alternativa para o tratamento de resíduos animais, pois, contribui para o tratamento e, conseqüentemente, na redução da contaminação desses resíduos, além disso, produz o biogás, que é uma fonte de energia renovável (AMARAL et al., 2004).

2.3.1 Biodigestores

O biodigestor é uma estrutura que em condição anaeróbia, realiza a degradação de biomassa (BLEY JÚNIOR et al., 2009). Segundo Berni (2011), o biodigestor é uma câmara de sistema fechado e anaeróbio, do qual permite a digestão da matéria orgânica. O biodigestor é um dispositivo que realiza fermentação anaeróbia, permitindo que microrganismos (especificamente as metanogênicas) ajam sobre a matéria orgânica, realizando o tratamento, a produção de biogás e a digestão (GASPAR, 2003; e OLIVEIRA, 2012).

Segundo Kunz et al. (2004) o biodigestor pode ser utilizado para o manejo de dejetos, pois utilizam uma área pequena e ainda permite a produção de dois produtos de valor na propriedade, o biogás e o biofertilizante.

Segundo Diaz (2006), os biodigestores *plug-flow* também são conhecidos por biodigestores canadenses, constituídos por uma vala impermeabilizada com

uma manta plástica com uma cobertura sobre ela, que permite o processo de biodigestão anaeróbia. A Figura 1 apresenta o modelo de biodigestor *plug-flow*.

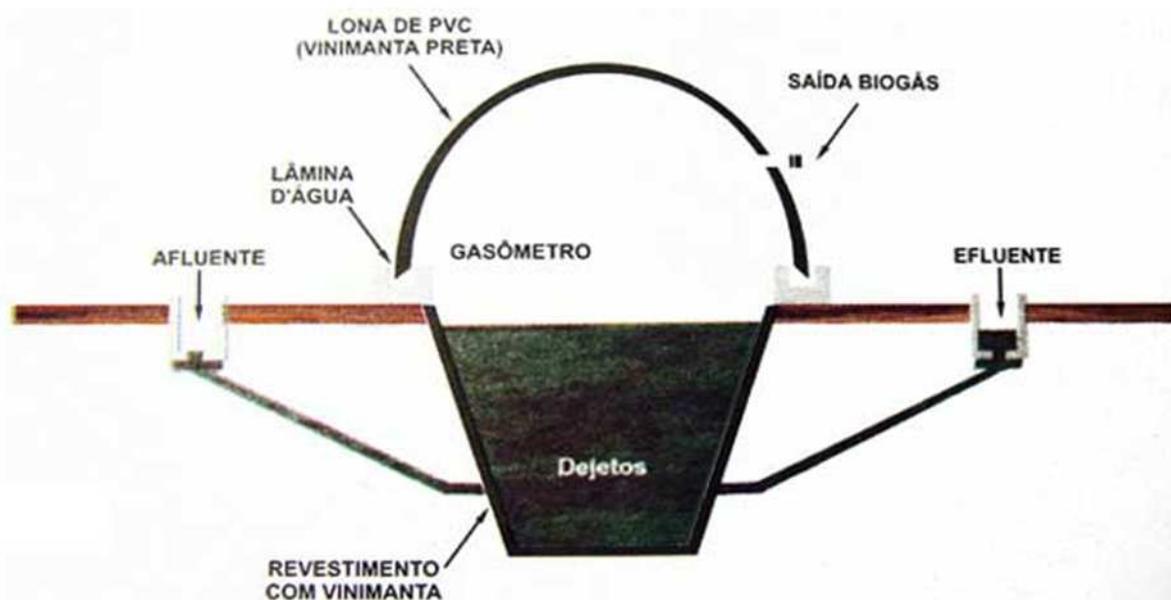


Figura 1 – Modelo de biodigestor *plug-flow*
Fonte: OLIVER et al. (2008).

De acordo com Neves (2010), este é o tipo de biodigestor mais utilizado nas propriedades rurais e também o mais disponível, em relação a outras tecnologias.

2.4 BIOGÁS

Roya et al (2011) definem o biogás como uma fonte renovável de energia, composto por hidrocarbonetos com predominância do Dióxido de Carbono (CO_2) e o Metano (CH_4), obtido pela ação dos microrganismos sobre materiais orgânicos, sendo a qualidade do gás dependente do tipo de resíduo e as condições da degradação.

Durante o período da segunda guerra mundial o biogás foi amplamente utilizado substituindo os derivados de petróleo, porém, após o término (da guerra), o uso desta tecnologia reduziu visivelmente e apenas alguns países continuaram desenvolvendo e adaptando esta tecnologia em pequenas propriedades da Índia,

China e África do Sul (GASPAR, 2003). O biogás é uma fonte de energia pouco valorizada (BLEY JUNIOR, 2015). Costa (2006) menciona que este combustível ainda não conseguiu substituir os tradicionais sendo sua utilização impulsionada a partir da II Guerra Mundial.

2.4.1 Utilização do Biogás

Segundo o ICLEI (*Internacional Council For Local Environmental Initiatives*, 2010), o metano tem alto potencial energético, podendo ser utilizado de diversas formas, sendo estas o aproveitamento em forma de calor, combustível para automóveis, utilização na cozinha e em energia elétrica.

Por ser um combustível gasoso, o biogás, pode ser utilizado para substituir o uso de diversas fontes de energia como: lenha, gasolina, diesel, álcool e eletricidade (GASPAR, 2003).

É possível produzir o biogás de resíduos sólidos urbanos além da possibilidade de geração de energia elétrica a partir do biogás produzido (ABES INFORMA, 2009).

2.4.2 Geração de Energia Elétrica com Biogás

Em um estudo realizado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e o Ministério do Meio Ambiente (MMA) no ano de 2010 relata que no Brasil há grande disponibilidade de recursos hídricos e que a energia elétrica gerada se fundamenta neste importante recurso, sendo assim, não houve incentivos na mesma proporção para geração de fontes alternativas e renováveis.

Fernandes (2012) menciona que no Brasil tem crescido a geração de energia elétrica na área rural, especialmente com o aproveitamento do biogás a partir de resíduos da suinocultura e bovinocultura. A geração de energia a partir do biogás tem grande potencial para impulsionar a economia local, fomentando os setores de indústria e comércio (LINDEMEYER, 2008).

O meio rural vem descobrindo uma nova vocação, a geração de energia. Essa nova vocação tem se destacado e permitindo visualizar novas perspectivas, o que proporcionou e admitiu a inclusão do biogás na comercialização de energia elétrica (FERNANDES, 2012). Jannuzzi (2000) define a geração distribuída como unidade de geração de eletricidade com tamanho reduzido localizados ao longo do sistema de distribuição, tendo como objetivo atender demandas localizadas durante períodos de pico ou então poupando a necessidade de novas instalações ou expansão existentes.

A Figura 2 apresenta o esquema do modelo de geração convencional, que é considerado um modelo de geração centralizado, concentrando os processos de geração, transmissão e distribuição da energia.

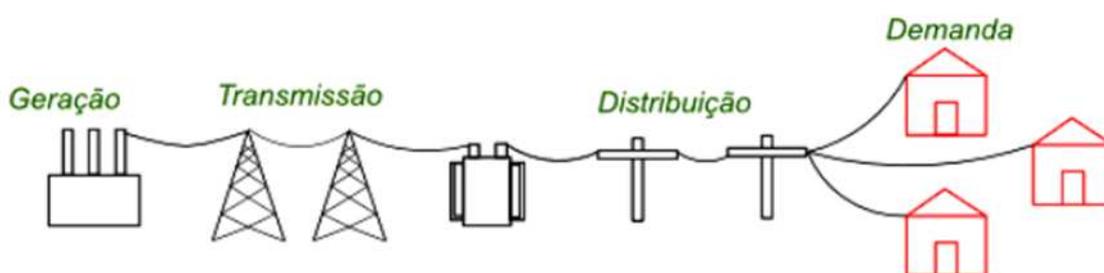


Figura 2 – Modelo de geração convencional
Fonte: Fernandes (2012).

Já a Figura 3 demonstra o modelo de Geração Distribuída (GD), que é gerada descentralizada e em pequena escala.

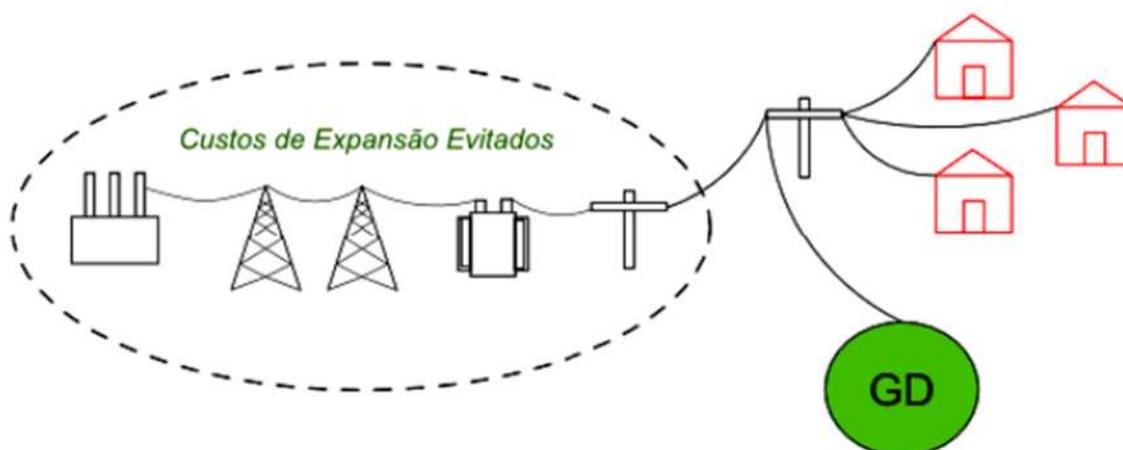


Figura 3 – Modelo de geração distribuída
Fonte: Fernandes (2012).

A resolução normativa 482/12 da ANEEL estabelece as condições gerais para acesso de micro e mini geração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica, da qual inclui como fonte o biogás. A compensação é o sistema no qual a energia ativa injetada com geração distribuída é cedida à distribuidora local, posteriormente é compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade de mesma titularidade (CPF ou CNPJ).

Os investimentos em energia renovável apresentam, em sua maioria, custos superiores aos necessários para a adoção de fontes tradicionais, pois ainda é preciso avançar no desenvolvimento de tecnologias viáveis tecnicamente e economicamente. Mas Bley Junior (2015) apresenta o biogás como uma fonte renovável atraente e viável economicamente, do qual transforma um passivo em ativos econômicos, sociais e ambientais.

2.5 BIOFERTILIZANTE

Segundo o Centro Ecológico (2012), o biofertilizante é todo adubo orgânico que passa pelo processo de fermentação anaeróbia, podendo ser proveniente de qualquer tipo de matéria orgânica e usado em adubação de cobertura ou como tratamento nutricional sobre cultivos desejados.

Sob forma líquida, o biofertilizante contém nutrientes essenciais às plantas (principalmente nitrogênio e fósforo), atuando como fertilizante e também como defensivo agrícola, além disso, atua como corretivo de pH do solo. Entretanto, sua aplicação deve ser controlada, pois seu uso inadequado pode causar desequilíbrios químicos, físicos e biológicos (MEDEIROS et al., 2003).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia aplicada ao presente estudo baseou-se na estimativa do potencial de produção de dejetos, biogás, biofertilizante e energia. Com estas informações foi possível determinar qual o impacto ambiental gerado, caso houvesse a utilização de biodigestores para realização do tratamento, produção e aproveitamento de biogás no município de Toledo - PR.

3.1 LOCAL DA PESQUISA

A área de estudo destinada a este trabalho foi o município de Toledo-PR, possui área de 1.196,999 km² e abriga em seus limites 119.313 habitantes (IBGE, 2010), possui um plantel de 448.977 cabeças de suínos (IGBE, 2006). Com uma área que abrange 1.197 km², o bioma que prevalece no local é a Mata Atlântica (IBGE, 2012). A Figura 4 demonstra a localização do município de Toledo.



Figura 4 – Localização do Município de Toledo
Fonte: Abreu (2006).

3.2 TIPO DE PESQUISA

Esta pesquisa é de caráter documental, experimental e bibliográfico. Conforme descreve Gil (2008), sobre a pesquisa experimental, quando se determina um objeto de estudo, neste caso o potencial do município de Toledo para produção de biogás, selecionam-se as variáveis capazes de influenciá-lo e seus efeitos.

3.3 COLETA DE DADOS

Para a realização das estimativas, foi necessário realizar a aquisição de dados referente ao plantel de suínos no Município de Toledo. No presente estudo, foram utilizados os dados do censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2006. Os dados obtidos referem-se aos suínos de reprodução (Matrizes), suínos de reprodução (varrões) e suínos em engorda (terminação).

Após a tabulação dos dados, referente ao plantel, foi calculado o potencial de produção de biomassa residual, onde foram adotados os valores médios diários, conforme descrito por Oliveira (1993), onde são utilizados para suínos em reprodução (matrizes) o valor de 27 Ldia⁻¹, para varrões o valor de 9 Ldia⁻¹ e engorda o valor de 7 Ldia⁻¹.

3.4 CÁLCULO DA ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE DEJETOS, BIOGÁS E REDUÇÃO DE EMISSÕES DE METANO

Para o desenvolvimento do trabalho proposto, foi realizada a estimativa do potencial de produção de dejetos, biogás, biofertilizante, emissões de CO₂ e potencial de geração de energia elétrica com o aproveitamento do biogás.

Os cálculos foram realizados com a utilização do software de planilha eletrônica Microsoft Office Excel.

3.4.1 Estimativa de Produção de Dejetos

Após a tabulação dos dados, referente ao plantel, foi realizado o cálculo do potencial de produção de biomassa residual, onde foram adotados os valores médios diários conforme descrito por Oliveira (1993), que utiliza para suínos em reprodução (matrizes) o valor de 27 L.dia⁻¹, para varrões o valor de 9 L.dia⁻¹ e suínos em engorda o valor de 7 L.dia⁻¹, de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 – Produção média diária de dejetos por diferentes categorias de suínos

Categoria de Suínos	Dejetos Líquidos (L/dia)
Engorda	7
Reprodução – Matrizes	27
Reprodução - Varrões	9

Fonte: Oliveira (1993).

A referência foi utilizada pela confiabilidade dos dados disponibilizados pela EMBRAPA, sendo uma empresa referência de dados da atividade produtiva de suinocultura.

3.4.2 Estimativa de Produção de Biogás

O cálculo de estimativa do potencial teórico de produção de biogás foi realizado a partir da metodologia desenvolvida pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPPC, 2006), que disponibiliza uma série de princípios, conceitos e procedimentos metodológicos. Dentre os conceitos estão os Tiers, nível ou camada, onde cada Tier representa o nível de complexibilidade metodológica aplicada a um inventário de determinada localidade, sendo assim, o Tier 1 representa o método mais básico, Tier 2 o método intermediário e o Tier 3 é a camada com maior nível de complexibilidade e necessita de dados mais específicos.

A metodologia utilizada é AMS.III.D Versão 14. IPCC - *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Volume 4. Capítulo 10: *Emissions from*

Livestock and Manure Management, modalidade Tier 2, com uso de fatores de emissão determinados a partir da entrada de dados correspondentes as características do dejetos e seu manejo (de acordo com a Tabela 4), sendo assim, mais adequado a ser aplicado neste estudo.

Tabela 4 – Valores dos parâmetros aplicados nas metodologias de quantificação teórica do potencial de biogás

Parâmetro	Valores	Unidades
<i>SV</i>	0,3	Kg ⁻¹ cab ⁻¹ dia
<i>B₀</i>	0,29	m ³ CH ₄ KgSV ⁻¹
<i>MCF</i>	0,79	%
<i>Fb</i> ou <i>UFB</i>	0,94	Adimensional

Fonte: IPCC (2006).

De posse de todos os parâmetros a serem incluídos no cálculo aplicou-se a metodologia do IPCC, Tier 2 (2006), onde a Equação (1) apresenta a fórmula para se determinar o Fator de Emissão (IPCC, 2006).

$$EF = VS \times 365 \times \left(B_0 \times 0,67 \times \frac{MCF}{100} \times MS \right) \quad (1)$$

Onde *EF* corresponde ao fator de emissão por população/categoria, cuja unidade é quilogramas de metano por cabeça por ano (kg CH₄⁻¹ cab⁻¹ ano); *VS* corresponde aos Sólidos Voláteis (kg⁻¹ cab⁻¹ dia); *B₀* representa a capacidade máxima de produção de metano (m³ CH₄ kg SV⁻¹); *MCF* é o fator de conversão de acordo com o manejo, dada em percentual (%); e *MS* representa o fator do sistema de gerenciamento dos resíduos (adimensional).

A Equação (2) apresenta a fórmula para se determinar a emissão de CH₄ (IPCC, 2006). Onde *CH₄_Dejetos* corresponde à emissão de CH₄ durante o manejo de dejetos (Gg CH₄ ano⁻¹); *EF* é o fator de emissão por população/categoria (kg.CH₄-1cab-1ano); e *N* representa o número de animais pertencentes à categoria em questão (Número inteiro).

$$CH4_Dejetos = \sum \frac{EF \times N}{10^6} \quad (2)$$

3.4.3 Reduções de Emissão de Metano

As reduções de emissões de metano são definidas como a quantidade de metano que seria emitida para a atmosfera durante um determinado período (um ano). Neste caso, é considerado um biodigestor anaeróbico para a atividade do projeto, e as estimativas das emissões são determinadas de acordo com a resolução da Equação (3). Onde RE_{ano} representa a redução de emissões em toneladas de CO_2e/ano ; BE_{ano} representa emissões da linha de base em toneladas de CO_2e/ano ; e EP_{ano} equivale a emissões no projeto, em toneladas de CO_2e/ano .

$$RE_{ano} = BE_{ano} - EP_{ano} \quad (3)$$

Para o cálculo de EP_{ano} , a fórmula é semelhante a equação de BE_{ano} , o que difere é o valor do MCF , ou seja, o fator de conversão de metano para o projeto para o sistema de gerenciamento de dejetos, que será o de digestão anaeróbia (10%).

$$EP_{ano} = GWP_{CH_4} \times D_{CH_4} \times Ufb \times \sum MCF_{projeto} \times B_{0,CA} \times N_{CA} \times SV_{CA} \times MS\% \quad (4)$$

O resultado esperado para um projeto de tratamento de dejetos pela digestão anaeróbia é uma redução significativa das emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) quando comparada às emissões que ocorreriam na ausência do projeto, ou seja, a disposição dos dejetos em lagoas abertas. Desta forma, promovem-se suinoculturas mais sustentáveis, trazendo benefícios sociais e ambientais, transformando práticas de acúmulo de dejetos altamente emissores de gases poluentes, em que captarão e utilizarão o metano como forma de energia.

3.5 ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTE

Determinado o volume de dejetos produzidos pelos animais, adotou-se um aproveitamento de 90%, considerando que no processo de biodigestão existirão reduções no volume devido à volatilização dos resíduos orgânicos. Entretanto, deve-

se analisar esta porcentagem em estudos de viabilidade, pois, o biofertilizante em alguns casos não substitui 100% das necessidades do solo e não deve ser adotado para viabilizar projetos deste ramo.

3.6 CÁLCULO DA ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A conversão do potencial teórico de biogás ($\text{m}^3 \cdot \text{mês}^{-1}$) para geração de energia elétrica ($\text{kWh} \cdot \text{mês}^{-1}$), baseou-se nos resultados encontrado por Sganzerla (1983) que determinou que a equivalência energética do biogás para geração de energia elétrica é de $1,43 \text{ kWh} \cdot \text{m}^3$ de biogás. Posteriormente houve comparação do potencial de geração de energia elétrica com o consumo médio mensal de energia elétrica do município de Toledo, fornecido pela Companhia Estadual de Energia Elétrica do Paraná (COPEL).

A Equação (5) demonstra o cálculo para a estimativa da geração de energia elétrica. Onde $PDEE$ representa a produção diária de energia elétrica, cuja unidade é quilowatt-hora por dia (kWh/dia); BD representa a quantidade de biogás diário destinado para a produção de energia elétrica, dada em metros cúbicos por dia (m^3/dia); e EG é a energia gerada pelo moto gerador (kW/m^3).

$$PDEE = BD \times EG \quad (5)$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na sequência serão apresentadas as informações e resultados obtidos com a realização do trabalho. Inicialmente são fornecidas informações sobre a suinocultura na cidade de Toledo e a quantidade de dejetos gerada. Na sequência será estimada a produção de biogás e de energia elétrica.

4.1 A SUINOCULTURA EM TOLEDO

Conforme publicado pela Casa Civil do Governo do Paraná (2015), o município de Toledo, localizado na região Oeste do Paraná, teve neste ano o maior Valor Bruto da Produção (VBP) Agropecuário do Paraná, sendo a maior contribuição provinda da atividade de suinocultura de corte. Este resultado reflete positivamente na geração de emprego e renda da região.

Existem requisitos básicos para implementação deste tipo de atividade, dentre elas está a existência de declividade no terreno, a disponibilidade de água, o que justifica a atuação desta atividade próxima aos recursos hídricos (DAMOVICH et al., 2007). Além disso, é necessário que haja local disponível para destinação dos resíduos da atividade.

Segundo o censo demográfico de 2006, o município tem 411.014 suínos de terminação, 35.627 suínos em matriz e 2.336 suínos varrões, totalizando 448.977 animais no município.

4.2 QUANTIDADE MÉDIA DE DEJETOS GERADA POR DIA

Com a adoção dos valores descritos por Oliveira (1993) para a produção diária total de dejetos nas categorias descritas pelo IBGE, a estimativa de produção de dejetos encontrada foi de 3.860,00 m³. A Tabela 5 apresenta os valores detalhados para cada categoria animal.

Tabela 5 – Estimativa da produção de dejetos

Categoria	Cabeças de animais	Produção específica de dejetos por animal (m³.dia⁻¹)	Produção de dejetos (m³.dia⁻¹)
Terminação	411.014	0,007	2.877,098
Matriz	35.627	0,027	961,929
Varrões	2.336	0,009	21,024
TOTAL	448.977	-	3.860

Fonte: Autoria própria.

4.3 ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS

O plantel de suínos levantado na pesquisa junto ao IBGE, juntamente com os resultados quanto às estimativas teóricas de produção de biogás metodologia do IPCC estão descritos na Tabela 6.

Tabela 6 – Potencial de produção de biogás

Categoria	Cabeças de animais	Produção de biogás (m³.dia⁻¹)
Terminação	411.014	29.205,10
Matriz	35.627	2.531,52
Varrões	2.336	165,99
TOTAL	448.977	31.902,61

Fonte: Autoria própria.

Embora o Tier 2 do IPCC possibilite o incremento de dados por categoria de animais, nem sempre isso se concretiza, pois, os dados de entrada para calcular o Fator de Emissão (*EF*) são apenas o *SV* e *B₀*, sendo estes valores por categoria os mesmos e com abrangência para a América Latina toda, o que impossibilita assegurar que estes valores sejam adequados para a região oeste do Paraná.

Portanto se faz necessário a adoção de valores de *SV* e *B₀* para cada unidade produtiva a qual se pretende estimar a produção de biogás. Todavia isto é impraticável na realidade atual, pois demanda de realização e testes laboratoriais para determinar com exatidão os parâmetros em caráter específicos tem altos custos e é um resultado a longo prazo.

Apesar das carências da metodologia do IPCC, é inquestionável que esta possui grande relevância internacional.

Marques e Silva (2014) relatam a importância da escolha do método de determinação do potencial de produção de biogás visando o aproveitamento energético, pois os resultados refletem diretamente na viabilidade técnica e econômica do projeto.

4.4 ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM BIOGÁS

Após o cálculo de estimativa de produção de biogás, tem-se o volume de biogás disponível para transformação em energia elétrica, que neste estudo gerou torno de $45.620,73 \text{ kWh.dia}^{-1}$, ou seja, $1.368.621,97 \text{ kWh.mês}^{-1}$.

Os valores encontrados nas estimativas de potencial de biogás neste trabalho convertidos em energia elétrica representam um incremento que poderia contribuir para atender o consumo elétrico do município de Toledo, que nos meses de janeiro a agosto de 2015, registrou um consumo médio mensal de 31.197,00 MWh (COPEL, 2015) ou seja, pela metodologia do IPCC o potencial teórico de biogás atenderia 1.368,62MWh, cerca de 4,39% do consumo de energia do município de Toledo.

4.5 BENEFÍCIOS DO USO DE SISTEMAS PARA PRODUÇÃO E O APROVEITAMENTO DE BIOGÁS

O uso de sistemas de tratamento de dejetos, produção e aproveitamento adequado do biogás se mostra como uma boa opção para a diversificação da matriz energética da região. Além de ganhos econômicos, trazem consigo importantes ganhos sociais e ambientais.

Freitas (2004) relata que a destinação correta dos dejetos minimiza os impactos ambientais negativos, que neste caso estão diretamente relacionados aos recursos hídricos.

Desde ano de 2008, por meio da Resolução Normativa nº 482/2008, os produtores que realizavam a geração de energia elétrica com fontes alternativas conseguiram realizar a conexão e venda desta geração. No caso do Paraná, a Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL) realizou logo após a publicação da 482/2008 a contratação de 6 unidades geradoras de energia elétrica com aproveitamento do biogás.

Na Granja Colombari no ano de 2012, na época com 3.000 suínos em terminação, chegou a receber o valor de mais de R\$ 2.500,00 (REVISTA ABRIL, 2014). Atualmente a granja conta com aproximadamente 5.000 suínos em terminação, e vem demonstrando que o biogás faz parte da economia rural e o quanto a energia gerada por meio do aproveitamento do biogás é estratégica para o Brasil. Muito mais que ganhos ambientais, houve ganhos sociais e econômicos (CIBIOGÁS-ER, 2015).

Atualmente por meio da Resolução Normativa nº 482/2012, é possível que o produtor rural realize a compensação, e não mais a venda, da energia gerada na propriedade, podendo realizar a operação isolada e utilizar seu excedente para inserir na rede e receber em créditos de consumo. A venda de energia, com o aproveitamento do biogás como fonte, pode ser realizada por meio de contratos específicos, entretanto, cada caso deve ser analisado, pois o produtor fica incumbido de fornecer a energia contratada pelo terceiro, porém o biogás precisa vencer dois gargalos: garantir a disponibilidade e qualidade da produção de biogás.

4.5.1 Redução de Emissões de Metano

Segundo o modelo IPCC (2006), os principais fatores que afetam a emissão de metano são a quantidade de dejetos produzida e a fração de dejetos que se decompõe em meio anaeróbico. O primeiro depende da taxa de produção de dejetos por animal e do número de animais e o segundo de como os dejetos são manejados.

O IPCC em seus relatórios informa que o aquecimento global, durante os últimos 50 anos, se deve ao aumento dos gases de efeito estufa, sendo o CH₄ 21 vezes mais poluidor que o CO₂. No presente trabalho, houve redução de emissão 269,32 toneladas equivalentes de CO₂.ano-1.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na metodologia do IPCC são utilizadas somente duas categorias de suínos: suínos em sistema de terminação, e a categoria de suíno reprodutor. Sendo assim, haverá necessidade em se realizar uma avaliação técnica do uso dos parâmetros caso haja obtenção de dados mais detalhados e categorizados do sistema produtivo, o que não ocorreu neste estudo, já que os dados obtidos junto ao IBGE não estão detalhados.

Os parâmetros recomendados para cálculo da estimativa do potencial de produção de biogás para a categoria de suínos são os disponíveis para a região da América Latina, no entanto a nutrição e genética dos suínos da região Sul do Brasil são equivalentes à do Oeste Europeu, porém, em sistema de produção, instalações e climas diferenciados. Entretanto, o uso dos parâmetros do Oeste Europeu pode superestimar a produção de biogás. Por isso, na ausência de dados locais confiáveis e específicos, recomenda-se o uso dos parâmetros para a região da América Latina, no intuito de evitar uma estimativa elevada e não condizente com a realidade.

Como as emissões podem variar significativamente por região e categoria animal, as estimativas devem refletir, tanto quanto possível a diversidade e variedade das populações de animais e práticas de manejo de dejetos entre diferentes regiões do país. Isso exige estimativas a serem desenvolvidos para cada região. Estas estimativas devem ser baseadas em dados confiáveis e de monitoramento frequente, para verificar os principais parâmetros da metodologia.

Os valores padrões, como o peso, B_0 , SV e MCF podem conter grande incerteza se não refletirem as condições específicas para a categoria animal de determinado local, e com isso gerar estimativas precipitadas. Estas incertezas são reduzidas pelo desenvolvimento de valores padrões através do monitoramento de unidades produtivas para cada categoria animal; e com base nestes dados estabelecer novos valores de MCF , B_0 , SV e peso padrão, que então passarão a condizer com as condições específicas do local.

Observou-se que, segundo a estimativa, há grande produção de resíduos no município de Toledo, este com alta carga orgânica e podem poluir os recursos hídricos da cidade. Entretanto os resultados apresentados comprovam o potencial energético do município de Toledo, com a produção de biogás e energia, com o uso

dos sistemas de biodigestão, para tratamento, produção e aproveitamento do biogás proveniente da atividade de suinocultura, trazendo benefícios econômicos, sociais e ambientais para a região.

Espera-se que o presente estudo incentive as prefeituras de cidades da região a fomentarem o uso de sistemas de biodigestão como forma de tratamento de dejetos da pecuária de propriedades rurais, produzir o biogás e aplicá-lo para geração de energias, elétrica, térmica e como combustível veicular.

A Resolução Normativa nº482/2012 da ANEEL permite a geração de energia elétrica, com o aproveitamento do biogás, conexão na rede de distribuição, e compensação na forma de créditos da energia gerada. Porém há necessidade em realizar as devidas modificações que incentivem mais a geração de energia no meio rural. Diante do exposto, acredita-se que haja o desenvolvimento de mais políticas públicas e criação ou melhoramentos de resoluções normativas que incentivem, regulamentem e facilitem o uso do biogás para geração de energia elétrica.

REFERÊNCIAS

ABES INFORMA. **Biogás de Muribeca da Ótimo Rendimento**. Abes Informa, n. 110, p. 5, 2009. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/mudancasclimaticas/biogas/file/docs/artigos_dissertacoes/abesinforma_n110_p5.pdf>. Acesso em: 27 de março de 2015.

ABIEC, 2014. **Balanço da pecuária**. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/texto.asp?id=8>> Acesso em: 10 de outubro de 2015.

ABREU, R. L. de. **Localização do Município Toledo - PR**. 2006. Wikipédia Commons. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Parana_Municip_Toledo.svg>. Acesso em 12 nov. 2015.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 482 de 17 de abril de 2012**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>> Acesso em 10 de nov. de 2015.

AMARAL, C. M. C.; AMARAL, L. A.; LUCAS, J. J.; NASCIMENTO, A. A.; FERREIRA, D. S.; MACHADO, M. R. F. Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica. **Ciência Rural**, v. 34, n. 6, p. 1897- 1902 nov - dez, 2004.

ANGONESE, A. R.; CAMPOS, A. T.; PALACIO, S. M. SZYMANSKI, N. Avaliação da eficiência de um biodigestor tubular na redução da carga orgânica e produção de biogás a partir de dejetos de suínos. An. 6. **Enc. Energ. Meio Rural**, 2006. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC000000022006000100022&script=sci_arttext>

BLEY JUNIOR, C. **Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e Ambientais**, 2ª ed. rev. – Foz do Iguaçu/Brasília: Itaipu Binacional, Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, TechnoPolitik Editora, 2009.

BLEY JR, C. **Biogás: a energia invisível**. 2ª ed. São Paulo, 2015. 178p.

CAMILO, N. C. **Viabilidade técnica e econômica para implantação de um condomínio de agroenergia na microbacia de lajeado grande - Toledo – PR**. Trabalho de conclusão de curso. Curso de Engenharia Ambiental, UDC. Foz do Iguaçu – PR, 2012.

CASA CIVIL. **Toledo é de novo campeão em receita agrícola no Paraná.**

Publicado em 23 de setembro de 2015. Disponível em:

<<http://www.casacivil.pr.gov.br/2015/09/85930,10/Toledo-e-de-novo-campeao-em-receita-agricola-no-Parana.html>> Acesso em: 06 de novembro de 2015.

CENTRO ECOLÓGICO. **Biofertilizantes.** 2012. Cartilha do Programa de fortalecimento da viticultura Familiar da Serra Gaúcha. Disponível em:

<<http://www.centroecologico.org.br/cartilhas/Biofertilizantes.pdf>> Acesso em: 06 de setembro de 2015.

CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS. CIBiogás – ER. **Granja São Pedro Colombari.** 2015. Disponível em:

<<https://cibiogas.org/Granja%20S%C3%A3o%20Pedro%20-%20Colombari>> Acesso em: 12 de novembro de 2015.

COLDEBELLA, A. **Viabilidade do uso do biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais.**

Dissertação. 2006. 73 f. (Mestrado em Engenharia Agrícola / Engenharia de Sistemas Agroindustriais) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006.

COPEL – COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA ELÉTRICA. Re: **Consumo (MWh) e o número de consumidores cativos por classe no Município de Toledo em 2015.** Documentos internos, mensagem recebida por vera.baron@copel.com em setembro de 2015.

COPEL - COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA ELÉTRICA. **Copel assina contratos para compra de eletricidade produzida com biogás.** Disponível em:

<[http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/bri02_09port/\\$FILE/bri02_09port.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/bri02_09port/$FILE/bri02_09port.pdf)> Acesso em: 12 de novembro de 2015.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. **Biomassa Para Energia.** Campinas: UNICAMP, 2008.

COSTA, D. F. **Geração de energia elétrica a partir do biogás do tratamento de esgoto.** 2006. f.194. Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia – PIPGE (EP/FEA/IEE/IF). Universidade de São Paulo – USP, São Paulo.

DAMOVICH, J.; MOREJON, C. F. M.; ROCHA JR, W. F.; HONÓRIO, T. F. **Diagnóstico ambiental em torno da suinocultura na bacia do Rio Toledo e identificação do potencial econômico dos dejetos.** 2007. Disponível em: http://www.ecopar.ufpr.br/artigos/a_089.pdf

DIAZ, G. B. **Análise de sistemas para o resfriamento de leite em fazendas leiteiras com o uso do biogás gerado em projetos MDL.** São Paulo: USP, 2006. 144 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Mecânica. Curso de Engenharia Mecânica. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

EMATER. **Pecuária.** 2015. Disponível em: <<http://www.emater.mg.gov.br/doc%5Csite%5Cserevicoseprodutos%5Clivraria%5CPequenos%20animais%5CCria%C3%A7%C3%A3o%20de%20Su%C3%ADnos.pdf>> Acesso em: 06 de novembro de 2015.

FERNANDES, D. M. **Biomassa e Biogás da Suinocultura.** Dissertação de mestrado - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel – PR, 2012.

GASPAR, R.M.B.L. **Utilização de Biodigestores em Pequenas e Médias Propriedades Rurais com Ênfase na Agregação de Valor: Estudo de Caso na Região de Toledo-PR.** Florianópolis-SC, 2003.

GEBLER, L.; PALHARES, J. C. P. (Ed.). **Gestão ambiental na agropecuária.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2007. 310 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário.** 2006.

IBGE, 2012. **Dados Básicos.** Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=411460&idtema=121&search=parana-2012>>. Acesso em: 16 de setembro de 2015.

IBGE, 2012. **Dados Básicos.** Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=411460&idtema=121&search=parana|toledo-2012>>. Acesso em: 16 de setembro de 2015.

IBGE, 2010. **Dados Básicos.** Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=411460&search=parana|toledo>>. Acesso em: 16 de setembro de 2015.

ICLEI - *Internacional Council For Local Environmental Initiatives.* **Manual para aproveitamento do biogás:** volume um, aterros sanitários. 2010.

IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change.* **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.** Chapter 10: Emissions From Livestock And Manure Management, 2006.

JANNUZZI, G. M. **Políticas Públicas Para Eficiência Energética e Energia Renovável no Novo Contexto de Mercado: Uma Análise da Experiência Recente dos EUA e do Brasil.** São Paulo, 2000.

KUMMER, R.; GONÇALVES, M. A. D.; LIPPKE, R. T., MARQUES, B. M. F. P. P. M.; MORES, T. J. **Fatores que influenciam o desempenho dos leitões na fase de crèche.** Videira, SC/Brasil, 2009.

KUNZ, A.; OLIVEIRA, P. A. V.; HIGARASHI, M. M. **Recomendações para uso de esterqueiras para armazenagem de dejetos suínos.** Concórdia: Embrapa, 2004.

KUNZ, A.; OLIVEIRA, P. A. **Aproveitamento de Dejetos de Animais para geração de Biogás.** Revista de Política Agrícola, ano XV, n. 3. Brasília, jul./ago./set. 2006.

LINDEMEYER, R. M. **Análise da Viabilidade Econômico Financeira do Uso do Biogás Como Fonte de Energia Elétrica.** Florianópolis, 2008.

LUCAS JÚNIOR, J.; SANTOS, T. M. B. **Aproveitamento de resíduos da indústria avícola para produção de biogás.** Simpósio sobre Resíduos da Produção Avícola, Concórdia – SC, 2000.

MARQUES, F.S.; SILVA, F.P. **Método simplificado de identificação de potencial de produção de biogás na suinocultura – terminação.** In: Simpósio de Bioenergia e Biocombustíveis do Mercosul, 2, Foz do Iguaçu. Anais 2014.

MEDEIROS, M. B.; WANDERLEY, P.A.; WANDERLEY, M.J.A. **Biofertilizantes líquidos.** Revista de Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento – Edição nº31, 2003.

MOREJON, C. F. M.; ROCHA JR, W. F.; PIACENTI, C. A.; FARIA, S.; PALU, F.; TRIGUEIROS, D. E. G. **Desenvolvimento regional por meio da agregação de valor à resíduos sólidos, líquidos e gasosos provenientes das mais diversas Fontes.** In: III COLÓQUIO ANUAL DE ENGENHARIA QUÍMICA 2003, 2003, Rio de Janeiro. A Engenharia Química do Século XXI. Rio de Janeiro: OPPE/UFRJ, 2003.

NEVES, V. L. V. **Construção de biodigestor para produção de biogás a partir da fermentação de esterco bovino.** Araçatuba: FATEC, 2010.

OLIVEIRA, P. A. V. **Manual de Manejo e Utilização dos Dejetos de Suínos.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1993. 188 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 27).

OLIVEIRA, R. A.; DENICULI, W; IABORAHY, C. R.; CECON, P. R. **Redução da demanda bioquímica de oxigênio de águas residuárias da suinocultura com o emprego da macrófita aquática.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 4, n. 1, 2000.

OLIVEIRA, M.M. **Estudo da inclusão de compartimentos em biodigestores modelo canadense.** Tese de mestrado, Curso de Engenharia de Processos. Santa Maria – RS, 2012.

OLIVER, A. P. M.; SOUZA NETO, A. A.; QUADROS, D. G.; VALLADARES, R. E. **Manual de Treinamento em Biodigestão.** 2008. Disponível em: <http://www.ieham.org/html/docs/Manual_Biodigestao.pdf>. Acesso em 25 de outubro de 2015.

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. A.; NONES, K. **Produção de Suínos e Meio Ambiente.** In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA SUINOCULTURA, 9, 2001, Gramado, Anais... RS: 2001, p. 8-24.

PERDOMO, C. C.; OLIVEIRA, P. A. V. O.; KUNZ, A. **Sistema de Tratamento de Dejetos de Suínos: Inventário Tecnológico.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003. 83 p. Documentos, 85.

PERTILE, N. **Marcas da “Integração” na Agricultura Familiar de Quilombo, SC. 2001.** 201 f. Dissertação. (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento; Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Estudo sobre o Potencial de Geração de Energia a partir de Resíduos de Saneamento (lixo, esgoto), visando incrementar o uso de biogás como fonte alternativa de energia renovável.** São Paulo, 2010.

PRATI, L. **Geração de energia elétrica a partir do biogás gerado por biodigestores.** 83p. Projeto de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010. Disponível em: <http://www.eletrica.ufpr.br/ufpr2/tccs/148.pdf>. Acesso em 25 de outubro de 2015.

REVISTA ABRIL. **A nota fiscal de Colombari.** Publicação de 2014. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/blog/biogas-a-energia-invisivel/2014/10/08/a-nota-fiscal-de-colombari/>> Acesso em: 13 de novembro de 2015.

SILVA, F. L. **Lagoas de estabilização de dejetos suínos: Avaliação da eficiência de um sistema empregando parâmetros físico-químicos e biológicos.** Tese de mestrado, Curso de Medicina Veterinária. Belo Horizonte – MG, 2003.

SGANZERLA, E. **Biodigestor: uma solução.** Ed. Agropecuária. Porto Alegre, 1983.
Disponível em:
<<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fj1gh4ku02wyiv802hvm3jd85f37c.html>> Acesso em: 12 de outubro de 2015.

TRICHES, G. P. **A Suinocultura e o Desenvolvimento Regional: O Caso do Alto Vale do Itajaí - SC. 2003.** 108 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Universidade Regional de Blumenau. Blumenau, 2003.

YANG, P. Y.; CHOU, C. Y. **Horizontal - Baffled Anaerobic Reactor Treating Diluted Swine Wastewater.** Agricultural Wastes, v. 14, p. 221 - 39, 1985.