

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

VINICIUS DE OLIVEIRA LIMA

**ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A INSTALAÇÃO DE
UM BIODIGESTOR EM UM CONDOMÍNIO PARA AVICULTURA DE
CORTE**

CAMPO MOURÃO

2017

VINICIUS DE OLIVEIRA LIMA

**ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A INSTALAÇÃO DE
UM BIODIGESTOR EM UM CONDOMÍNIO PARA AVICULTURA DE
CORTE**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 (TCC 2), do curso de Engenharia Ambiental, do Departamento Acadêmico de Ambiental (DAAMB), do Câmpus Campo Mourão, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Radames Juliano Halmeman

Co-orientador: Prof^a. Dr^a. Maria Cristina Rodrigues Halmeman

CAMPO MOURÃO

2017



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Ambiental - DAAMB
Curso de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A INSTALAÇÃO DE UM
BIODIGESTOR EM UM CONDOMÍNIO PARA AVICULTURA DE CORTE

por

VINICIUS DE OLIVEIRA LIMA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 20 de junho de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof. Dr. Radames Juliano Halmeman

Prof. Dr. Maria Cristina Rodrigues Halmeman

Prof. Dr. Morgana Suszek Gonçalves

Prof. Dr. Eudes José Arantes

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na coordenação do curso de Engenharia Ambiental.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois sem Ele, este sonho conquistado não seria possível.

À minha família. Minha base, alicerce e porto seguro. Em especial aos meus pais, Ana Cristina Panobianco de Oliveira e Reginaldo Nascimento de Lima, e avós, Inêz Alves de Lima e Alvino Nascimento de Lima. O apoio de vocês foi fundamental e imprescindível. Obrigado por acreditarem avidamente em mim, sorrirem comigo em meus êxitos e me estenderem a mão quando tropecei. Não só os agradeço, como dedico tal trabalho a vocês. Esta vitória não é minha. É nossa.

Aos amigos com os quais tive o prazer de morar ao longo de todos estes anos, Heber Miguel, Lucas Esdras e Maurício Shiguemoto, pelo companheirismo diário.

Aos queridos amigos de curso, Carla Carolina da Cunha, Felipe Martins Damaceno, Rafaela Agrela dos Reis e Santiago Pereira Neto. Muito obrigado pela amizade sincera, pueril e genuína. Vocês são pessoas incríveis e iluminadas.

Aos demais amigos de faculdade, Jeanyni Mendes, Katielle Viana, Aline Lima, Thais Moreira e Mariana Souza, por tornarem estes anos mais leves e estarem sempre presentes. Natália Gimenes, lhe agradeço com todo o carinho e ternura por me ensinar muito sobre a vida e possuir enorme participação na pessoa que me tornei.

Aos amigos do mundo, Verônica Bitti, Marina Ferreira, Júlia Rabelo, Cláudio Cerqueira, Virgínia Lito, Maurício Soares e Carlos Linassi. Obrigado por viverem intensamente comigo e se tornarem uma segunda família em uma fase tão importante em minha vida: o intercâmbio.

Por fim, agradeço aos meus orientadores neste trabalho Prof^a. Dr^a. Maria Cristina Rodrigues Halmeman e Prof. Dr. Radames Juliano Halmeman, pela confiança e apoio incondicional em todas as etapas para a realização do mesmo. Com vocês, aprendi e cresci tanto profissionalmente, quanto pessoalmente.

Obrigado também aos demais professores, pelo entusiasmo e dedicação em formar não apenas bons profissionais, como também seres humanos melhores.

RESUMO

LIMA, Vinicius de O. **Estudo da viabilidade econômica para a instalação de um biodigestor em um condomínio para avicultura de corte.** 2017, 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2017.

Atualmente o Brasil ocupa a terceira posição no *ranking* mundial de produção de aves e este setor possui grande destaque na economia do país. Atrelado à elevada produção, tem-se a geração de uma quantidade considerável de resíduos. Entretanto, quando não manejados de forma adequada, tais resíduos possuem elevado potencial poluidor, causando graves impactos ambientais à fauna e flora. Visando conciliar o viés econômico com o ambiental, o presente trabalho teve como objetivo, avaliar a viabilidade técnica e econômica para a implantação de um biodigestor anaeróbio de fluxo tubular alimentado com cama de frango para a produção de biogás em um conjunto de condomínios de frango localizado em Campo Mourão – PR. Primeiramente, estimou-se o volume de biogás e biofertilizante que poderia ser gerado ao se utilizar a biomassa residuária produzida no aviário. Em seguida, tais volumes foram convertidos em valores monetários e incluiu-se ainda as quotas de créditos de carbono, pautadas nos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo, gerando desta forma uma receita de R\$ 1.328.720,19 ao ano. Posteriormente foram levantados dados referentes aos custos atrelados à instalação, manutenção e operação de um sistema de biodigestores a serem instalados no aviário, totalizando em R\$ 3.952.726,89. Com tais valores e com o auxílio dos métodos determinísticos de investimento, Valor Presente Líquido (VPL), Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE) e Taxa Interna de Retorno (TIR), estimou-se a viabilidade financeira do projeto, em dois cenários distintos, um realista e outro pessimista, para um horizonte de dez anos. Em ambos, constatou-se que o projeto torna-se rentável. No cenário realista, a partir do quarto ano tem-se um retorno financeiro, uma vez que este apresentou um VPL de R\$ 5.420.574,91, VAUE de 736.482,28 e TIR de 29,85%. Já no cenário pessimista, o empreendimento volta a possuir receitas positivas a partir do quinto ano.

Palavras-chave: Biogás. Biofertilizante. Avicultura. Engenharia econômica.

ABSTRACT

LIMA, Vinicius de O. **Economic feasibility study for the installation of a biodigester in a condominium for poultry farms.** 2017, 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2017.

Currently, Brazil occupies the third position in the world ranking of poultry production and this sector has great prominence in the economy of the country. Linked to high production, there is a generation of a considerable amount of waste. However, when not properly managed, such wastes have high polluting potential, causing serious environmental impacts to the fauna and flora. In order to reconcile the economic and environmental bias, the present work had the objective of evaluating the technical and economical viability for the implantation of a tubular flow anaerobic biodigester fed chicken litter for the production of biogas in a set of located chicken condominiums located in Campo Mourão - PR. Firstly, it was estimated the volume of biogas and biofertilizer that could be generated when using the biomass residues produced in the aviary. These volumes were then converted into monetary amounts and the carbon credits quotas included in the Clean Development Mechanisms were also included, thus generating a revenue of R\$ 1.328.720,19 per year. Subsequently, data related to the costs to the installation, maintenance and operation of a biodigester system to be installed in the aviary were collected, totaling R\$ 3.952.726,89. With these values and with the help of the deterministic methods of investment, VPL, VAUE and TIR, the financial feasibility of the project was estimated in two distinct scenarios, one realistic and one pessimistic, for a ten year horizon. In both, it was found that the project becomes profitable. In the realistic scenario, as from the fourth year, there is a financial return, since this one presented a VPL of R\$ 5.420.574,91, VAUE of 736.482,28 and TIR of 29.85%. In the pessimistic scenario, the enterprise again has positive revenues from the fifth year.

Keywords: Biogas. Biofertilizer. Poultry farming. Economic engineering.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Resumo da emissão de gases de efeito estufa relacionados à produção de aves no mundo.....	14
Tabela 02 – Potencial de produção de biogás a partir de dejetos animais	22
Tabela 03 – Estimativa da produção de biogás por meio da digestão anaeróbia nos condomínios de frango estudados	25
Tabela 04 – Valores equivalentes entre 1 m ³ de biogás e demais combustíveis.....	26
Tabela 05 – Valores monetários obtidos com a venda do biofertilizante	27
Tabela 06 – Orçamento para a instalação do biodigestor fornecido por empresa especializada	29
Tabela 07 – Custos anuais de manutenção e operação do conjunto motor-gerador	30
Tabela 08 – Fluxo de caixa com um horizonte de dez anos para a implantação de um biodigestor em cenário realista	31
Tabela 09 – Análise de investimentos para a implantação do biodigestor no aviário estudado em cenário realista	32
Tabela 10 – Fluxo de caixa com um horizonte de dez anos para a implantação de um biodigestor em cenário pessimista	34
Tabela 11 – Análise de investimentos para a implantação do biodigestor no aviário estudado em cenário pessimista.....	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS.....	9
2.1 Objetivo geral	9
2.2 Objetivos específicos.....	9
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
3.1 Panorama do cenário energético brasileiro	10
3.2 Panorama econômico da avicultura	11
3.3 Impactos ambientais decorrentes da produção de frango.....	12
3.4 A cama de frango e suas características	14
3.5 Modelos de biodigestores, a digestão anaeróbia e seus subprodutos.....	15
3.6 Análise econômica de investimentos.....	20
4 MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1 Caracterização da área e da instalação.....	21
4.2 Pré-Dimensionamento	22
4.3 Análise Econômica	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1 Produção de biogás	25
5.2 Produção de biofertilizante	26
5.3 Aproveitamento do biogás	27
5.4 Quantificação dos Créditos de Carbono	28
5.5 Estudo de Viabilidade Econômica – Cenário Realista	29
5.6 Estudo de Viabilidade Econômica – Cenário Pessimista	33
6 CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

O crescente aumento da população no país nas últimas décadas impulsionou também a demanda por alimentos, dentre os quais, pode-se destacar o setor avícola. De acordo com dados da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (2015), o desenvolvimento da avicultura se efetivou na década de 70, período no qual empresas processadoras e especialistas no processo de produção de frango adentraram no mercado nacional, promovendo transformações tecnológicas, técnicas de produção intensiva e o desenvolvimento da genética adaptada, contribuindo desta maneira com o avanço do setor no país.

Segundo Tavares e Ribeiro (2007) em um panorama mundial, o Brasil ocupa o terceiro lugar em termos de produção de carne de frango, atrás apenas dos Estados Unidos e da China. Carlos (2012) destaca ainda a região Sul como a principal produtora nacional deste segmento.

Em virtude da expressiva produção avícola no Brasil, há também a geração de uma grande quantidade de resíduos advindos desta atividade, dentre os quais, pode-se destacar de acordo com Avila et al. (2007), as camas de frango, poeiras, odores, água de lavagem e carcaças de aves. Ainda de acordo com os autores, para realizar-se o manejo adequado destes resíduos, deve-se considerar uma série de fatores, como a disponibilidade de mão de obra e capital, ampliação do plantel de animais e alteração nos padrões e as exigências da legislação ambiental.

De acordo com Palhares (2004), uma opção para o manejo adequado dos resíduos gerados, é a utilização de biodigestores, uma vez que este possibilita a estabilização parcial dos dejetos das aves e das camas de frango, além de produzir o biogás, que pode ser utilizado como uma fonte de calor e/ou energia na propriedade. Outro subproduto oriundo da biodigestão anaeróbia é o biofertilizante, que pode ser aplicado ao solo, auxiliando no desenvolvimento de plantas, uma vez que possui uma alta quantidade de nutrientes, como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K).

Face ao exposto, este trabalho realizou um estudo da viabilidade econômica para a implantação de um biodigestor anaeróbio alimentado com cama de frango para a produção de biogás em um condomínio de frangos localizado no município de Campo Mourão, Paraná.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a viabilidade econômica para a implantação de um sistema biodigestor anaeróbio alimentado com cama de frangos para produção de biogás em um condomínio de frangos no município de Campo Mourão, Paraná.

2.2 Objetivos específicos

- Estimar o total de biogás que a ser produzido a partir da quantidade de cama de frangos da propriedade;
- Estimar a quantidade de energia elétrica a ser produzida a partir do biogás obtido na propriedade rural;
- Levantar os custos para a implantação de um biodigestor na propriedade, por meio de orçamentos;
- Calcular o tempo de retorno do investimento da implantação de um biodigestor modelo tubular considerando o aproveitamento do biogás, do biofertilizante e dos créditos de carbono.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Panorama do cenário energético brasileiro

Nas últimas décadas os processos de urbanização e industrialização cresceram progressivamente no Brasil, intensificando-se no período entre 1960 a 1980, onde um grande contingente populacional migrou das áreas rurais para os centros urbanos, no que ficou conhecido como êxodo rural. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2010), a população morando nas cidades passou de 67,7% em 1980, para 78,36% em 1996 e, por conseguinte para 84,36% em 2010. Atrelado a este desenvolvimento, a demanda energética no país também aumentou.

De acordo com Palhares (2004) desde o século passado, há uma grande dependência em escala mundial dos combustíveis e demais derivados oriundos do petróleo. Porém, deve-se salientar que após a crise do petróleo na década de 1970 e posteriormente o avanço da preocupação com a utilização dos recursos naturais, fomentadas por meio da criação de instrumentos de comando e controle e o aumento da rigidez no que tange a legislação ambiental no Brasil, houve uma busca cada vez mais crescente por matrizes energéticas que supram as necessidades, em termos de eficiência e eficácia, sem causar impactos significativos ao meio ambiente enquanto operam.

Desta maneira, a utilização da energia proveniente de recursos renováveis, ou seja, aqueles que segundo Silva (2006), são associados a um fluxo contínuo de disponibilidade (solar, eólica, hidráulica, biomassa), emergiu como uma alternativa para atender e compor o novo cenário energético brasileiro. De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (2016) a atual conjuntura da matriz elétrica no país, distribui-se da seguinte maneira: hídrica (61,3750%), fóssil (17,1952%), biomassa (8,8686%), eólica (6,0340%), nuclear (1,2754%), solar (0,0147%), e ainda outros 5,2363% provenientes da importação de países como o Paraguai, Argentina, Venezuela e Uruguai.

Ainda de acordo com dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (2016), a energia gerada no Brasil por meio da utilização de biomassa é proveniente em sua maioria da cana de açúcar, que corresponde a cerca de 6,9038% da totalidade de energia produzida no país. O aproveitamento dos resíduos animais para a geração

de biogás e seu posterior reaproveitamento representa apenas 0,0012% de capacidade instalada no painel energético nacional, apesar do grande potencial de utilização desta fonte para gerar energia, visto que a produção de carne de frango no Brasil é uma das mais expressivas no mundo.

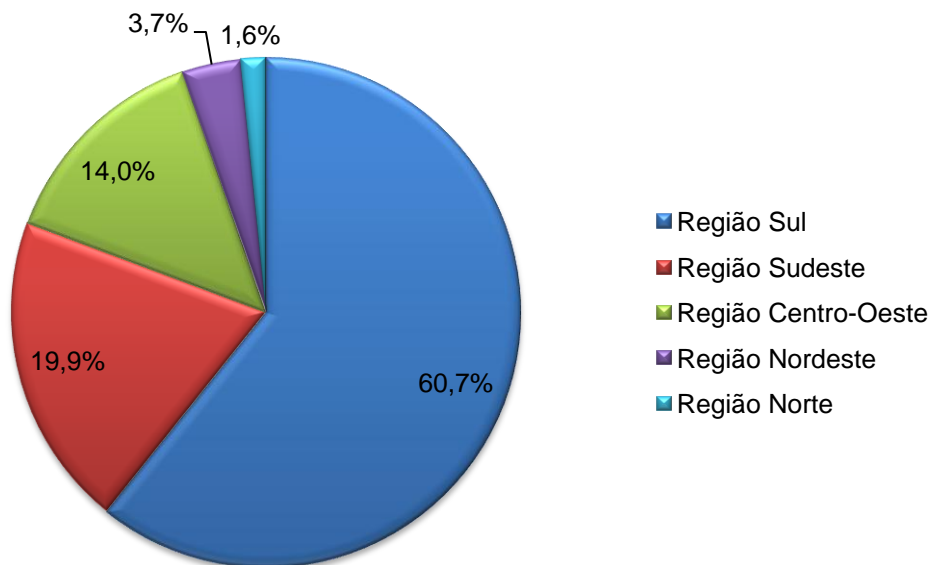
3.2 Panorama econômico da avicultura

De acordo com Costa et al. (2015) a cadeia de frangos de corte apresenta grande dinamismo desde que surgiu, e desta maneira, importantes mudanças ocorreram nas formas de produção, industrialização, comercialização e consumo. Em virtude de tais modificações, os ganhos de produtividade e a competitividade aumentaram, acarretando em uma queda progressiva dos custos de produção e consequentemente, no preço da carne de frango.

O Brasil apresenta hoje um excelente desempenho na cadeia produtiva de frango de corte, e tal fato é um reflexo de uma reestruturação industrial iniciada nos anos de 1970 e intensificada nos anos de 1990. Neste período ocorreram a adoção de novas formas de organização industrial em larga escala, mudanças tecnológicas e melhoria das técnicas de manejo, nutrição e sanidade das aves (GARCIA, 2004).

Segundo o relatório anual da Associação Brasileira de Proteína Animal (2015), pode-se destacar que os Estados Unidos foram responsáveis pela maior produção mundial de carne de frango no ano de 2014, com cerca de 17,25 milhões de toneladas, sucedido pela China com 13 milhões de toneladas e em seguida pelo Brasil, como o terceiro maior produtor global, com 12,69 milhões de toneladas. Os dados do IBGE (2016) afirmam ainda que a Região Sul é responsável pela maior quantidade de abate de frangos no país (60,7%), seguida pelas Regiões Sudeste (19,9%), Centro-Oeste (14,0%), Nordeste (3,7%) e por fim a região Norte com apenas 1,6% (Gráfico 1). O Paraná lidera ainda este *ranking*, seguido por Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Figura 1 – Produção de frangos em 2016 nas diferentes regiões do Brasil.



Fonte: IBGE, 2016.

3.3 Impactos ambientais decorrentes da produção de frango

Deve-se destacar que decorrente da grande produção de frangos no Brasil, há a geração de uma alta quantidade de resíduos, sendo a cama de aviário o principal componente deste montante. Desta maneira, deve-se realizar o manejo adequado de tais resíduos, visando mitigar e reduzir uma série de impactos ambientais decorrentes desta geração.

Estes resíduos possuem potenciais poluidores tanto para as águas superficiais quanto para as subterrâneas, podendo promover o aumento dos nutrientes minerais, das substâncias orgânicas que demandam oxigênio, os materiais em suspensão e ainda realizar a difusão de microorganismos patogênicos nos corpos hídricos. Além disso, há a emissão de gases como a amônia (NH_3), exalação de odores e liberação de pós como materiais particulados à atmosfera. A incineração das carcaças de aves mortas podem liberar ainda dióxido sulfuroso (SO_2), óxido nítrico (NO), cinzas e odores (SEIFFERT, 2000; LACEY et al., 2003; OVIEDO-RONDÓN, 2008).

Jackson et al. (2003) afirma ainda, que os dejetos de aves apresentam resquícios de metais potencialmente tóxicos, como o arsênio, o cobre e o zinco, em virtude da utilização de aditivos alimentares. Em excesso, tais elementos

apresentam toxicidade para as plantas e desta forma, afetam toda a cadeia alimentar, uma vez que apresentam características cumulativas. Além disso, tais elementos podem contaminar os corpos hídricos por meio do escoamento superficial e da lixiviação.

De acordo com Gerber et al. (2005) os maiores impactos ambientais advindos da produção de frango são:

- A eutrofização das águas superficiais, causada pela entrada de substâncias orgânicas e excesso de nutrientes no sistema por meio das águas residuais, afetando desta maneira os ecossistemas aquáticos e a qualidade da água potável;
- A lixiviação de nitratos e possíveis transferências de agentes patogênicos para as águas;
- A acumulação de nutrientes e outros elementos no solo devido à aplicação contínua e excessiva de resíduos;
- O impacto da poluição em ecossistemas sensíveis ao excesso de nutrientes, resultando desta maneira das perdas de biodiversidade.

Gerber et al. (2007) afirmam ainda que os impactos ambientais relacionados à cadeia produtiva de frangos não se restringem apenas ao local onde os aviários encontram-se instalados. Uma série de desdobramentos elevam tais impactos a uma dimensão global.

Pode-se citar como exemplo os sistemas de produção de alimentos utilizados nos aviários, que de acordo com o Gerber et al. (2007) promovem a agricultura intensiva, a intrusão em *habitats* e a exploração excessiva de recursos naturais. Além disso, há a geração e emissão de gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO₂) e o óxido nitroso (N₂O), relacionados aos processos de produção animal e no transporte de produtos processados. Além disso, estima-se que em geral, a produção intensiva de aves (direta e indiretamente) contribui com aproximadamente 3% do total de gases de efeito estufa antrópicos e é responsável por cerca de 2% das emissões de gases de efeito estufa do setor pecuário. Uma estimativa das emissões globais de gases de efeito estufa relacionadas com a produção de galináceos pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 – Resumo da emissão de gases de efeito estufa relacionados à produção de aves no mundo.

Parâmetros	Milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente
Produção de fertilizantes nitrogenados para a alimentação animal	18
Consumo de energia nas explorações agrícolas	52
Abate	18
Comércio internacional (transporte)	0,3
Emissões indiretas de fertilizantes	0,02
Total	88,32

Fonte: Gerber et al. (2007).

3.4 A cama de frango e suas características

De acordo com Hahn (2004), a cama de frango contém os excrementos e as penas das aves, além de uma porção de ração desperdiçada, bem como o material absorvente de umidade, que é utilizado sobre o piso dos aviários.

Avila et al. (1992) afirmam que em geral, os materiais utilizados como cama de frango são subprodutos industriais e/ou restos de culturas. Além disso, deve-se atentar para o fato de que a qualidade do material utilizado influenciará nas condições sanitárias do lote. Ainda de acordo com Avila et al. (1992) dentre as características desejáveis, pode-se apontar: ser composta por material picado e/ou triturado, capacidade de absorção e posterior liberação de umidade, baixa condutividade térmica, possuir capacidade de amortecido, mesmo sob alta densidade, dispor de baixo custo e por fim, apresentar fácil disponibilidade. Alguns exemplos de materiais utilizados como cama de aviário são a maravalha, serragem, sabugo de milho triturado, casca de arroz, dentre outros.

Edwards e Daniel (1992 *apud* HAHN, 2004) afirmam que a composição química e física das camas de aviário são influenciadas por uma série de fatores, dentre os quais pode-se citar o número de lotes criados sobre a mesma cama, o tipo e a quantidade de material utilizado como substrato, a idade de abate, a densidade de confinamento, o tipo de alimento dos animais, a umidade do material absorvente e ainda as condições climáticas da região. Desta maneira, a complexidade de fatores envolvidos dificulta a estimativa da quantidade de cama produzida. Angelo et al. (1997) afirma que este número gira em torno 2,12kg de cama de aviário por ave alojada. Suzuki (2012) estima um valor semelhante, 2,19kg por frango de corte.

Entretanto, Sarmiento et al. (2015) sugere uma quantidade menor de resíduo gerado, cerca de 1,37kg por animal.

Apesar da variabilidade na quantidade de resíduos gerados em virtude da heterogeneidade dos fatores envolvidos no processo, infere-se que o setor avícola no país gera um montante considerável de biomassa residuária, e como consequência, deve-se realizar a destinação adequada da mesma. Dentre as alternativas pode-se destacar a biodigestão ou digestão anaeróbia.

3.5 Modelos de biodigestores, a digestão anaeróbia e seus subprodutos.

Segundo Palhares (2004) a biodigestão pode ser entendida como o processo em que a matéria orgânica é degradada em biodigestores por bactérias anaeróbias através da fermentação, resultando então em dois sub-produtos: o biogás (gás inflamável) e o biofertilizante.

Costa (2009) afirma que os biodigestores são classificados em dois diferentes modelos de acordo com a sua alimentação: o em batelada, ou seja, aquele que não precisa ser alimentado com substrato diariamente e que é recomendado para o tratamento de resíduos que estão disponíveis em períodos específicos, como a cama de aviário, e o contínuo que demanda de alimentação diária.

Dentre tais classificações, existem atualmente disponíveis no mercado uma série de modelos distintos, onde cada um apresenta características peculiares e são adaptados a uma realidade e/ou necessidade específica.

Kunz, Higarashi e Oliveira (2005) apontam ainda que diversos modelos de biodigestores estão sendo desenvolvidos e adaptados para promover a estabilização de resíduos, visando não somente aumentar a eficiência destes, como também promover uma redução nos custos de implantação. Porém, a utilização desta tecnologia apresenta algumas limitações, principalmente no que diz respeito à compreensão do seu funcionamento. Parte dos usuários não apresenta um entendimento básico de alguns aspectos microbiológicos, acarretando desta maneira, na perda de eficiência do biodigestor, uma vez que tais aspectos possuem suma importância ao bom funcionamento do conjunto.

No Quadro 1 estão dispostos os tipos de biodigestores utilizados principalmente no meio rural.

Quadro 1 – Características de biodigestores de modelo Indiano, Chinês e Canadense.

Biodigestor Modelo Indiano	
<p>Segundo Deganutti et al. (2002) tal modelo caracteriza-se por possuir uma campânula como gasômetro, em que esta pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação ou em um selo d'água externo. Há ainda uma parede central que divide o tanque de fermentação em duas câmaras, permitindo a circulação do material por toda a câmara de fermentação. Este modelo apresenta pressão constante e reduzida perda ao longo do processo de produção de biogás. Apresenta ainda um aspecto construtivo relativamente fácil, porém com custos elevados, em virtude do gasômetro de metal.</p>	
Biodigestor Modelo Chinês	
<p>De acordo com Deganutti et al. (2002) este modelo é formado por uma câmara em alvenaria para a fermentação, com teto abobadado e impermeável. Seu funcionamento baseia-se no princípio da prensa hidráulica, onde o aumento da pressão em seu interior em virtude do acúmulo de biogás proporciona o deslocamento do efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída. Possui custos reduzidos, uma vez que dispensa o uso do gasômetro e é construído quase que totalmente em alvenaria, porém, podem ocorrer vazamentos caso não haja uma vedação e impermeabilização eficientes.</p>	

Continua

Continuação

Quadro 1 – Características de biodigestores de modelo Indiano, Chinês e Canadense.

Biodigestor Modelo Canadense	
<p>Caracteriza-se por um sistema simples e de baixa exigência operacional. Sua instalação compreende um tanque anaeróbio ou ainda uma sequência de tanques em série. Trata-se de um biodigestor do tipo batelada, ou seja, é abastecido uma única vez e os resíduos permanecem em seu interior por um período conveniente de fermentação. Após o período efetivo de produção de biogás, o material utilizado é descarregado (DEGANUTTI et al., 2002). Ricardo (2012) afirma ainda que este modelo apresenta comprimento maior que a sua largura, promovendo desta maneira uma maior área de exposição ao sol, possibilitando o aumento na produção do biogás. De acordo com o autor, há ainda a associação com tanques de equalização ou lagoas facultativas ou anaeróbias, onde ocorre o polimento do biofertilizante.</p>	

Fonte: Adaptado de Deganutti et al. (2002) e Ricardo (2012).

Uma série de fatores possui influência direta no que diz respeito ao funcionamento dos biodigestores e à eficiência na produção de biogás e dentre estes podem-se destacar o Tempo de Retenção de Micro-organismos (TRM), o Tempo de Retenção Hidráulica (TRH) e o Tempo de Retenção de Sólidos (TRS) (FUKAYAMA, 2008).

De acordo com Costa (2009) o Tempo de Retenção Hidráulica nada mais é do que o tempo de permanência necessária para que a biodigestão ocorra corretamente. Já o Tempo de Retenção de Micro-organismos e o Tempo de Retenção de Sólidos podem ser entendidos como o intervalo de tempo em que os micro-organismos e os sólidos permanecem no interior dos biodigestores. De forma geral entende-se que longos TRM e TRS influenciam diretamente na alta produtividade de gás metano (CH₄). Vale ressaltar que ao utilizar-se biodigestores

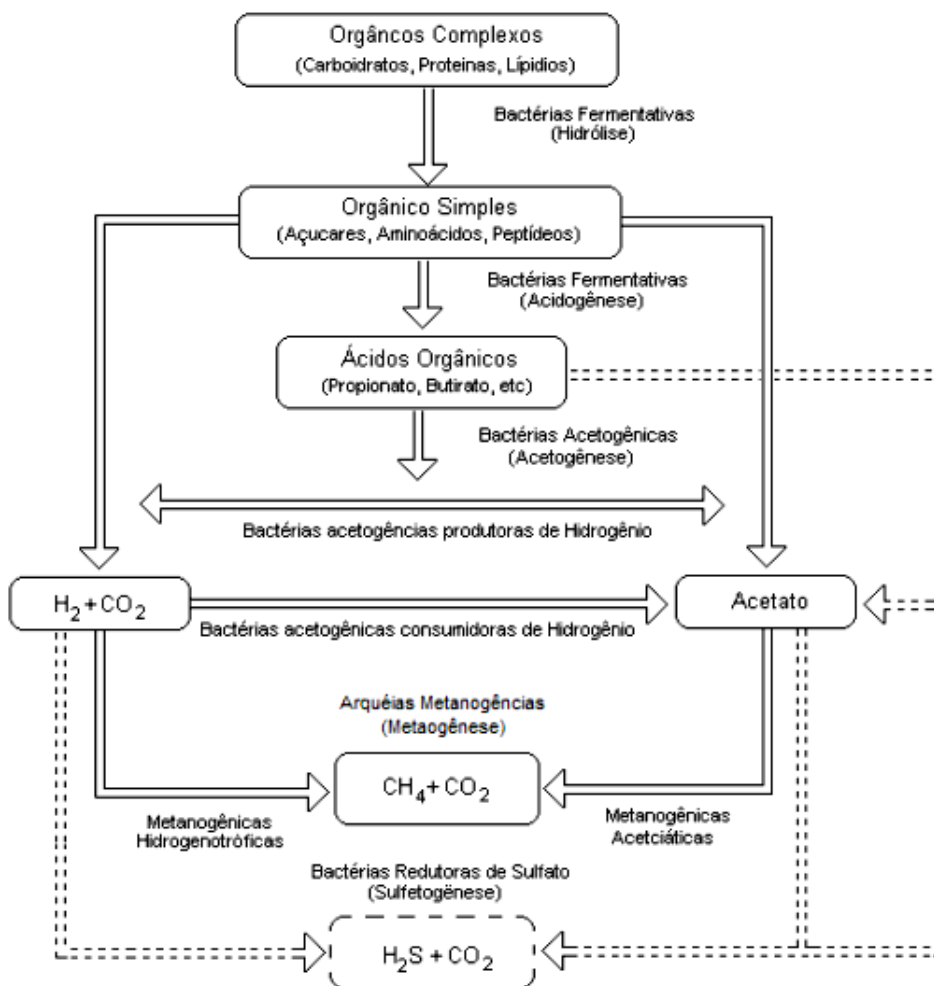
do tipo batelada, o TRH é o único parâmetro levado em consideração ao analisar-se a eficiência de geração do biogás.

Segundo Kunz et al. (2004), a biodigestão anaeróbia ocorre em quatro fases distintas: a hidrólise, a acidogênese, a acetogênese e a metanogênese. Segundo Aires (2009) durante a hidrólise ocorre a transformação de compostos insolúveis e de alto peso molecular (carboidratos, proteínas, lipídios e ácidos nucleicos) em compostos solúveis mais simplificados, como os monossacarídeos, os aminoácidos e os ácidos graxos.

Ainda de acordo com Aires (2009) durante a acidogênese ocorre a transformação dos compostos resultantes da hidrólise em ácido acético (CH_3COOH), dióxido de carbono (CO_2), hidrogênio (H_2) e demais ácidos orgânicos como o propiônico ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$) e o butírico ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$). De acordo com Nogueira (1992) esta etapa não necessariamente é realizada por bactérias anaeróbias. Porém, tal processo é considerado vantajoso para o sistema, uma vez que tal garante a isenção de oxigênio, característica essa essencial para a presença de bactérias metanogênicas. Souza (2005) aponta que na terceira fase ou acetogênese, os produtos gerados na acidogênese são então convertidos em dióxido de carbono (CO_2), hidrogênio (H_2), acetato e ácidos orgânicos de cadeia curta.

E por fim, na quarta fase ou metanogênese, o ácido acético, o hidrogênio e o dióxido de carbono são transformados em uma mistura de metano e de dióxido de carbono (AIRES, 2009). Palhares (2004) aponta que o biogás gerado por meio da biodigestão anaeróbia é constituído de uma fração contendo de 60 a 70% de metano (CH_4) e 30 a 40% de dióxido de carbono (CO_2) e ainda pode apresentar resquícios de Oxigênio (O_2), Nitrogênio (N_2), Sulfeto de Hidrogênio (H_2S), entre outros. As fases da digestão anaeróbia encontram-se na Figura 2.

Figura 2 – Modelo esquemático das etapas envolvidas na digestão anaeróbia.



Fonte: Adaptado de Chernicharo (1997) *apud* Inoue (2008).

Utilizando-se do biogás gerado nos biodigestores, pode-se convertê-lo em energia e segundo Ferrarez et al. (2011) há diversas tecnologias para realizar-se tal conversão. O processo de combustão controlada é aquele quando se há uma mistura entre ar e biogás, onde a energia química presente nas moléculas é transformada em energia mecânica e posteriormente esta energia é convertida em energia elétrica por meio de um alternador. Ferrarez (2011) et al. afirma também que a cogeração, ou seja, a produção combinada de calor e eletricidade e a trigeração, produção combinada de calor, eletricidade e frio, são importantes alternativas à utilização de energia, visto que tais processos de conversão reaproveitam também a energia térmica residual, o que contribui com o aumento do rendimento energético.

Após o processo de biodigestão anaeróbia, além do biogás, gera-se também um segundo subproduto denominado biofertilizante. Nascimento (2011) cita que os

biofertilizantes podem ser compreendidos como compostos bioativos, que são em geral resíduos finais do processo de fermentação de compostos orgânicos. Ferrarez et al. (2011) assegura ainda que os adubos orgânicos são ricos em nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Este resíduo pode ser utilizado em lavouras, uma vez que apresentam-se como uma fonte de nutrientes para as plantas (PALHARES, 2004).

3.6 Análise econômica de investimentos

Os custos imbuídos e a viabilidade econômica para a realização de projetos podem ser determinados por meio das análises econômicas de investimentos. De acordo com Marquezan e Brondani (2006) a geração de capital é um fator determinante e motivador para a realização de investimentos. Porém, para que se haja um retorno lucrativo, a criação de valor ou riqueza, tais retornos devem ser superiores aos custos dos capitais investidos, ou seja, os valores líquidos dos resultados devem ser positivos, agregando desta maneira riqueza para o investidor e para o próprio investimento.

Esta análise pode ser realizada utilizando-se uma série de indicadores, dentre os quais, pode-se destacar o *Payback*, o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR). Segundo Araújo (2010) o *Payback* é um critério que analisa o tempo necessário para se obter o dinheiro investido de volta. Porém, Marquezan e Brondani (2006) afirmam que esta análise não deve ser empregada sozinha, visto que não considera-se a desvalorização do dinheiro com o tempo.

De acordo com Silva e Fontes (2005) o Valor Presente Líquido (VPL) pode ser entendido como a soma algébrica dos valores descontados do fluxo de caixa, ou seja, é a diferença entre o valor presente das receitas menos o valor presente dos custos, e desta maneira, o projeto que apresenta o VPL maior que zero, é considerado economicamente viável. Já a Taxa Interna de Retorno (TIR), de acordo com Araújo (2010), consiste na taxa de desconto que faz com que o VPL seja zero, em outras palavras, tal taxa faz com que as entradas futuras se igualem ao capital inicial investido. Utilizando-se deste método, pode-se inferir que um determinado projeto é viável quando a taxa interna do projeto for maior que a Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área e da instalação

O presente estudo foi realizado em um conjunto de condomínios de frangos, administrados pela empresa Granja Farias, localizado no município de Campo Mourão, Paraná. O empreendimento possui um total de 42 condomínios de frangos na região, distribuídos em três localizações distintas, porém realizou-se a pesquisa em apenas um dos locais, uma vez este abriga o maior número de aves, contando com um total de 24 condomínios. O local escolhido situa-se entre a latitude 24°03'26" Sul e longitude 52°30'38" Oeste, na BR 272 à aproximadamente 10 km de Campo Mourão e abrange uma área total de aproximadamente 24,1 hectares.

De acordo com Maack (2002) ao citar a classificação climática de Köppen (1948), o município de Campo Mourão apresenta clima Cfa: clima subtropical úmido mesotérmico, apresentando desta maneira verões quentes e geadas pouco frequentes, com concentração de chuvas no verão, além de não apresentar uma estação seca definida. Segundo dados do Instituto Agronômico Paranaense (2000), Campo Mourão possui uma média de precipitação anual que varia entre 1600 a 1800 mm, umidade relativa anual entre 75% a 80% e temperatura média anual de 21°C.

Os condomínios possuem como principal função a criação de frangos, para posterior abate (vale ressaltar que este não ocorre no local) e comercialização. Cada condomínio possui dimensões de 14 x 150 metros, possuindo então uma área total de 2100 m². No ano de 2016 o aviário abrigava um total de 4.496.673 aves com peso aproximado de 3 kg. Em geral, os animais permanecem nos condomínios por um período que varia entre 35 e 41 dias para os machos e entre 47 e 50 dias para as fêmeas e a água utilizada na dessedentação dos animais é oriunda de um poço artesiano presente no local.

A cama de frango utilizada no local é composta basicamente por casca de arroz. No ano de 2015, o material era retirado em seu sexto lote, correspondendo desta maneira a um período de aproximadamente 370 dias de vida útil. Ainda em 2015, durante um período de doze meses, gerou-se em média um total de 187,04 toneladas de cama de frango por condomínio, o que corresponde a cerca de 89,06

kg/m². No ano seguinte, a média de geração de resíduos foi de cerca de 193,94 toneladas por condomínio, ou 92,36 kg/m².

Atualmente, o montante de biomassa residuária é destinado a compostagem, para posterior reaproveitamento como adubo orgânico e utilização em lavouras na agricultura.

4.2 Pré-Dimensionamento

Para estimar-se a quantidade de biogás produzido por meio da biodigestão das camas de frango, utilizou-se como referência os dados apresentados na Tabela 2, que foram descritos por Silva e Palha (2016). Vale destacar ainda, que as informações referentes à geração anual de biomassa por condomínio, foram fornecidas pela empresa onde a pesquisa foi desenvolvida.

Tabela 2 – Potencial de produção de biogás a partir de dejetos animais.

Tipo de animal	Dejetos sólidos (kg.dia ⁻¹)	m ³ de biogás.kg ⁻¹
Gado de corte	10 – 15	0,025 – 0,040
Vaca leiteira	25	0,025 – 0,049
Porcos (25-100kg)	2,25 – 4	0,062 – 0,089
Ovelhas/cabras	0,5	0,040 – 0,061
Cavalos	10	0,048
Galinhas de corte	0,10 – 0,18	0,09
Galinhas poedeiras	0,10 – 0,18	0,10

Fonte: Adaptado de Silva e Palha (2016).

Desta maneira, pode-se realizar uma multiplicação simples entre a quantidade de biomassa residuária gerada nos 24 aviários e a quantidade potencial de produção de biogás estimada para frangos de corte.

De acordo com Oliver et al. (2008), estima-se que a cada 1 m³ de biogás gerado, pode-se converter em 5,5 kWh de energia elétrica. Portanto, para inferir-se a quantidade de energia gerada por meio do biogás advindo do biodigestor, basta multiplicar-se o total de biogás produzido pelo valor unitário potencial de geração de energia (5,5).

Cabe destacar ainda, que o consumo de energia elétrica mensal, utilizado posteriormente nos cálculos para determinar a viabilidade econômica do projeto, também foram disponibilizados pela administração do condomínio.

Em relação ao biofertilizante, segundo Baldin (2013) após o processo de digestão anaeróbia e a geração do biogás, 85% do volume inicial empregado no biodigestor podem ser reaproveitados como forma de adubo orgânico.

De acordo com dados da Winrock International Brasil (2008) o biofertilizante oriundo da digestão anaeróbia apresenta teores médios de 1,5 a 2,0% de nitrogênio (N), 1,0 a 1,5% de fósforo (P_2O_5) e 0,5 a 1,0% de potássio (K_2O). Sendo assim, utilizou-se tais valores como referência para quantificar a quantidade de nutrientes (kg) sobressalentes da biodigestão e posteriormente atribuiu-se um valor monetário para tais por meio de pesquisas de mercado.

Visando uma maior viabilidade ambiental e econômica do projeto, foi calculado ainda as quotas de créditos de carbono, pautadas nos mecanismos de desenvolvimento limpo. Para tal, deve-se transformar a produção total de biogás em metano (CH_4), de acordo com a Equação 1, descrita por Santos e Nardi Junior (2013):

$$CH_4 = 30 \text{ dias} \times \text{cabeças} \times Et \times Pb \times \text{Conc. } CH_4 \times VE^{-1} \quad \text{Equação 1}$$

Onde: Et – Esterco total [$\text{kg esterco t (dia.unidade geradora)}^{-1}$], Pb – Produção de biogás ($\text{kg de biogás kg esterco}^{-1}$), Conc. CH_4 – [Concentração de metano no biogás (%), para frangos adota-se 60%], VE^{-1} – Volume específico do metano ($\text{kg}CH_4^{-1}m^{-3}CH_4^{-1}$), sendo este igual a $0,670\text{kg } CH_4^{-1}m^{-3}CH_4^{-1}$.

4.3 Análise Econômica

Foi realizado um orçamento em empresas especializadas na prestação de serviços relacionados a implantação de biodigestores.

Confrontando as receitas e economias possibilitadas pela utilização dos produtos da biodigestão anaeróbia da cama de frango gerados no condomínio (uso do biogás para geração de energia elétrica, venda ou uso do biofertilizante e de créditos de carbono) com o orçamento obtido, foi então estudada a viabilidade econômica do investimento.

Tal estudo foi permeado por ferramentas da Engenharia Econômica, utilizando os seguintes métodos determinísticos de investimento: prazo de recuperação do capital - *Payback*, valor presente líquido (VPL), valor anual uniforme

equivalente (VAUE) e taxa interna de retorno (TIR), descritos por Casarotto e Kopittke (2008). As equações estão apresentadas abaixo.

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC * t}{(1+i)^t} \quad \text{Equação 2}$$

Em que: FC é o fluxo de caixa no período t; t é o tempo em que o dinheiro será investido; n é o número de períodos t; i é o custo do capital.

$$VAUE = \sum_{t=1}^n \frac{FC * t}{(1+i)^t} \times \frac{i X (1+i)^t}{(1+i)^t - 1} \quad \text{Equação 3}$$

Em que: FC é o fluxo de caixa; i é a taxa de juros do projeto e n é o tempo de vida do projeto.

$$\text{TIR: } VPL = 0 = \text{Investimento Inicial} + \sum_{t=1}^n \frac{FC * t}{(1+TIR)^t} \quad \text{Equação 4}$$

Em que: O VPL é igual a zero; FC é o fluxo de caixa; t é o tempo de investimento.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Produção de biogás

Utilizando-se dos valores referentes à produção anual (2015) de camas de frango fornecidos pela empresa onde o presente estudo foi realizado e os dados contidos na Tabela 2, pôde-se estimar o potencial de geração de biogás. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Estimativa da produção de biogás por meio da digestão anaeróbia nos condomínios de frango estudados.

Espécie animal	Quantidade de animais	Geração de cama de frango (ton.ano ⁻¹)	Produção de biogás (m ³ .ano ⁻¹)
Frango de corte	4.496.673	4488,8136	403.993,224

De acordo com Fukayama (2008), uma das principais utilizações do biogás advindo da biodigestão anaeróbia é para o aquecimento dos pintinhos, utilizando-se de equipamentos que promovem a queima do biogás e conseqüentemente a produção de calor. A autora destaca ainda que o calor é indispensável para a sobrevivência destes animais nas duas primeiras semanas de vida. Além disso, estima-se que os gastos com energia para aquecimento (gás e lenha) apresentam uma participação de aproximadamente 2,9% nos custos de produção do quilograma de frango no sistema manual e 3,8% no sistema automático.

Kosaric e Velikonja (1995) destacam uma série de comparações que podem ser aplicadas ao utilizar-se 1 m³ de biogás. Segundo os autores, esta quantidade possui capacidade para manter uma lâmpada de 60 W funcionando por um período de cerca de sete horas. Com 1 m³ de biogás pode-se também colocar um motor de 2 HP em funcionamento por cerca de uma hora ou ainda um refrigerador de 300 L por três horas.

De acordo com Deganutti et al. (2002) pode-se ainda realizar uma relação comparativa de equivalência entre 1 m³ de biogás com demais combustíveis. Tais valores encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores equivalentes entre 1 m³ de biogás e demais combustíveis.

Biogás	1 m ³
Gasolina	0,61 litros
Querosene	0,57 litros
Óleo Diesel	0,55 litros
Gás Liquefeito	0,45 kg
Álcool combustível	0,79 litros
Lenha	1,538 kg

Fonte: Deganutti et al. (2002).

Entretanto, pode-se apontar que para a obtenção de resultados mais precisos em relação ao volume de biogás produzido, deve-se levar em consideração a necessidade de um pré-tratamento da cama de frango para a biodigestão anaeróbia.

Aires (2009) afirma que a moagem dos resíduos é uma das atividades mais indicadas, uma vez que esta reduz o tamanho das partículas, aumentando desta maneira a eficiência da ação dos micro-organismos. Além disso, em relação ao teor de umidade da cama, torna-se necessária a adição de água para a diminuição do teor de sólidos e diluição do conteúdo. Ainda de acordo com Aires (2009), caso o teor de sólidos totais seja muito elevado, o Tempo de Retenção Hidráulica será longo, dificultando desta forma a produção de biogás. Silveira (2012) afirma que o teor de água dentro do biodigestor deve variar entre 60% e 90% do peso do conteúdo total.

5.2 Produção de biofertilizante

Utilizando-se de dados propostos por Baldin (2013), pôde-se inferir que após o processo de digestão anaeróbia, 85% da biomassa empregada no biodigestor podem ser reaproveitadas na forma de biofertilizante.

Deste total, tem-se que 1,5 a 2,0% desta composição é de nitrogênio (N), 1,0 a 1,5% corresponde ao fósforo (P₂O₅) e ainda 0,5 a 1,0% de potássio (K₂O) (WINROCK INTERNATIONAL BRASIL, 2008).

Visando atribuir valor monetário para tais concentrações, realizou-se pesquisas de mercado e bibliográficas, e de acordo com Refosco (2011) tem-se que os valores comerciais para o N, P₂O₅ e K₂O são respectivamente R\$ 1,40.kg⁻¹, R\$

1,75.kg⁻¹ e R\$ 1,20.kg⁻¹. Os valores encontrados podem ser observados na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores monetários obtidos com a venda do biofertilizante.

Nutrientes	Quantidade na biomassa (kg.ano ⁻¹)	Valor monetário (R\$.ano ⁻¹)
Nitrogênio (N)	66.771,07	93.479,49
Fósforo (P ₂ O ₅)	47.693,62	83.463,83
Potássio (K ₂ O)	28.616,17	34.339,40
Total	143.080,86	211.282,72

Portanto, calculou-se que seria possível obter uma receita anual de aproximadamente R\$ 211.282,72 com a venda do biofertilizante oriundo da digestão anaeróbia.

Além da venda, pode-se ainda utilizar parte do biofertilizante na co-digestão de lotes subsequentes de cama de frango, otimizando desta maneira a produção de biogás. Tessaro (2011) realizou experimentos alimentando um biodigestor com ensaios contendo frações variáveis de cama de frango + água, cama de frango + biofertilizante e cama de frango + água + biofertilizante. Ao analisar os resultados obtidos, o autor constatou que o ensaio que apresentou maior eficiência, ou seja, uma produção maior de biogás, foi aquele contendo cama de frango + biofertilizante, superando as demais amostras em aproximadamente 5% de acordo com o Teste de Tukey.

5.3 Aproveitamento do biogás

Ao analisarem-se os dados presentes na Tabela 3, tem-se que é possível gerar aproximadamente 403.993,224 m³ de biogás ao ano por meio da biodigestão anaeróbia das camas de frango. Portanto, levando-se em consideração as constatações propostas por Oliver et al. (2008), que afirma ser possível converter 1 m³ de biogás em 5,5 kWh de energia elétrica, obteve-se um valor potencial de cerca de 2.221.962,732 kWh ao ano.

De acordo com dados fornecidos pela empresa administradora do aviário em que o estudo foi realizado, o consumo médio anual de energia elétrica em 2015 foi de aproximadamente 2.330.043 kWh. Sendo assim, pode-se inferir que ao utilizarem-se as camas de frango para a geração de biogás e posterior conversão,

pode-se suprir a demanda energética do aviário em cerca de 95,36%, tornando-o quase autossuficiente.

Segundo dados da Companhia Paranaense de Energia (2017), a tarifa de energia elétrica cobrada para propriedades rurais é de R\$ 0,44813/kWh. Ou seja, em termos monetários, caso o empreendimento adote o sistema de biodigestão, pode-se economizar aproximadamente R\$ 995.728,16 ao ano.

Ao utilizar-se tais tecnologias, possibilita-se ainda a geração descentralizada de energia. Este sistema apresenta uma série de vantagens, dentre as quais, pode-se destacar segundo Soares (2009), a minimização das emissões de gases poluentes, a redução da distância entre a central produtora e os pontos de consumo, reduzindo assim as perdas nas redes de energia e os custos com a distribuição e transmissão da mesma. Além disso, há o rompimento da dependência absoluta do produtor com a central geradora, promovendo desta forma a segurança energética do empreendimento.

5.4 Quantificação dos Créditos de Carbono

Além das vantagens elencadas anteriormente, o aproveitamento energético do biogás advindo da avicultura pode ser certificado como projeto de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL). Segundo Alves et al. (2013) há uma busca cada vez mais frequente por empresas para enquadrar-se na definição de empreendimento com responsabilidade social, onde busca-se a redução da emissão de gases de efeito estufa, conciliando a produção com a proteção ambiental do planeta.

De acordo com Frondizi (2009) a redução destas emissões são medidas em toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO_{2e}), onde cada tonelada reduzida ou removida da atmosfera, corresponde a uma unidade emitida pelo Conselho Executivo do MDL e é denominada de Redução Certificada de Emissão (RCE). Tais unidades podem ser posteriormente negociadas no mercado de carbono, gerando desta maneira uma receita para a empresa.

Portanto, de acordo com a equação descrita por Santos e Nardi Junior (2013), tem-se que é possível reduzir a emissão de aproximadamente 536.875,77 $\text{m}^3 \cdot \text{mês}^{-1}$ de gás metano (CH_4) para a atmosfera. Em outras palavras, reduz-se a emissão de 6.442.509,31 m^3 de metano ao ano.

De acordo com cotação realizada em 22 de maio de 2017 tem-se que 1 crédito de carbono equivale à € 5,19. Considerando ainda que € 1,00 corresponde a R\$ 3,64, pode-se gerar uma receita anual de aproximadamente R\$ 121.709,31.

5.5 Estudo de Viabilidade Econômica – Cenário Realista

Os investimentos necessários para a implantação de um sistema de biodigestores na área de estudo foram obtidos por meio de orçamento fornecido por empresa especializada e estão dispostos na Tabela 6.

Tabela 6 – Orçamento para a instalação do biodigestor fornecido por empresa especializada.

Descrição	Qtde.	Uni.	Preço Unitário (R\$)	Total (R\$)
Biod. Tubular (6x25) 720 m ³ (Manta PVC)	98	PC	22.877,87	2.242.031,25
Manta Geotextil	43.218	m ²	5,62	242.885,16
Lagoa Aeróbica	30.625	m ²	20,90	640.062,49
Dispositivo Gerador Descarga	49	PC	8.500,00	416.500,00
Válvula de alívio	98	un.	250,00	24.500,00
Flange 6 polegadas	392	un.	44,00	17.248,00
Flare (queimador)	98	un.	500,00	49.000,00
Instalação	294	Diária	750,00	220.500,00
Tanque Misturador	1	un.	8.500,00	8.500,00
Total				3.861.226,89

Vale ressaltar que de acordo com a empresa responsável pelo orçamento, incluem-se ainda no valor final o fornecimento do material necessário, a pré-confecção dos módulos, a instalação do produto, o ancoramento da geomembrana nas canaletas de fixação, o envio de equipe de instaladores, a remessa do equipamento de soldagem e acabamento e a garantia de 5 anos por milímetro de espessura, que possui uma vida útil de 10 a 15 anos.

Em relação ao grupo motogerador, estimou-se que um equipamento com potência nominal de 100 kW possui capacidade suficiente para funcionar com uma vazão de 60 m³.h⁻¹ de biogás (BOHN, 2013). Admitindo que a vazão de biogás produzida no estudo é de aproximadamente 46,11 m³.h⁻¹, tem-se que o custo para aquisição e instalação do equipamento, contendo ainda um painel de controle e proteção é de R\$ 91.500,00.

Os custos relacionados à demanda energética do aviário são de aproximadamente R\$ 48.434,01 anuais. Tal valor foi encontrando, realizando-se o abatimento da quantidade de energia que pode ser gerada utilizando-se o biogás produzido (R\$ 995.728,16.ano⁻¹) em relação ao gasto total anual de energia elétrica fornecido pela empresa (R\$ 1.044.162,17.ano⁻¹).

Para estimar-se os custos envolvidos na operação e manutenção do grupo gerador, utilizou-se como base o estudo realizado por Flores (2014) e os mesmos estão dispostos na Tabela 7.

Tabela 7 – Custos anuais de manutenção e operação do conjunto motor-gerador.

Componente	Intervalo (horas)	Custo anual de Operação e Manutenção (R\$)
Óleo lubrificante	Troca de óleo a cada 100 horas	3.120,00
Filtro de óleo	Troca de filtro de óleo a cada 400 horas	639,60
Sistema de combustível	Limpeza dos filtros a cada 200 horas e da válvula de gás a cada 2000 horas	780,00
Sistema de refrigeração	Troca do líquido refrigerante, da correia dentada e do esticador de correia a cada 1000 horas	842,40
Alternador	Troca da correia e do jogo de velas a cada 1000 horas e troca dos rolamentos a cada 2000 horas	998,40
Rolamento do gerador	Lubrificar a cada 1000 horas	374,40
Total		6.754,80

Fonte: Adaptado de Flores (2014).

Considerou-se que a operação do sistema e as atividades diárias requeridas para o bom funcionamento do mesmo, como a manutenção das águas residuárias, alimentação do biodigestor quando necessário, dentre outras, será realizada pelos funcionários já contratados pelo aviário, reduzindo desta maneira os custos envolvidos.

Face ao exposto, a Tabela 8 apresenta o fluxo de caixa referente a implantação do projeto.

Tabela 8 – Fluxo de caixa com um horizonte de dez anos para a implantação de um biodigestor em cenário realista.

Dados econômicos	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
(+) Reaproveitamento do Biogás	-	R\$ 995.728,16	R\$ 995.728,16	R\$ 995.728,16	R\$ 995.728,16	R\$ 995.728,16
(+) Venda do Biofertilizante	-	R\$ 211.282,72	R\$ 211.282,72	R\$ 211.282,72	R\$ 211.282,72	R\$ 211.282,72
(+) Venda de Créditos de Carbono	-	R\$ 121.709,31	R\$ 121.709,31	R\$ 121.709,31	R\$ 121.709,31	R\$ 121.709,31
Receita Operacional	-	R\$ 1.328.720,19	R\$ 1.328.720,19	R\$ 1.328.720,19	R\$ 1.328.720,19	R\$ 1.328.720,19
(-) Energia Elétrica	-	R\$ 48.434,01	R\$ 48.434,01	R\$ 48.434,01	R\$ 48.434,01	R\$ 48.434,01
(-) Operação e Manutenção	-	R\$ 6.754,80	R\$ 6.754,80	R\$ 6.754,80	R\$ 6.754,80	R\$ 6.754,80
(-) Custos	-	R\$ 55.188,81	R\$ 55.188,81	R\$ 55.188,81	R\$ 55.188,81	R\$ 55.188,81
(=) Disponibilidade no caixa	-	R\$ 1.273.531,38	R\$ 1.273.531,38	R\$ 1.273.531,38	R\$ 1.273.531,38	R\$ 1.273.531,38
(-) Motogerador	R\$ 91.500,00					
(-) Instalação Biodigestor	R\$ 3.861.226,89					
(+) Investimento Inicial	R\$ 3.952.726,89					
(=) Fluxo de Caixa	-R\$ 3.952.726,89	R\$ 1.273.531,38	R\$ 1.273.531,38	R\$ 1.273.531,38	R\$ 1.273.531,38	R\$ 1.273.531,38
(=) Saldo	-R\$ 3.952.726,89	-R\$ 2.679.195,51	-R\$ 1.405.664,13	-R\$ 132.132,75	R\$ 1.141.398,63	R\$ 2.414.930,01
Dados econômicos	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	
(+) Reaproveitamento do Biogás	R\$ 995.728,16	R\$ 995.728,16	R\$ 995.728,16	R\$ 995.728,16	R\$ 995.728,16	
(+) Venda do Biofertilizante	R\$ 211.282,72	R\$ 211.282,72	R\$ 211.282,72	R\$ 211.282,72	R\$ 211.282,72	
(+) Venda de Créditos de Carbono	R\$ 121.709,31	R\$ 121.709,31	R\$ 121.709,31	R\$ 121.709,31	R\$ 121.709,31	
Receita Operacional	R\$ 1.328.720,19	R\$ 1.328.720,19	R\$ 1.328.720,19	R\$ 1.328.720,19	R\$ 1.328.720,19	
(-) Energia Elétrica	R\$ 48.434,01	R\$ 48.434,01	R\$ 48.434,01	R\$ 48.434,01	R\$ 48.434,01	
(-) Operação e Manutenção	R\$ 6.754,80	R\$ 6.754,80	R\$ 6.754,80	R\$ 6.754,80	R\$ 6.754,80	
(-) Custos	R\$ 55.188,81	R\$ 55.188,81	R\$ 55.188,81	R\$ 55.188,81	R\$ 55.188,81	
(=) Disponibilidade no caixa	R\$ 1.273.531,38	R\$ 1.273.531,38	R\$ 1.273.531,38	R\$ 1.273.531,38	R\$ 1.273.531,38	
(-) Motogerador	R\$ 91.500,00					
(-) Instalação Biodigestor	R\$ 3.861.226,89					
(+) Investimento Inicial	R\$ 3.952.726,89					
(=) Fluxo de Caixa	R\$ 1.273.531,38	R\$ 1.273.531,38	R\$ 1.273.531,38	R\$ 1.273.531,38	R\$ 1.273.531,38	
(=) Saldo	R\$ 3.688.461,39	R\$ 4.961.992,77	R\$ 6.235.524,15	R\$ 7.509.055,53	R\$ 8.782.586,91	

Atribuiu-se um horizonte de investimento de dez anos aos cálculos dispostos no fluxo de caixa para que este coincida com a vida útil do biodigestor. Portanto, ao analisar-se a Tabela 8, pode-se inferir que a instalação do mesmo no aviário é viável, uma vez que o saldo final do investimento torna-se positivo a partir do quarto ano. Desta maneira pode-se inferir que o investimento inicial realizado se paga neste período.

Porém, a análise presente no fluxo de caixa refere-se ao *Payback*, ou seja, não é levada em consideração a desvalorização do dinheiro ao longo dos anos. Desta maneira, utilizou-se os métodos da engenharia econômica e da análise de investimentos para gerar resultados mais concisos e próximos da realidade. Considerou-se então uma taxa mínima de atratividade de 6% de acordo com Ricardo (2012) e calculou-se o Valor Presente Líquido (VPL), o Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE) e a Taxa Interna de Retorno (TIR) e os resultados obtidos estão dispostos na Tabela 9.

Tabela 9 – Análise de investimentos para a implantação do biodigestor no aviário estudado em cenário realista.

Receita Operacional	Taxa Mínima de Atratividade	VPL	VAUE	TIR
R\$ 1.328.720,19	6%	R\$ 5.420.574,91	R\$ 736.482,28	29,85%

Em relação ao VPL pode-se afirmar que o investimento é viável, uma vez que o seu valor é superior à zero. Desta maneira, infere-se que a instalação do sistema de biodigestão no aviário se pagará em quatro anos e, além disso, haverá um lucro de R\$ 5.420.574,91 ao empreendimento em um horizonte de dez anos.

O VAUE também aponta a viabilidade econômica do projeto e sugere uma receita anual de R\$ 736.482,28, totalizando R\$ 7.364.822,80 de lucro ao fim do horizonte de dez anos. Por fim, a TIR evidencia também a atratividade do investimento, uma vez que esta apresentou um valor que supera a taxa mínima de atratividade em 23,85%.

Portanto, ao analisar-se os resultados obtidos ao aplicar-se os métodos determinísticos de investimento, pôde-se inferir que há uma rentabilidade concreta ao optar-se pela instalação do biodigestor. Em suma, do ponto de vista econômico, o projeto é viável.

5.6 Estudo de Viabilidade Econômica – Cenário Pessimista

Como o horizonte do projeto é de dez anos, optou-se por realizar ainda um estudo da viabilidade econômica em um cenário pessimista. Ou seja, simulou-se adversidades financeiras, promovendo a redução de receitas e aumentando os custos imbuídos na instalação do sistema de biodigestão.

A comercialização do biofertilizante sofreu uma redução de 10% e desta forma, o retorno anual com a venda do mesmo será de R\$ 190.154,45. Além disso, reduziu-se também o retorno financeiro utilizando-se dos créditos de carbono. Para estimar tal redução, considerou-se o valor mais baixo de venda encontrado no período de 01/03/2017 a 28/05/2017. A menor cotação encontrada foi de € 4,29 por crédito de carbono e desta maneira, pôde-se incluir nas receitas um valor estimado de R\$ 100.603,64.

Em relação aos custos, atribuiu-se um aumento de 30% tanto no orçamento para a instalação do biodigestor, quanto nos valores empregados para a manutenção e operação do sistema, assim sendo, tem-se que as novas despesas são de R\$ 5.019.594,96 e R\$ 8.781,24 respectivamente.

Além disso, considerou-se a contratação de dois novos funcionários para a realização dos serviços de manutenção periódicos do sistema, onde cada um trabalhará oito horas.dia⁻¹ e cinco dias.semana⁻¹, totalizando assim 1.920 h.ano⁻¹. Para isto, os indivíduos receberão o valor mensal de um salário mínimo (R\$ 937,00), totalizando em uma despesa anual de R\$ 22.488,00.

Assim sendo, tem-se que as novas receitas anuais de acordo com tal cenário são de R\$ 1.286.486,34 e os custos são de R\$ 4.417.201,87. O fluxo de caixa detalhado do projeto encontra-se na Tabela 10.

Tabela 10 - Fluxo de caixa com um horizonte de dez anos para a implantação de um biodigestor em cenário pessimista.

Dados econômicos	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
(+) Reaproveitamento do Biogás	-	R\$ 995.728,16	R\$ 995.728,16	R\$ 995.728,16	R\$ 995.728,16	R\$ 995.728,16
(+) Venda do Biofertilizante	-	R\$ 190.154,54	R\$ 190.154,54	R\$ 190.154,54	R\$ 190.154,54	R\$ 190.154,54
(+) Venda de Créditos de Carbono	-	R\$ 100.603,64	R\$ 100.603,64	R\$ 100.603,64	R\$ 100.603,64	R\$ 100.603,64
Receita Operacional	-	R\$ 1.286.486,34	R\$ 1.286.486,34	R\$ 1.286.486,34	R\$ 1.286.486,34	R\$ 1.286.486,34
(-) Energia Elétrica	-	R\$ 48.434,01	R\$ 48.434,01	R\$ 48.434,01	R\$ 48.434,01	R\$ 48.434,01
(-) Operação e Manutenção	-	R\$ 31.269,24	R\$ 31.269,24	R\$ 31.269,24	R\$ 31.269,24	R\$ 31.269,24
(-) Custos	-	R\$ 79.703,25	R\$ 79.703,25	R\$ 79.703,25	R\$ 79.703,25	R\$ 79.703,25
(=) Disponibilidade no caixa	-	R\$ 1.206.783,09	R\$ 1.206.783,09	R\$ 1.206.783,09	R\$ 1.206.783,09	R\$ 1.206.783,09
(-) Motogerador	R\$ 91.500,00					
(-) Instalação Biodigestor	R\$ 5.019.594,96					
(+) Investimento Inicial	R\$ 5.111.094,96					
(=) Fluxo de Caixa	-R\$ 5.111.094,96	R\$ 1.206.783,09	R\$ 1.206.783,09	R\$ 1.206.783,09	R\$ 1.206.783,09	R\$ 1.206.783,09
(=) Saldo	-R\$ 5.111.094,96	-R\$ 3.904.311,87	-R\$ 2.697.528,78	-R\$ 1.490.745,69	-R\$ 283.962,60	R\$ 922.820,49
Dados econômicos	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	
(+) Reaproveitamento do Biogás	R\$ 995.728,16	R\$ 995.728,16	R\$ 995.728,16	R\$ 995.728,16	R\$ 995.728,16	
(+) Venda do Biofertilizante	R\$ 190.154,54	R\$ 190.154,54	R\$ 190.154,54	R\$ 190.154,54	R\$ 190.154,54	
(+) Venda de Créditos de Carbono	R\$ 100.603,64	R\$ 100.603,64	R\$ 100.603,64	R\$ 100.603,64	R\$ 100.603,64	
Receita Operacional	R\$ 1.286.486,34	R\$ 1.286.486,34	R\$ 1.286.486,34	R\$ 1.286.486,34	R\$ 1.286.486,34	
(-) Energia Elétrica	R\$ 48.434,01	R\$ 48.434,01	R\$ 48.434,01	R\$ 48.434,01	R\$ 48.434,01	
(-) Operação e Manutenção	R\$ 31.269,24	R\$ 31.269,24	R\$ 31.269,24	R\$ 31.269,24	R\$ 31.269,24	
(-) Custos	R\$ 79.703,25	R\$ 79.703,25	R\$ 79.703,25	R\$ 79.703,25	R\$ 79.703,25	
(=) Disponibilidade no caixa	R\$ 1.206.783,09	R\$ 1.206.783,09	R\$ 1.206.783,09	R\$ 1.206.783,09	R\$ 1.206.783,09	
(-) Motogerador	R\$ 91.500,00					
(-) Instalação Biodigestor	R\$ 4.247.349,58					
(+) Investimento Inicial	R\$ 5.111.094,96					
(=) Fluxo de Caixa	R\$ 1.206.783,09	R\$ 1.206.783,09	R\$ 1.206.783,09	R\$ 1.206.783,09	R\$ 1.206.783,09	
(=) Saldo	R\$ 2.129.603,58	R\$ 3.336.386,67	R\$ 4.543.169,76	R\$ 5.749.952,85	R\$ 6.956.735,94	

Ao analisar-se o fluxo de caixa no cenário pessimista, pode-se afirmar que o investimento continua a se mostrar viável, porém, haverá um atraso de um ano para que se pague o investimento inicial, e conseqüentemente, para que se inicie a recuperação do capital, fato este, que ocorrerá a partir de quinto ano, quando o saldo final torna-se positivo.

Para calcular-se as análises de investimento, manteve-se a taxa mínima de atratividade em 6% e os resultados estão expressos na Tabela 11.

Tabela 11 – Análise de investimentos para a implantação do biodigestor no aviário estudado em cenário pessimista.

Receita Operacional	Taxa Mínima de Atratividade	VPL	VAUE	TIR
R\$ 1.286.486,34	6%	R\$ 3.770.933,64	R\$ 512.348,84	19,70%

Assim como no cenário realista, os métodos de engenharia econômica inferem que o projeto continua sendo viável, apesar das variações aplicadas nas receitas e custos. O VPL sugere que após dez anos, o investidor terá um lucro de R\$ 3.770.933,64. Este valor representa uma queda de 30,4% em relação ao lucro calculado no cenário realista.

O VAUE implica que a cada ano haverá um acréscimo de R\$ 512.348,84 à receita do aviário. Tal valor representa uma queda exatamente igual, ou seja, de 30,4%, em relação ao cenário realista. E por fim, a TIR sugere a viabilidade do projeto, visto que esta aponta um valor superior de 13,7% sobre a taxa mínima de atratividade.

Desta maneira, deduz-se que o projeto é viável em ambas as situações, e pode-se atribuir este resultado em partes à grande quantidade de biogás gerado e posteriormente convertido em energia elétrica, resultando em uma economia elevada do projeto.

6 CONCLUSÃO

A quantidade elevada de aves nos condomínios onde o presente estudo foi realizado propiciou uma grande disponibilidade de biomassa residual. Sendo assim, pôde-se gerar um volume consideravelmente alto de biogás ($403.993,224 \text{ m}^3.\text{ano}^{-1}$) por meio da biodigestão anaeróbia e posteriormente convertê-lo em energia elétrica.

Diante deste volume, gerou-se um capital de R\$ 995.728,16 ao ano. Associando este montante à comercialização de biofertilizante e dos créditos de carbono, obteve-se uma receita anual de R\$ 1.328.720,19.

Ao confrontar tal receita com os custos imbuídos para a implantação, manutenção e operação do sistema de biodigestores no aviário, constatou-se a viabilidade do projeto. Tal fato confirmou-se após a aplicação dos métodos da engenharia econômica, que demonstraram resultados positivos ao investimento tanto no cenário realista, quanto no pessimista, apresentando tais valores de Valor Presente Líquido (R\$ 5.420.574,91 e R\$ 3.770.933,64), Valor Anual Uniforme Equivalente (R\$ 736.482,28 e R\$ 512.348,84) e Taxa Interna de Retorno (29,85% e 19,70%), respectivamente.

Portanto, cabe destacar que além de ser um projeto economicamente viável, este também apresenta benefícios no que tange a questão ambiental, uma vez que promove a reutilização de resíduos, a reciclagem de nutrientes e a redução dos impactos ambientais associados ao manejo inadequado destes.

Sugere-se ainda, que para o desenvolvimento de trabalhos futuros, realizem-se análises químicas e de sólidos de amostras de cama de frango, bem como a construção de protótipos reduzidos de biodigestores, para que se possa dimensionar com maior exatidão a produção de biogás proveniente deste resíduo. Além disso, propõem-se também a realização de estudos sobre a co-digestão com outros dejetos, uma vez que as camas de frango possuem um elevado teor de sólidos, visando desta maneira o aumento do potencial de produção de biogás.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Matriz de Energia Elétrica**. 2016. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>>. Acesso em: 17 set. 2016, 13:21:20.
- AIRES, M. A. **Biodigestão anaeróbia da cama de frangos de corte com ou sem separação das frações sólida e líquida**. 2009. Dissertação de Mestrado: UNESP, Jaboticabal – SP. Disponível em: <<http://www.fcav.unesp.br/download/pgtrabs/zoo/m/3688.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2016, 23:02:18.
- ALVES, R. S.; OLIVEIRA, L. A.; LOPES, P. L. **Crédito de carbono: o mercado de crédito de carbono no Brasil**. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. 2013. Disponível em: <<http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos13/2018412.pdf>>. Acesso em: 28 mai. 2017, 02:33:21.
- ANGELO, J. C.; GONZALES, E.; KONDO, N.; ANZAL, N. H.; CABRAL, M. M. **Material de cama: qualidade, quantidade e efeito sobre o desempenho de frangos de corte**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.26, n.1, p.121-130, 1997. Disponível em: <<http://www.sbz.org.br/revista/artigos/18.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2016, 21:44:32.
- ARAÚJO, D. F. **Análise da viabilidade econômica de novos projetos**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso: UCAM, Rio de Janeiro – RJ. Disponível em: <<http://br.monografias.com/trabalhos-pdf/analise-viabilidade-economica-novos-projetos/analise-viabilidade-economica-novos-projetos.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2016, 20:44:42.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório Anual, 2015**. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/files/RelatorioAnual_UBABEF_2015_DIGITAL.pdf>. Acesso em: 17 set. 2016, 14:02:37.
- AVILA, V. S.; MAZZUCO, H.; FIGUEIREDO, E. A. P. **Cama de aviário: materiais, reutilização, uso como alimento e fertilizante**. Circular Técnica nº16. Embrapa, Concórdia – SC. 1992. ISSN: 0102-3713. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/67877/1/CUsersPiazzonDocumentsProntosCNPISA-DOCUMENTOS-16-CAMA-DE-AVIARIO-MATERIAIS-REUTILIZACAO-USO-COMO-ALIMENTO-E-FERTILIZANTE-FL-12.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2016, 19:22:45.
- AVILA, V. S.; KUNZ, A.; BELLAYER, C.; PAIVA, D. P.; JAENISCH, F. R. F.; MAZZUCO, H.; TREVISOL, I. M.; PALHARES, J. C. P.; ABREU, P. G.; ROSA, P. S. **Boas práticas de produção de frangos de corte**. Circular Técnica nº51. Embrapa, Concórdia – SC, 2007. ISSN: 0102-3713. Disponível em:

<http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_s8t285e.pdf>. Acesso em: 09 out. 2016, 15:01:17.

BALDIN, V. **Geração de energia na avicultura de corte a partir da cama de aviário**. Dissertação de Mestrado: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco – Paraná. 2013. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/756/1/PB_PPGEE_M_Baldin,%20Vitor_2013.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2017, 22:41:27.

BOHN, C. **Viabilidade econômica da implantação de uma etapa de purificação de biogás no processo de geração de energia elétrica em um abatedouro de aves**. Trabalho de Conclusão de Curso: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira – PR. 2013. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1709/1/MD_COENP_%202013_1_05.PDF>. Acesso em: 28 mai. 2017, 04:25:24.

CARLOS, T. R. **Geração de emprego e renda a partir da atividade avícola da empresa Guaraves Alimentos na cidade de Guarabira – PB**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso: UEPB, Guarabira – PB. Disponível em: <<http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1143/1/PDF%20-%20Tamirys%20Rodrigues%20Carlos.pdf>>. Acesso em: 09 out. 2016, 14:31:55.

CASAROTTO, N. F.; KOPITTKKE, B. H. **Análise de investimentos: matemática financeira, Engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios**: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA/UFMG), 1997. 246p.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. **Taxas e tarifas**. 2017. Disponível: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2Fa9fd4c41fb35a23e03257488005939bc>>. Acesso em: 28 mai. 2017, 01:30:27.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Boletim ativos da avicultura**. Ano 1, ed. 1, 2015. Disponível em: <http://www.canaldoprodutor.com.br/sites/default/files/Ativos-Avicultura-n1_0.pdf>. Acesso em: 09 out. 2016, 13:45:22.

COSTA, L. V. C. **Biodigestão anaeróbia da cama de frango associada ou não ao biofertilizante obtido com dejetos de suínos: produção de biogás e qualidade do biofertilizante**. 2009. Dissertação de Mestrado: UNESP, Jaboticabal – SP. Disponível em: <<http://www.fcav.unesp.br/download/pgtrabs/zoo/m/3687.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2016, 08:56:12.

COSTA, L. S.; GARCIA, L. A. F.; BRENE, P. R. A. **A indústria de frango de corte no mundo e no Brasil e a participação na indústria avícola paranaense neste complexo**. Ciências Sociais em Perspectiva v.14 – nº27: p.319 – 341. 2015.

Disponível em: < <http://www.singep.org.br/4singep/resultado/209.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2017, 18:22:45.

DEGANUTTI, R.; PALHACI, M. C. J. P.; ROSSI, M.; TAVARES, R.; SANTOS, C. **Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada**. An. 4. Enc. Energ. Meio Rural, 2002. Disponível em: < http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022002000100031&script=sci_arttext&lng=pt#f1>. Acesso em: 24 mai. 2017, 14:33:12.

HAHN, L. **Processamento da cama de aviário e suas implicações nos agrossistemas**. 2004. Dissertação de Mestrado: UFSC, Florianópolis. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/86839/203551.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 21 set. 2016, 18:34:07.

EDWARDS, C. A.; DANIEL, T. C. **Effects of poultry litter application rate and rainfall intensity on quality of runoff from fescue grass plots**. Journal of Environmental Quality, v.22, p.361-365, 1993.

FERRAREZ, A. H. **Análise de viabilidade do uso de biogás como fonte energética na cadeia produtiva de frango de corte na zona da mata de Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG. 2009. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3554/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 25 mai. 2017, 13:31:55.

FERRAREZ, A. H.; OLIVEIRA FILHO, D.; LACERDA FILHO, A. F.; COSTA, J. M.; APARISI, F. R. S. **Potencial de geração de energia térmica e elétrica a partir do biogás na cadeia produtiva de frango de corte**. In: VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Vitória – ES, 2011. Disponível em: < http://www.elecs2013.ufpr.br/wp-content/uploads/anais/2011/2011_artigo_125.pdf>. Acesso em: 24 set. 2016, 17:33:57.

FLORES, M. C. **Viabilidade econômica do biogás produzido por biodigestor para produção de energia elétrica – estudo de caso em confinador suíno**. Trabalho de Conclusão de Curso: Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas – MG. 2014. Disponível em: < http://www.unifal-mg.edu.br/engenhariaquimica/system/files/imce/TCC_2014_1/MarceloFlores.pdf>. Acesso em: 28. mai. 2017, 05:05:26.

FRONDIZI, I. M. R. L. **O mecanismo de desenvolvimento limpo: guia de orientação** 2009 / [coordenação geral Isaura Maria de Rezende Lopes Frondizi]. Rio de Janeiro: Imperial Novo Milênio: FIDES, 2009. Disponível em: < http://www.mct.gov.br/upd_blob/0205/205947.pdf>. Acesso em: 28. mai. 2017, 04:01:44.

FUKUYAMA, E. H. **Características quantitativas e qualitativas da cama de frango sob diferentes reutilizações: efeitos na produção de biogás e biofertilizante**. 2008. Tese de Doutorado: UNESP, Jaboticabal – SP. Disponível em: <<http://javali.fcav.unesp.br/sgcd/Home/download/pgtrabs/zoo/d/2833.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2016, 10:15:23.

GARCIA, L. A. F. **Economias de escala na produção de frangos de corte no Brasil**. 2004. Tese de Doutorado: USP: Universidade de São Paulo – SP. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-16112004-150759/pt-br.php>>. Acesso em: 17 mai. 2017, 21:12:46.

GERBER, P.; CHILONDA, P.; FRANCESCHINI, G.; MENZI, H. **Geographical determinants and environmental implications of livestock production intensification in Asia**. *Bioresource Technology*, 96 (13): p. 263 – 276. 2005. Disponível em:<<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.523.7579&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2017, 22:01:25.

GERBER, P.; OPIO, C.; STEINFELD, H. **Poultry production and the environment – a review**. Animal Production and Health Division, Food and Agriculture Organization of the United States, 2007. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/againfo/home/events/bangkok2007/docs/part2/2_2.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2017, 17:55:02.

INOUE, K. R. A. **Produção de biogás, caracterização e aproveitamento agrícola do biofertilizante obtido na digestão da manipueira**. Dissertação de Mestrado: UFV – Universidade Federal de Viçosa – MG, 2008. Disponível em: <<http://arquivo.ufv.br/dea/ambiagro/gallery/publica%C3%A7%C3%B5es/tesekelesms.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2017, 19:33:25.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas Climáticas do Paraná**, 2000. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 09 out. 2016, 17:33:47.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 1980, 1991, 2000 e 2010, e Contagem da População 1996**. Disponível em: <<http://brasilemsintese.ibge.gov.br/populacao/distribuicao-da-populacao-por-situacao-de-domicilio.html>>. Acesso em: 16 set. 2016, 20:21:32.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores IBGE: Estatísticas da Produção Pecuária**. 2016. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Fasciculo_Indicadores_IBGE/abate-leite-couro-ovos_201602caderno.pdf>. Acesso em: 17 set. 2016, 13:45:12.

JACKSON, B. P.; BERTSCH, P. M.; CABRERA, M. L.; CAMBERATO, J. J.; SEAMAN, J. C.; WOOD, C. W. **Trace element speciation in poultry litter**. *Journal of Environmental Quality*, 2003. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/10792329_Trace_Element_Speciation_in_Poultry_Litter>. Acesso em: 17 mai. 2017, 21:45:33.

KOSARIC, N.; VELIKONJA, J. **Liquid and gaseous fuels from biotechnology: challenge and opportunities**. FEMS Microbiology Reviews, Amsterdam, v.16, n.2, p. 111-142, 1995. Disponível em: <<https://academic.oup.com/femsre/article-lookup/doi/10.1111/j.1574-6976.1995.tb00161.x>>. Acesso em: 20 mai. 2017, 14:51:31.

KUNZ, A.; PERDOMO, C. C.; OLIVEIRA, P. A. V. **Biodigestores: avanços e retrocessos**. Concórdia: EMBRAPA – CNPSA, 2004. 5 p. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/down.php?tipo=artigos&cod_artigo=9>. Acesso em: 18 mai. 2017, 18:15:20.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. V. **Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos suínos estudadas no Brasil**. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 22, n. 3, p. 651-665, 2005. Disponível em: <<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/8663/4852>>. Acesso em: 24 mai. 2017, 11:32:18.

LACEY, R. E.; REDWINE, J. S.; PARNELL, C. B. Jr. **Particulate matter and ammonia emission factors for tunnel-ventilated broiler production houses in the Southern U.S.** Transactions ASAE v.46, p.1203-1214, 2003. Disponível em: <<http://caaques.tamu.edu/Publications/Publications/PU00007.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2016, 10:39:01.

MAACK, R. **Geografia Física do Estão do Paraná**. Curitiba: Imprensa Oficial do Paraná. 2002, 438 p.

MARQUEZAN, L. H. F.; BRONDANI, G. **Análise de investimentos**. Revista Eletrônica de Contabilidade, vol. 3 n. 1 jan./jun. 2006. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/contabilidade/article/viewFile/21/3644>>. Acesso em: 08 out. 2016, 20:17:08.

NASCIMENTO, G. A. Z. **Utilização de resíduos avícolas para a produção de energia e biofertilizante na gestão de propriedades rurais**. 2011. Dissertação de Mestrado: Centro Universitário do Instituto Mauá, São Caetano do Sul – SP. Disponível em: <<http://maua.br/files/dissertacoes/utilizacao-de-residuos-avicolas-para-a-producao-de-energia-e-biofertilizante-na-gestao-de-propriedades-rurais.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2016, 00:25:09.

NOGUEIRA, L. A. H. **Biodigestão: A alternativa energética**. São Paulo, 1992. 93 p.

OLIVER, A. P. M.; SOUZA NETO, A. A.; QUADROS, D. G.; VALLADARES, R. E. **Manual de treinamento em biodigestão**. Winrock International, 2008. Disponível em: <http://www.ieham.org/html/docs/Manual_Biodigestao.pdf>. Acesso em: 10 out. 2016, 21:30:21.

OVIEDO-RONDÓN, E. O. **Tecnologias para mitigar o impacto ambiental da produção de frangos de corte**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, p.239-252, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v37nspe/a28v37nsp.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2016, 11:01:52.

PALHARES, J. C. P. **Uso da cama de frango na produção de biogás**. Concórdia, SC, 2004. ISSN 0102-3713. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/cit41.pdf>. Acesso em: 16 set. 2016, 20:34:02.

RICARDO, C. M. **Avaliação econômica de biodigestor de fluxo tubular, com sistema de recirculação, no tratamento de dejetos suínos**. 2012. 72 f. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 2012.

SANTOS, E. L. B.; NARDI JUNIOR, G. **Produção de biogás a partir de dejetos de origem animal**. Tekhne e Logos, v.4, n.2, Botucatu – SP, 2013. ISSN 2176-4808. Disponível em: <www.fatecbt.edu.br/seer/index.php/tl/article/download/216/181>. Acesso em: 11 out. 2016, 16:27:11.

SEIFFERT, N. F. **Planejamento da atividade avícola visando qualidade ambiental**. In: Proceedings do Simpósio sobre resíduos da Produção Avícola. Concórdia, SC, 2000. Disponível em: <https://docsagencia.cnptia.embrapa.br/suino/anais/anais65_seiffert.pdf>. Acesso em: 18 set. 2016, 10:22:02.

SILVA, M. L.; FONTES, A. A. **Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido (VPL), valor anual equivalente (VAE) e valor esperado da terra (VET)**. Revista Árvore, v.29, n.6, p.931-936, Viçosa, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v29n6/a12v29n6.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2016, 21:15:33.

SILVA, N. F. **Fontes de energia renováveis complementares na expansão do setor elétrico brasileiro: o caso da energia eólica**. 2006. Tese de Doutorado: UFRJ, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/nfsilva.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2016, 21:03:44.

SILVA, S. P. R.; PALHA, M. L. A. P. F. **Inventário da biomassa produtora de biogás de Pernambuco**. Recife: Gráfica & Copiadora Nacional, 2016. 125p.: il.

SILVEIRA, M. A. **Energia Renovável: Biogás e Biodiesel**. Trabalho de Conclusão de Curso: UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC. 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/100132/Mariane%20Abre%20O%20Silveira.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 28 mai. 2017, 00:35:12.

SOARES, T. L. A. **Sistemas de produção de eletricidade descentralizada baseados em energia renovável**. 2009. Dissertação de Mestrado: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto – Portugal. Disponível em: <https://web.fe.up.pt/~ee02227/index_ficheiros/Dissertacao.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2017, 02:04:25.

SOUZA, C. F. **Produção de biogás e tratamento de resíduos: Biodigestão anaeróbia**. Ação Ambiental, Viçosa, n. 34, p. 26 – 29. 2005.

SUZUKI, A. B. P. **Geração de biogás utilizando cama de aviário e manipueira**. 2012. Dissertação de Mestrado: Unioeste, Cascavel - PR. Disponível em: <http://www4.unioeste.br/portalpos/media/File/energia_agricultura/pdf/Dissertacao_Ana_B_Suzuki.pdf>. Acesso em: 22 set. 2016, 22:14:33.

TAVARES, L. P.; RIBEIRO, K. C. S. **Desenvolvimento da avicultura de corte brasileira e perspectivas frente à influenza aviária**. Organizações Rurais & Agroindustriais, v.9, n.1, p.79-88, Lavras, 2007. Disponível em: <[http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/43798/2/\(06\)%20Artigo%2007.301.pdf](http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/43798/2/(06)%20Artigo%2007.301.pdf)>. Acesso em: 09 out. 2016, 14:20:21.

TESSARO, A. A. **Potencial energético da cama de aviário produzida na região sudoeste do Paraná utilizada como substrato para a produção de biogás**. Dissertação de Mestrado: IEP – Instituto de Engenharia do Paraná, Curitiba – PR. 2011. Disponível em: <<http://sistemas.lactec.org.br/mestrado/dissertacoes/arquivos/AmarildoTessaro.pdf>>. Acesso em: 28 mai. 2017, 01:29:34.

WINROCK INTERNATIONAL BRASIL. **Manual de Treinamento em Biodigestão**. 2008. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/3948560-Manual-de-treinamento-em-biodigestao.html>>. Acesso em: 25 mai. 2017, 23:21:56.