

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

RAPHAEL FERREIRA DUARTE

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM  
BIODIGESTOR PARA GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE  
RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Medianeira

2017

RAPHAEL FERREIRA DUARTE

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM  
BIODIGESTOR PARA GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE  
RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS**

Projeto de Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação, em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial à disciplina de TCC2.

Orientador: Prof. Dr. Lotario Fank

Medianeira

2017



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO  
PARANÁ  
CAMPUS MEDIANEIRA

Diretoria de Graduação  
Coordenação de Engenharia de Produção  
Curso de Graduação em Engenharia de Produção



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

# VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM BIODIGESTOR PARA GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS

Por

RAPHAEL FERREIRA DUARTE

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 16h40 do dia 22 de junho de 2017 como requisito parcial para aprovação na disciplina de TCC2, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Lotario Fank  
Prof. Orientador

---

Prof. Me. Renato Santos Flauzino  
Membro titular

---

Prof. Me. Edward Seabra Júnior  
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

A Deus, a minha família e aos meus amigos...  
que sempre estiveram comigo.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer em primeiro lugar a Deus, pelo dom da vida.

Em seguida, à minha família com ênfase à minha mãe que sempre batalhou para me dar todas as oportunidades. E também à minha falecida irmã, que sempre me motivou e me apoiou.

Aos meus amigos verdadeiros, que sempre estiveram comigo em todas as situações.

À minha namorada, que me apoiou em todos os momentos mais difíceis.

Ao meu orientador e demais professores, não só pelo conhecimento técnico, mas também por compartilhar experiências vividas e ensinamentos de vida.

"O grande segredo de uma  
boa vida é encontrar qual é o seu destino.  
E realizá-lo."

Henry Ford

## RESUMO

DUARTE, Raphael Ferreira. **Viabilidade Econômica da Implantação de um Biodigestor para Geração de Energia a partir de Resíduos Sólidos Orgânicos** 2017. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Com o crescente desenvolvimento dos países, a geração de resíduos sólidos e demanda por energia aumentaram consideravelmente. Na perspectiva de esgotamento dos combustíveis fósseis, viu-se a necessidade de maior utilização de fontes de energias renováveis alternativas. A biomassa teve grande destaque nos últimos anos, principalmente por reaproveitar a matéria orgânica disponível. O processo biológico é realizado através de biodigestores, que tem como principais subprodutos o biogás, para geração de energia e o biofertilizante, para adubagem. O principal objetivo desse estudo é analisar a viabilidade econômica da implantação de um biodigestor em uma indústria de cerâmica, localizada em uma cidade do oeste do Paraná para geração de energia a partir resíduos sólidos orgânicos. Para isso foi projetado um fluxo de caixa oriundo dos orçamentos dos custos operacionais e das receitas geradas e foram utilizadas ferramentas da Engenharia Econômica, tais como VPL, TIR e *Payback*. O projeto não se mostrou viável economicamente para o período de cinco anos, com uma TIR de 10,52% e um VPL de -R\$ 33.083,23, para uma taxa mínima de atratividade de 15%. O tempo de retorno do investimento é de seis anos, acima do projetado pelo proprietário.

**Palavras-chave:** biomassa, biogás, fluxo de caixa

## ABSTRACT

DUARTE, Raphael Ferreira. **Economic Viability of the Implantation of a Biodigester for Power Generation from Organic Solid Waste**. 2017. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Solid waste generation and energy demand increased considerably with the rapid development of countries. In the perspective of the depletion of fossil fuels came the need to increase the use of alternative renewable energy sources. Biomass was highlighted in the last years due to the reuse of available organic matter. The biological process is performed through biodigesters which have main byproducts such as biogas for power generation and biofertilizer for fertilization. The aim of this study is to analyze the economic viability of implementation of a biodigester for power generation from organic solid waste in a ceramic industry located in west of Paraná. To carry out this study a cash flow was projected from operational costs and generated revenues. Economic Engineering tools such as NPV, IRR and Payback were used. The project is not profitable for a period of five years, with IRR of 10,52% and NPV of -R\$ 33.083,23, comparing with a minimum attractiveness rate of 15%. The payback of the investment is six years, over than the period considered by the owner.

**Key-words:** biomass, biogas, cash flow

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Oferta Interna de Energia .....	28
Figura 2 – Esquema das etapas bioquímicas presentes nos processos de biodigestão .....	33
Figura 3 – Vista frontal, em corte, do biodigestor modelo Indiano.....	36
Figura 4 – Vista tridimensional do biodigestor modelo Indiano .....	36
Figura 5 – Vista frontal, em corte, do biodigestor modelo Chinês .....	37
Figura 6 – Vista tridimensional do biodigestor modelo Chinês .....	38
Figura 7 – Fluxograma das etapas da pesquisa.....	45
Figura 8 - Vista externa das granjas.....	46
Figura 9 - Vista interna de uma das granjas.....	46
Figura 10 - Biodigestor instalado.....	47
Figura 11 - Lagoa anaeróbia.....	47
Figura 12 - Seção transversal do biodigestor.....	48
Figura 13 - Motor-gerador.....	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição Gravimétrica Média dos RSU no Brasil .....	20
Tabela 2 – Quantidade diária de resíduos sólidos domiciliares e/ou públicos encaminhados para diferentes formas de destinação final, para os anos de 2000 e 2008 .....	22
Tabela 3 – Produção de Energia Primária .....	25
Tabela 4- Composição Setorial do Consumo Final de Biomassa.....	29
Tabela 5 – Composição média do biogás proveniente de diferentes resíduos orgânicos.....	31
Tabela 6 – Equivalência energética de 1m <sup>3</sup> de biogás.....	32
Tabela 7 - Produção de resíduos e as principais características físico-químicas para algumas espécies pecuárias.....	50
Tabela 8 - Produção de biogás a partir de resíduos pecuários.....	51
Tabela 9 - Receita gerada com a venda de biofertilizante.....	52
Tabela 10 - Custos de manutenção e operação.....	53

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparativo Fontes Fósseis x Fontes Renováveis.....	27
Quadro 2 – Simulação do fluxo de caixa de 2017.....	55
Quadro 3 - Simulação do fluxo de caixa de 2018.....	55
Quadro 4 - Simulação do fluxo de caixa de 2019.....	55
Quadro 5 - Simulação do fluxo de caixa de 2020.....	56
Quadro 6 - Simulação do fluxo de caixa de 2021.....	56
Quadro 7 – Resultados encontrados do estudo de viabilidade econômica.....	57

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresa de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
C/N	Relação Carbono/Nitrogênio
GEE	Gases de Efeito Estufa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	Instituto de Economia Agrícola
K	Potássio
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MME	Ministério de Minas e Energia
N	Nitrogênio
NBR	Norma Brasileira
OPAS	Organização Pan-Americana de Saúde
P	Fósforo
RSO	Resíduos Sólidos Orgânicos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SEAB	Secretaria de Agricultura e Abastecimento
ST	Sólidos Totais
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
VPL	Valor Presente Líquido

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>18</b>
3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS.....	18
3.1.1 Classificação dos resíduos sólidos.....	18
3.1.2 Origem dos resíduos sólidos.....	19
3.1.3 Caracterização dos resíduos sólidos no Brasil.....	20
3.1.4 Impacto ambiental.....	21
3.1.5 Gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos.....	22
3.1.6 Resíduos sólidos orgânicos.....	24
3.2 MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA.....	24
3.2.1 Biomassa.....	26
3.3 BIOGÁS.....	29
3.3.1 Características do biogás.....	31
3.3.2 Digestão anaeróbia.....	32
3.4 BIODIGESTORES.....	35
3.4.1 Biodigestor modelo Indiano.....	35
3.4.2 Biodigestor modelo Chinês.....	37
3.4.3 Biodigestor modelo Tubular.....	38
3.4.4 Biofertilizante.....	39
3.5 VIABILIDADE ECONÔMICA.....	39
3.5.1 Investimento.....	39
3.5.2 Fluxo de caixa.....	40
3.5.3 Valor Presente Líquido.....	40
3.5.4 Taxa Interna de Retorno.....	41
3.5.5 Tempo de retorno.....	42
3.5.6 Taxa Mínima de Atratividade.....	43
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>44</b>
4.1 ETAPAS DA PESQUISA.....	44
4.2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE.....	45
4.3 GRANJA DE SUÍNOS.....	45
4.4 O BIODIGESTOR.....	47
4.4.1 O conjunto motor-gerador.....	48
<b>5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>49</b>
5.1 GERAÇÃO DE RESÍDUOS.....	49
5.2 CAPACIDADE DE GERAÇÃO DE BIOGÁS.....	50
5.3 CONVERSÃO DO BIOGÁS EM ENERGIA ELÉTRICA.....	51
5.4 BIOFERTILIZANTE.....	52
5.5 CUSTOS.....	52
5.5.1 Manutenção e operação.....	52
5.5.2 Tributos.....	53
5.6 ANÁLISE ECONÔMICA.....	54

5.6.1 Financiamento.....	54
5.6.2 Fluxo de caixa.....	54
5.7 RESULTADOS.....	56
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>58</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>59</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos está diretamente relacionada com a população, seu padrão de vida e hábitos de consumo. O crescimento populacional e das atividades industriais trazem como consequência uma demanda cada vez maior de energia e um aumento na geração de resíduos sólidos, acarretando alguns problemas relativos às questões ambientais e custos de energia.

A grande utilização dos recursos naturais para suprir a necessidade humana é o principal fator de desequilíbrio do meio ambiente. Todavia, a economia mundial passa por uma reestruturação em busca de uma sociedade com desenvolvimento mais sustentável.

A energia sempre atuou como fator principal para o desenvolvimento da civilização. A predominância dos combustíveis fósseis aumentou o crescimento econômico mundial, porém com a perspectiva de esgotamento dessas fontes, viu-se a necessidade de utilizar fontes alternativas de energia. A ideia de se utilizar a biomassa para produzir energia voltou forte no início do século XXI, aliada ao problema de destinação dos resíduos orgânicos e a perspectiva de renda com o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), proposto pelo protocolo de Kyoto.

Aumentar a diversificação da matriz energética de um país e reduzir sua dependência de combustíveis fósseis é uma medida importante para a garantia de suprimento de energia (COELHO, 2005). Uma das vantagens da utilização do biogás para a geração de energia elétrica é a proximidade da fonte geradora com os consumidores, evitando assim investimentos em linhas de transmissão de energia elétrica.

O Brasil possui uma configuração privilegiada de matriz energética em termos de sustentabilidade, uma vez que aproximadamente 42% do consumo é atendido por fontes renováveis (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2016). Grande parte das fontes renováveis é proveniente da biomassa.

O tratamento desses resíduos pode ser realizado por biodigestores, por intermédio da fermentação anaeróbia, que, além de ter a vantagem de despoluir o ambiente, permite valorizar um produto energético, o biogás, e ainda obter biofertilizante, cuja venda ou utilização pode contribuir para uma rápida amortização

dos custos da implantação do projeto.

O biogás constitui-se em uma fonte de energia limpa obtida a partir da decomposição da fração orgânica da biomassa pela ação de bactérias em ambiente anaeróbio (ANDREOLI et al., 2003).

A suinocultura tem sido cada vez mais explorada, pois os dejetos que antigamente eram vistos como poluidores, agora vêm sendo utilizados como fonte de energia limpa. A empresa escolhida está localizada no oeste do Paraná, região com maior produção e criação de suínos do Brasil, tendo, portanto, grande potencial para geração de biogás.

O presente estudo tem como objetivo fazer uma análise de viabilidade da instalação de um biodigestor para geração de energia a partir de resíduos sólidos orgânicos.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar a análise de viabilidade econômica da implantação de um biodigestor para tratamento de RSO.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Desenvolver um estudo de custos do processo de tratamento dos RSO;
- b) Desenvolver um estudo das receitas geradas a partir dos produtos oriundos (biogás, biofertilizante e crédito de carbono)
- c) Avaliar a rentabilidade do projeto

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, é apresentado um referencial teórico abordando os assuntos sobre o tema proposto, com o objetivo de se obter uma melhor compreensão sobre os resíduos sólidos orgânicos e os problemas atuais de disposição; os biodigestores, seu funcionamento e tipos; e a análise de investimentos, a fim de definir a melhor solução para implantação de um biodigestor.

#### 3.1. RESÍDUOS SÓLIDOS

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004), o termo “resíduos sólidos” é definido como os “restos das atividades humanas de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis, podendo-se apresentar no estado sólido, semi-sólido ou líquido, desde que não seja passível de tratamento convencional”.

Resíduos sólidos são materiais heterogêneos, considerados inertes, minerais e orgânicos, constituindo problemas sanitário, econômico e estético. São resultados de atividades humanas e naturais, podendo ser utilizados gerando proteção à saúde pública e economia dos materiais (LIMA, 2001, p.32)

##### 3.1.1. CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Para os efeitos da NBR 10004:2004 (ABNT, 2004), os resíduos são classificados em:

- a) Resíduos classe I – Perigosos: aqueles que em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade,

apresentam riscos à saúde pública ou provocam efeitos adversos ao meio ambiente

- b) Resíduos classe II – Não perigosos;
- c) Resíduos classe II A – Não inertes: aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I – Perigosos ou de resíduos classe II B – Inertes. Podem ter propriedades como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
- d) Resíduos classe II B – Inertes: quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 2007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com a água destilada ou desionizada à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

### 3.1.2. ORIGEM DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Segundo Lima (2001), os resíduos sólidos podem ser divididos, de acordo com sua origem em:

- a) Domiciliar: originado das residências, constituído por restos de alimentos (como cascas de frutas, verduras, etc.), produtos deteriorados, jornais, garrafas, embalagens, papel higiênico, fraldas descartáveis e diversos outros produtos, podendo conter resíduos tóxicos.
- b) Comercial: proveniente dos estabelecimentos comerciais e de serviços, por exemplo, supermercados, bancos, lojas, bares, restaurantes, etc.
- c) Serviços públicos: vindo dos serviços de limpeza urbana, incluindo todos os resíduos de varrição das vias públicas, limpeza de praias, restos de podas de plantas, limpeza de feiras, entre outros.
- d) Hospitalar: resíduos de descarte dos hospitais, farmácias e clínicas veterinárias. Devido a suas características, merecem um cuidado com sua manipulação e disposição final.

- e) Portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários: neste grupo caracterizam-se os resíduos sépticos. Originam-se de material de higiene pessoal e restos de alimentos, que podem hospedar doenças provenientes de outras cidades, estados e países.
- f) Industrial: proveniente das atividades industriais. É um tipo de lixo bastante variado, podendo conter cinzas, lodos, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, plásticos, papel, madeira, borracha, metal, vidros, cerâmica. Abrange grande quantidade de lixo tóxico.
- g) Radioativo: resíduos de origem da atividade nuclear, os quais devem ser manuseados apenas com equipamentos adequados.
- h) Agrícolas: resíduos originados das atividades agrícolas e pecuárias, como por exemplo, restos de colheita, ração, embalagens de adubos, etc. O lixo proveniente de pesticidas é considerado tóxico e é preciso de tratamento especial.
- i) Entulho: resíduos da construção civil. É geralmente um material inerte, com chances de reaproveitamento.

### 3.1.3. CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL

No Brasil a geração de RSU é de mais de 55 milhões de toneladas por ano (ABRELPE, 2011) e a composição desses resíduos está indicada na Tabela 1.

**Tabela 1 – Composição Gravimétrica Média dos RSU no Brasil**  
**Fonte: ABRELPE, 2011**

<b>Material</b>	<b>Participação (%)</b>	<b>Quantidade (t/ano)</b>
Metais	2,9	1.610.499
Papel, Papelão e TetraPak	13,1	7.275.012
Plástico	13,5	7.497.149
Vidro	2,4	1.332.827
Matéria orgânica	51,4	28.544.702
Outros	16,7	9.274.251
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>55.534.440</b>

### 3.1.4. IMPACTO AMBIENTAL

A poluição ambiental surgiu com a atividade industrial do homem. O crescimento industrial dos países em desenvolvimento tem aumentado a quantidade de resíduos sólidos urbanos e resíduos perigosos dispostos inadequadamente (LORA E TEIXEIRA, 2001).

E a tendência é cada vez mais aumentar a população mundial. Segundo pesquisa do Fundo de População das Nações Unidas (2011), nos últimos 50 anos, o número de habitantes mais que duplicou, passando de 2 bilhões e 500 mil em 1950 e atingindo 7 bilhões em 2011. A população mundial chegará a 8 bilhões e 900 mil até 2050.

De acordo com Khalid et al. (2011), os países em desenvolvimento geram, em média, 0,77 kg de resíduos sólidos por dia por pessoa e no mundo são produzidos 2 bilhões de toneladas de RSU diariamente, valor que irá aumentar para 3 bilhões de toneladas em 2025.

A questão dos resíduos sólidos tem origem nos padrões de produção e consumo. Como reflexo, os bens e produtos são passíveis de um consumo exagerado, programados com vida útil reduzida (COOPER, 2004).

Para Hinrichs e Kleinbach (2003), o uso dos recursos energéticos é um dos principais fatores a afetar o meio ambiente. O aumento da utilização de combustíveis fósseis causou aumento em torno de 30% da concentração do dióxido de carbono atmosférico.

O gás metano, encontrado no biogás, resultado do processo de decomposição dos resíduos orgânicos, também é fonte importante do aumento da temperatura média global. De acordo com Leite e Monteiro (2005), o gás metano tem potencial para o aumento do efeito estufa da ordem de vinte e uma vezes o potencial do dióxido de carbono.

Segundo Colombo (1992), o desenvolvimento do terceiro mundo e a proteção do meio ambiente são os dois maiores problemas globais que devem ser enfrentados pela humanidade nas próximas décadas. Eles estão inteiramente interligados.

### 3.1.5. GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

De acordo com a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS, 2005), gestão de resíduos sólidos é o conjunto articulado e inter-relacionado de ações nominativas, operativas, financeiras, de planejamento, administrativas, sociais, educativas, de monitoramento, supervisão e avaliação para o gerenciamento de resíduos, desde sua geração até sua disposição final, com o objetivo de obter benefícios ambientais, melhoria da economia e aceitação social, atendendo às necessidades e circunstâncias de cada região.

Segundo Günther (2006), no Brasil, o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos foi evoluindo a partir da década de 1970. Na década de 1980, este tema era considerado um problema nos grandes centros urbanos, devido à sua má disposição. Ainda de acordo com a autora, na década de 1990, o poder público estabeleceu parcerias com organizações de catadores, a fim de recuperar os resíduos para reciclagem e à pressão exercida no sentido de inserção social aos grupos informais que já praticavam a coleta seletiva.

De acordo com dados do IBGE (2010), a partir do início do século XXI, houve um esforço maior para que os resíduos fossem encaminhados para aterros sanitários, adequadamente projetados e com licença ambiental. A Tabela 2 demonstra a seguir:

**Tabela 2 – Quantidade diária de resíduos sólidos domiciliares e/ou públicos encaminhados para diferentes formas de destinação final, para os anos de 2000 e 2008.**

**Fonte: IBGE (2002), IBGE (2010)**

Destino final	2000		2008	
	Quantidade (t/d)	%	Quantidade (t/d)	%
Aterro sanitário	49.614,50	35,4	110.044,40	58,3
Aterro controlado	33.854,30	24,2	36.673,20	19,4
Vazadouros a céu aberto (lixão)	45.484,70	32,5	37.360,20	19,8
Unidade de compostagem	6.364,50	4,5	1.519,50	0,8
Unidade de triagem para reciclagem	2.158	1,5	2.592	1,4
Unidade de incineração	483,1	0,3	64,8	<0,1
Vazadouro em áreas alagáveis	228,1	0,2	35	<0,1
Locais não fixos	877,3	0,6	SI	
Outra unidade	1.015,10	0,7	525,2	0,3
<b>Total</b>	<b>140.080,70</b>		<b>188.814,90</b>	

### 3.1.5.1. PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS

O Ministério do Meio Ambiente (2011, p.3) define o plano de gerenciamento de resíduos da seguinte forma:

É um documento que apresenta a situação atual do sistema de limpeza urbana, com a pré-seleção das alternativas mais viáveis, com o estabelecimento de ações integradas e diretrizes sob os aspectos ambientais, econômicos, financeiros, administrativos, técnicos, sociais, e legais para todas as fases de gestão dos resíduos sólidos, desde sua geração até a destinação final.

Considerando esta definição, o plano de gerenciamento deve conter um diagnóstico da situação atual que apresente os aspectos institucionais, legais, administrativos, financeiros, sociais, educacionais e operacionais.

Também deve conter informações relativas ao município com a coleta de dados. São elementos indispensáveis na composição de um modelo de gestão, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2011):

- a) Características quantitativas e qualitativas dos resíduos;
- b) Princípio da descarga zero;
- c) Identificação e análise das disposições legais existentes, incluindo contratos de execução de serviços por terceiros;
- d) Identificação e descrição da estrutura administrativa (organização, alocação de recursos humanos);
- e) Identificação, levantamento e caracterização da estrutura operacional dos serviços prestados
- f) Identificação dos aspectos sociais (catadores, coleta informal, existência de cooperativas);
- g) Identificação, levantamento e caracterização da estrutura financeira do serviço de limpeza (remuneração e custeio; investimentos; controle de custos);
- h) Identificação e caracterização de ações ou programas de Educação Ambiental

### 3.1.6 RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS

Os resíduos sólidos orgânicos gerados na criação de animais são os mais utilizados nos processos de digestão anaeróbia, por sua elevada biodegradabilidade. Os resíduos provenientes de aviários, pocilgas e estábulos, geralmente, possuem características semelhantes por serem concentrados e ricos em matéria orgânica (SANTOS, 2000).

O autor ainda afirma que a mesma atividade pecuária pode apresentar diferentes concentrações e biodegradabilidade nos resíduos, de acordo com a decomposição das dietas alimentares, sistema de cultivo e limpeza das instalações. O chorume de suínos pode apresentar uma biodegradabilidade 3 a 4 vezes maior do que o chorume de bovinos.

## 3.2. MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

Segundo o Ministério de Minas e Energia (MME, 2016), o Brasil é um país que apresenta uma configuração privilegiada da matriz energética em termos de sustentabilidade, uma vez que aproximadamente 42% do consumo energético é atendido por fontes renováveis, conforme a Tabela 3 demonstra:

**Tabela 3 – Produção de Energia Primária**  
**Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2016**

FONTES	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	96 SOURCES
<b>NÃO RENOVÁVEL</b>	<b>53,2</b>	<b>51,9</b>	<b>52,1</b>	<b>53,8</b>	<b>53,0</b>	<b>54,8</b>	<b>54,7</b>	<b>54,2</b>	<b>56,5</b>	<b>58,1</b>	<b>NON-RENEWABLE ENERGY</b>
PETRÓLEO	42,1	40,6	39,7	42,0	42,1	42,5	41,7	40,6	42,8	44,0	PETROLEUM
GÁS NATURAL	8,3	8,1	9,0	8,7	9,0	9,3	10,0	10,8	11,6	12,2	NATURAL GAS
CARVÃO VAPOR	1,0	1,0	1,1	0,8	0,8	0,8	1,0	1,3	1,1	1,1	STEAM COAL
CARVÃO METALÚRGICO	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	METALLURGICAL COAL
URÂNIO (U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	1,1	1,6	1,7	1,7	0,7	1,6	1,5	0,9	0,2	0,2	URANIUM - U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
OUTRAS NÃO RENOVÁVEIS	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	OTHER NON-RENEWABLE
<b>RENOVÁVEL</b>	<b>46,8</b>	<b>48,1</b>	<b>47,9</b>	<b>46,2</b>	<b>47,0</b>	<b>45,2</b>	<b>45,3</b>	<b>45,8</b>	<b>43,5</b>	<b>41,9</b>	<b>RENEWABLE ENERGY</b>
ENERGIA HIDRÁULICA	14,2	14,4	13,4	14,0	13,7	14,4	13,9	13,0	11,8	10,8	HYDRAULIC
LENHA	13,5	12,8	12,4	10,2	10,3	10,1	10,0	9,5	9,1	8,6	FIREWOOD
PRODUTOS DA CANA-DE-AÇÚCAR	16,6	18,1	19,0	18,6	19,3	16,9	17,6	19,1	18,1	17,6	SUGAR CANE PRODUCTS
OUTRAS RENOVÁVEIS	2,6	2,9	3,1	3,4	3,7	3,8	3,8	4,1	4,5	5,0	OTHER RENEWABLE
<b>TOTAL</b>	<b>100,0</b>	<b>TOTAL</b>									

Verifica-se que há uma grande concentração de energia renovável proveniente de duas fontes: biomassa (bagaço de cana de açúcar e lenha) e hidroeletricidade. Isso demonstra uma pequena diversificação de fontes energéticas renováveis no Brasil.

As transformações ocorridas no setor energético brasileiro têm incentivado o crescimento das fontes renováveis.

Em 2015, as fontes renováveis no Brasil totalizaram participação de 41,9% na matriz energética, indicador quase três vezes maior que o indicador mundial, de apenas 13,8% (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2016). Dados da mesma fonte apontam que o país também se destaca na matriz de geração elétrica com 74% de renováveis, enquanto o mundo detém 23,8%.

### 3.2.1. BIOMASSA

Conforme Souza et al., (2004) biomassa é descrita como a massa total de matéria orgânica que se acumula em um espaço vital. Assim, são consideradas biomassas todas as plantas e todos os animais, inclusive seus resíduos, as matérias orgânicas transformadas, provenientes de indústrias alimentícias e indústrias transformadoras de madeira.

A biomassa é uma fonte renovável de produção de energia suficiente para desempenhar um papel importante no desenvolvimento de energias renováveis e na criação de uma sociedade mais consciente ecologicamente (ROSILLO-CALLE, 2005).

De acordo com Couto et al (2004), para o aproveitamento da biomassa para fins energéticos devem ser considerados: o seu aproveitamento racional aliado as estratégias de proteção dos recursos naturais, as potencialidades para promover a substituição de energias não-renováveis, a valorização energética e a viabilidade econômica.

Para Goldemberg (2006), as barreiras existentes para maior utilização das energias renováveis são principalmente de ordem econômica, pois as tecnologias utilizadas são novas, ainda em desenvolvimento, portanto, apresentam um alto custo de implantação. O autor acrescenta que para se alcançar ganhos de escala, é necessário suporte governamental e investimentos em tecnologia.

Aumentar a diversificação da matriz energética de um país e reduzir sua dependência de combustíveis fósseis é uma medida importante para a garantia de suprimento de energia (COELHO, 2005).

As fontes de carbono dominam a matriz energética mundial, porém o preço internacional do petróleo em constante instabilidade despertou a necessidade de geração de fontes alternativas de energia. Com cenário de aumento do consumo das reservas fósseis em escala exponencial, levou à produção comercial de biocombustíveis no mundo (LEITE e LEAL, 2007).

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2006), as fontes renováveis possuem baixa emissão de gases estufa, diferente das fontes não renováveis. No entanto, têm como desvantagem serem menos competitivas.

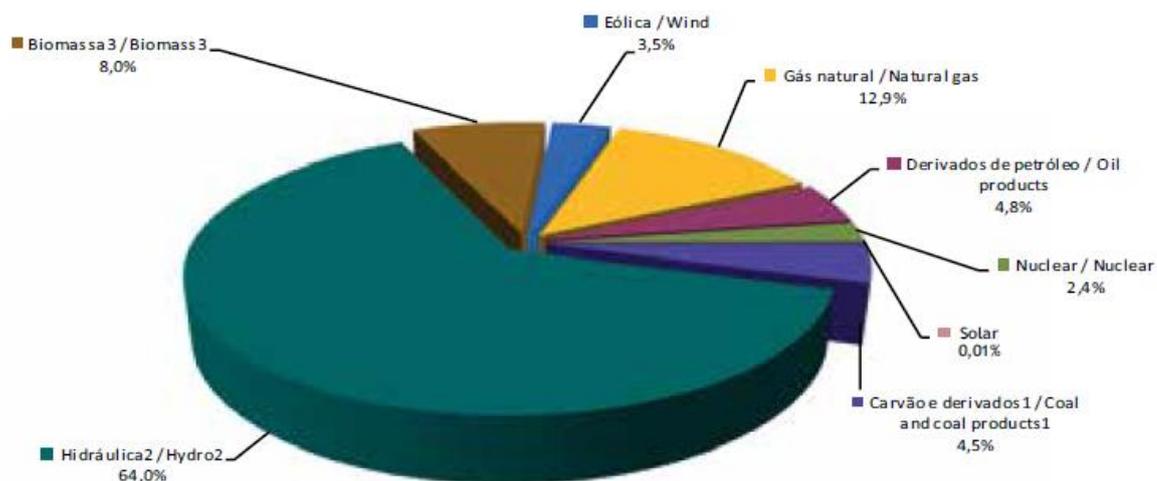
O quadro a seguir mostra as vantagens e desvantagens das fontes fósseis e fontes renováveis.

	<b>FONTES FÓSSEIS</b>	<b>FONTES RENOVÁVEIS</b>
<b>VANTAGENS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Custos competitivos</li> <li>▪ Alta densidade energética</li> <li>▪ Tecnologia de ponta largamente dominada</li> <li>▪ Veículos, máquinas e equipamentos adaptados ao uso</li> <li>▪ Ganho econômico de escala</li> <li>▪ Mercado consolidado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Baixas emissões de gases de efeito estufa</li> <li>▪ Sustentabilidade</li> <li>▪ Produção próxima ao mercado consumidor</li> <li>▪ Perspectiva de geração de emprego e renda com o crescimento da agroenergia</li> </ul>
<b>DESvantagens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alta emissão de gases de efeito estufa</li> <li>▪ Potencial poluidor ambiental em grandes proporções</li> <li>▪ Preços voláteis e em ascensão</li> <li>▪ Perspectiva de esgotamento das reservas</li> <li>▪ Jazidas concentradas geograficamente</li> <li>▪ Fortemente influenciado por fatores geopolíticos</li> <li>▪ Produto cartelizado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Custos altos</li> <li>▪ Baixa combustibilidade</li> <li>▪ Tecnologia em desenvolvimento</li> <li>▪ Produção intermitente</li> <li>▪ Consumo instável</li> <li>▪ Sem ganho de escala</li> <li>▪ Opções de financiamento limitadas</li> <li>▪ Necessidade de áreas para agricultura energética competindo com a ocupação da terra para produção de alimentos, moradia, lazer e urbanização</li> </ul>

**Quadro 1 – Comparativo Fontes Fósseis x Fontes Renováveis**  
**Fonte: EMBRAPA, 2006**

### 3.2.1.1. UTILIZAÇÃO DA BIOMASSA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Segundo dados do Balanço Nacional Energético, a energia hidráulica corresponde a maior da oferta de energia elétrica no Brasil, devido a altos investimentos em hidrelétrica desde a década de 50, porém a biomassa está sendo cada vez mais sendo utilizada.



**Figura 1 – Oferta Interna de Energia Elétrica por fonte**  
**Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2016**

O relatório ainda demonstra que a utilização da biomassa no setor energético está aumentando nos últimos anos. Para Rosillo (2005), essa mudança é devido a três razões principais: os consideráveis esforços feitos nos últimos anos, por meio de estudo e demonstrações, para se apresentar um quadro mais realista e equilibrado do uso e do potencial da biomassa; a crescente utilização da biomassa como um vetor energético moderno, principalmente em países industrializados; e o crescente reconhecimento dos benefícios ambientais, locais e globais de uso da biomassa.

**Tabela 4 – Composição Setorial do Consumo Final de Biomassa**  
**Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2016**

SETORES	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	%
CONSUMO FINAL ENERGÉTICO (10 <sup>3</sup> tep)	57.495	62.626	67.796	65.985	69.563	65.047	64.984	67.752	68.749	71.403	SECTORS
											FINAL CONSUMPTION (10 <sup>3</sup> toe)
SETOR ENERGÉTICO	15,6	16,9	19,6	18,6	18,4	16,0	16,2	18,1	18,1	18,4	ENERGY SECTOR
RESIDENCIAL	15,3	13,3	12,1	12,3	11,2	10,7	10,7	9,1	9,6	9,5	RESIDENTIAL
COMERCIAL E PÚBLICO	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	COMMERCIAL AND PUBLIC
AGROPECUÁRIO	3,9	3,8	3,8	3,7	3,6	3,8	3,8	3,9	3,9	4,0	AGRICULTURE AND LIVESTOCK
TRANSPORTES	11,1	13,8	16,2	17,9	17,3	16,5	15,2	17,5	18,9	21,6	TRANSPORTATION
INDUSTRIAL	53,9	52,0	48,0	47,3	49,2	52,7	53,9	51,1	49,2	46,2	INDUSTRIAL
CIMENTO	0,6	0,5	0,5	0,1	0,2	0,5	0,6	0,5	0,5	0,4	CEMENT
FERRO-GUSA E AÇO	8,1	7,6	6,9	4,1	4,8	5,4	5,1	4,5	4,3	3,9	PIG-IRON AND STEEL
FERRO-LIGAS	1,2	1,1	1,1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,6	IRON-ALLOYS
MINERAÇÃO E PELOTIZAÇÃO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	MINING/PELLETIZATION
NÃO-FERROSOS E OUTROS DA METALURGIA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	NON-FERROUS/OTHER METALLURGICAL
QUÍMICA	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	CHEMICAL
ALIMENTOS E BEBIDAS	29,7	28,8	25,6	27,6	28,1	29,5	31,0	28,8	26,7	24,7	FOODS AND BEVERAGES
TÊXTIL	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	TEXTILES
PAPEL E CELULOSE	9,6	9,4	9,2	10,0	10,3	11,0	10,7	11,0	11,4	11,7	PAPER AND PULP
CERÂMICA	3,1	3,1	3,2	3,2	3,4	3,8	3,9	4,0	4,0	3,3	CERAMICS
OUTROS	1,3	1,2	1,2	1,2	1,3	1,4	1,4	1,4	1,3	1,2	OTHERS
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	TOTAL

### 3.3. BIOGÁS

De acordo com Zulauf (2004), o biogás é uma mistura gasosa, combustível, resultante da decomposição de matéria orgânica, em meio anaeróbico, por bactérias denominadas metanogênicas. Têm na sua composição principalmente metano e gás carbônico e é naturalmente encontrado em pântanos, dejetos bovinos e suínos, estações de tratamento de efluentes e em aterros sanitários. O biogás constitui-se em uma fonte de energia limpa obtida a partir da decomposição da fração orgânica da biomassa pela ação de bactérias em ambiente anaeróbico (ANDREOLI et al., 2003).

Segundo Nogueira (1992), o biogás foi identificado, inicialmente, por Robert Boyle em 1682. Quase um século depois foram feitos outros trabalhos a respeito desse gás por Alessandro Volta, em 1776, e Humphrey Davy, em 1806.

Ainda de acordo o autor, nas décadas de 50 e 60, devido a uma relativa abundância das fontes de energia convencionais, diminui-se a utilização do biogás na maioria dos países desenvolvidos. Apenas países como a Índia e a China utilizaram o processo de biodigestão de forma mais intensa, desenvolvendo seus próprios biodigestores.

Com a crise do petróleo na década de 70 foi trazida ao Brasil a tecnologia da digestão anaeróbia. Na região Nordeste foram implantados diversos programas de biodigestores, porém os benefícios do biogás e do biofertilizante não foram considerados suficientes e os resultados não foram satisfatórios (BOLETIM ENFOQUE, 1999).

No entanto, de acordo com Bley Jr. (2015, p.148), no início dos anos 2000, o biogás voltou ao foco mundial pelas possibilidades de obter valor econômico pela possível redução de emissões de gases do efeito estufa (GEE) e a perspectiva de renda com o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), proposto pelo protocolo de Kyoto.

A atividade produtora do biogás encontra, nas energias geradas, as receitas necessárias para amortizar os investimentos nos processos de produção (BLEY JR., 2015).

Souza (2006) menciona que o biogás pode ser utilizado em motores de combustão interna, os quais são máquinas que transformam a energia calorífica do combustível em energia mecânica.

De uma forma geral, a produção de energia elétrica a partir de biogás apresenta as seguintes vantagens (CENBIO, 2014):

Para a sociedade:

- a) Geração de empregos e eliminação ou redução de subempregos;
- b) Geração descentralizada e próxima aos pontos de carga;
- c) Colaboração para a viabilidade econômica do saneamento básico

Para as prefeituras:

- a) Possibilidade de renda extra, proveniente da energia gerada com biogás;

- b) Contribuição para a viabilidade econômica do tratamento do lixo;
- c) Menor rejeição social das instalações de saneamento, uma vez que elas passam a ser gerenciadas de forma melhor.

### 3.3.1. CARACTERÍSTICAS DO BIOGÁS

O biogás é um gás incolor, insolúvel em água e geralmente inodoro se não contiver muitas impurezas (SCHWADE, 2006).

Segundo Castanón (2002), a quantidade de biogás produto da biodigestão corresponde somente de 2 a 4% do peso da matéria orgânica utilizada no processo. Sua composição média é a seguinte segundo a tabela abaixo.

**Tabela 5 – Composição média do biogás proveniente de diferentes resíduos orgânicos**  
**Fonte: Castanón, 2002**

<b>Gases</b>	<b>Porcentagem (%)</b>
Metano (CH <sub>4</sub> )	40 - 75
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	25 - 40
Nitrogênio (N)	0,5 - 2,5
Oxigênio (O)	0,1 - 1
Ácido sulfídrico (H <sub>2</sub> S)	0,1 - 0,5
Amônia (NH <sub>3</sub> )	0,1 - 0,5
Monóxido de carbono (CO)	0 - 0,1
Hidrogênio (H)	1 - 3

Diferente do propano e butano, o biogás possui baixa densidade – menor que o ar atmosférico – ocupando grandes volumes e dificultando sua acumulação, no entanto, a baixa densidade torna menos suscetível à explosão (PIEROBON, 2007).

O baixo teor de monóxido de carbono na mistura confere ao biogás um nível de toxicidade zero, enquanto que o gás GLP com níveis de CO em torno de 20% é considerado letal (CORTEZ, et al., 2008).

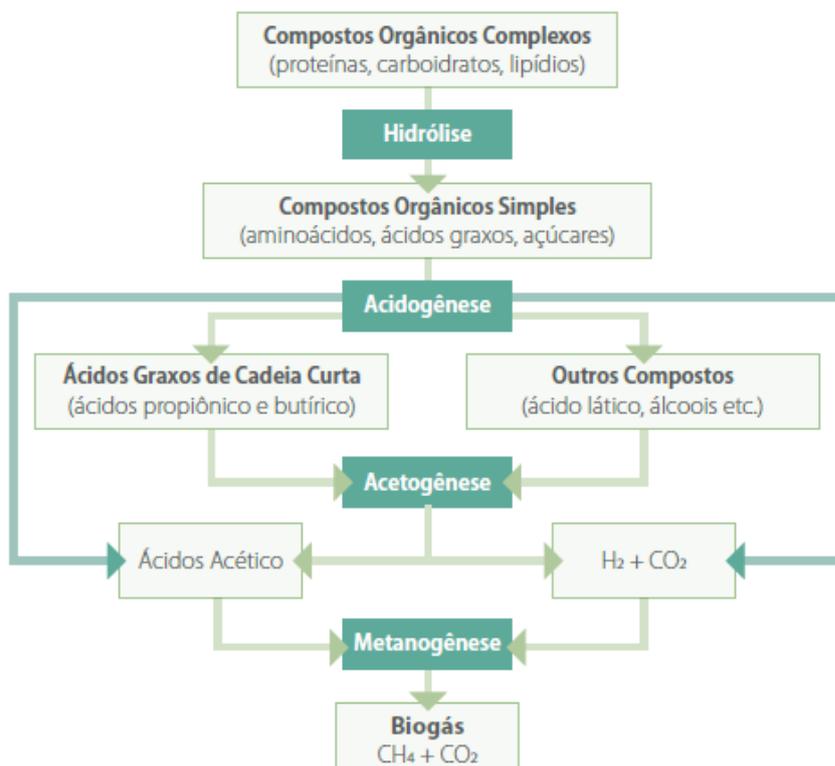
A equivalência energética de 1m<sup>3</sup> de biogás em relação a outras fontes está representado na tabela a seguir (LINDEMEYER, 2008, p.35):

**Tabela 6 – Equivalência energética de 1m<sup>3</sup> de biogás**  
**Fonte: Lindemeyer, 2008**

<b>Combustível</b>	<b>Quantidade equivalentes</b>
Carvão	1,5 m <sup>3</sup>
Gás Natural	1,5 m <sup>3</sup>
Óleo cru	0,72 L
Gasolina	0,98 L
Álcool	1,34 L
Eletricidade	2,21 Kwh

### 3.3.2. DIGESTÃO ANAREÓBIA

A biodigestão é o nome dado ao processo de degradação anaeróbia de matéria orgânica, por meio da ação de microorganismos. O processo de obtenção do biogás ocorre em diversas etapas, cada uma delas abrange reações e interações químicas particulares (SENAI/PR, 2015, p.51).



**Figura 2 – Esquema das etapas bioquímicas presentes nos processos de biodigestão**  
 Fonte: SENAI/PR, 2015

Conforme esquema do SENAI/PR (2015, p.51), a descrição das etapas:

- a) Hidrólise: ocorre a decomposição dos compostos orgânicos complexos, tais como carboidratos, proteínas e lipídios, em substâncias mais simples como aminoácidos, açúcares e ácidos graxos. O processo é feito por bactérias hidrolíticas, cujas enzimas decompõem o material por meio de reações bioquímicas.
- b) Acidogênese: ocorre por meio da ação de bactérias acidogênicas, onde as moléculas simples geradas na etapa anterior são metabolizadas, e assim, geram ácidos como os propiônico, butírico, lático, etc.
- c) Acetogênese: etapa na qual são obtidos ácido acético, dióxido de carbono e hidrogênio, a partir dos compostos intermediários formados.

- d) Metanogênes: bactérias estritamente anaeróbicas convertem principalmente os precursores do biogás em metano. Os metanogênicos hidrogenotróficos produzem metano a partir de hidrogênio e gás carbônico. Os metanogênicos acetoclásticos, por sua vez, geram biogás a partir da redução de ácido acético.

Segundo Polprasert (2007), devem ser mantidas estáveis as condições ambientais de sobrevivência dos microorganismos, tais como:

- a) Temperatura – a temperatura é um fator essencial nas reações enzimáticas e na produção do gás. O metano pode ser obtido em ambiente mesofílico (25 a 45°C) e termofílico (50 a 65°C). A partir de 45°C o meio torna-se impróprio para qualquer uma das duas bactérias, e em 65°C cessa completamente. Não é recomendável operar abaixo de 10°C devido a quantidade insuficiente de gás produzido e nem acima de 35°C pela necessidade de aporte energético. Portanto é a escala mesofílica que oferece o ambiente de ótima produção, embora a escala termofílica seja mais eficiente na neutralização dos agentes patogênicos.
- b) pH e alcalinidade – o meio ótimo para produtividade das bactérias metanogênicas possui índice de acidez entre 7 e 7,2, e alcalinidade 2,5 a 5 mg/L. Quando atinge pH 5,5 há inibição da atividade bacteriana. O excesso de acidez do meio poderá ocorrer pela presença de grande quantidade de ácidos graxos ou materiais tóxicos no digestor, com o acúmulo de matéria orgânica.
- c) Concentração de nutrientes – é necessário que o substrato mantenha uma relação apropriada de C/N, haja vista que as bactérias utilizam o carbono de 25 a 30 vezes mais rápido do que o nitrogênio. Em níveis mais altos, o carbono reduz a atividade já que as bactérias não conseguem absorvê-lo por completo. Em níveis mais baixos o meio pode se tornar tóxico pela formação de amônia. A presença de fósforo no processo também é importante.

Antigamente a fermentação anaeróbia já era utilizada em forma de “fossas sépticas” para tratamento de esgotos domésticos. No final do século XX, essas

estruturas foram substituídas pelos digestores anaeróbios (COSTA, 2006, p. 38).

De acordo com Chernicharo (2007), são algumas vantagens do processo anaeróbio em relação ao aeróbio: baixa produção de sólidos; baixa consumo de energia; baixa demanda de área e aplicabilidade em pequena e grande escala.

### 3.4. BIODIGESTORES

O biodigestor pode ser definido como um aparelho destinado a conter a biomassa e o biogás.

Segundo Silva (2009), os biodigestores são constituídos de um misturador, onde a matéria prima e a água são misturadas; uma câmara, onde ocorre a fermentação anaeróbia; uma válvula, onde sai o biogás; e uma saída para que o biofertilizante seja retirado.

Existem dois tipos de sistemas nos biodigestores: o contínuo e o intermitente. O primeiro é mais difundido e se adapta à maioria das biomassas, recebe cargas periódicas e descarrega o biofertilizante automaticamente.

O sistema intermitente é específico para biomassas de decomposição lenta e de longo período de produção. É caracterizado por receber a carga toda utilizada no processo, e depois de esvaziada, recarregada novamente (SGANZERLA, 1983).

#### 3.4.1. BIODIGESTOR MODELO INDIANO

Este modelo é caracterizado por possuir uma campânula como gasômetro, a qual pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação, e uma parede que central que divide o tanque de fermentação em duas câmaras. A função da divisória faz com que o material circule por todo o interior da câmara de fermentação (BENINCASA et al., 1990).

De acordo com Deganutti et al. (2002), o modelo Indiano possui pressão de operação constante, ou seja, à medida que o volume de gás produzido não é consumido de imediato, o gasômetro tende a se deslocar verticalmente, aumentando

o volume. Os autores ainda explicam que o resíduo utilizado para alimentar esse tipo de biodigestor deve apresentar uma concentração de ST (sólidos totais) não superior a 8%, para facilitar a circulação do resíduo pelo interior da câmara de fermentação e evitar entupimentos dos canos de entrada e saída de material.

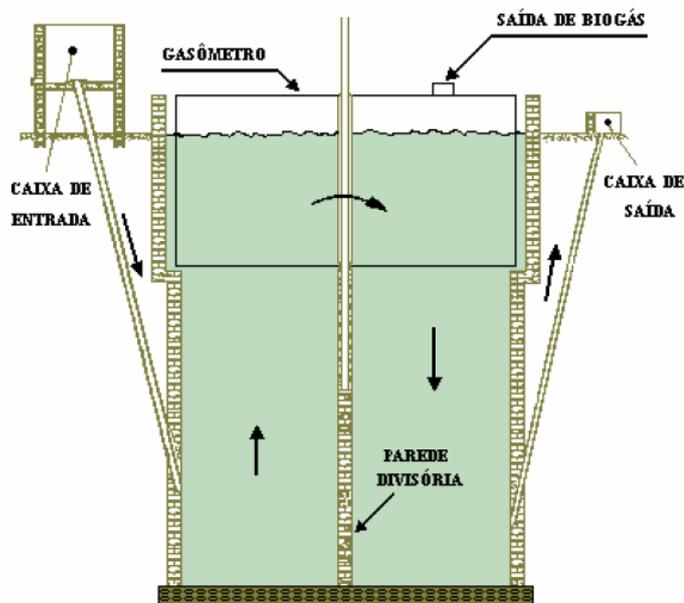


Figura 3 – Vista frontal, em corte, do biodigestor modelo Indiano  
Fonte: BENINCASA et al., 1990



Figura 4 – Vista tridimensional do biodigestor modelo Indiano  
Fonte: DEGANUTTI et al., 2002

### 3.4.2. BIODIGESTOR MODELO CHINÊS

O biodigestor modelo chinês é formado por uma câmara cilíndrica em alvenaria para fermentação, com teto impermeável, destinado ao armazenamento do biogás. Este biodigestor funciona com base no princípio de prensa hidráulica, de modo que aumentos de pressão em seu interior, devido ao acúmulo de biogás, resultarão em deslocamentos do efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída, e em sentido contrário quando ocorre descompressão (BENINCASA et al., 1990).

Neste tipo de biodigestor, uma parcela de gás formado na caixa de saída é liberada para a atmosfera, reduzindo parcialmente a pressão interna do gás. Por isso esses biodigestores não são recomendáveis para instalações de grande porte (DEGANUTTI et. al, 2002).

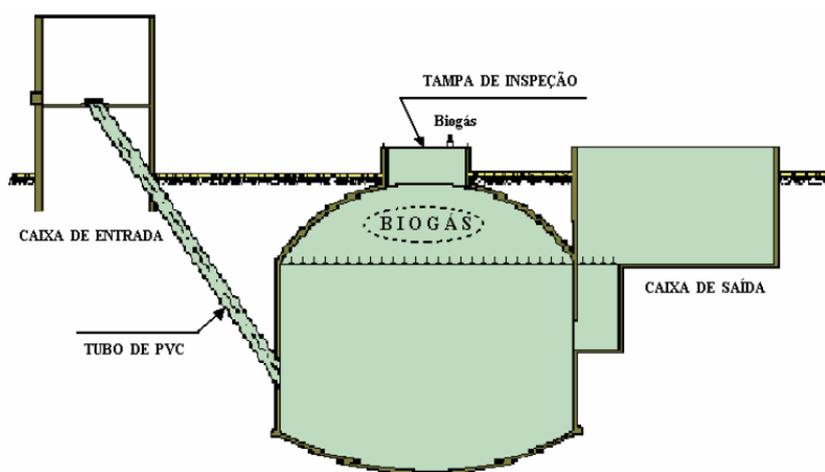
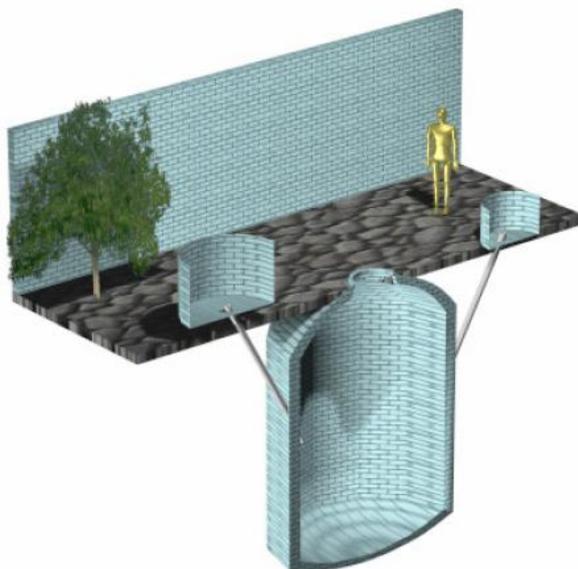


Figura 5 – Vista frontal, em corte, do biodigestor modelo Chinês  
Fonte: BENINCASA et al., 1990



**Figura 6 – Vista tridimensional do biodigestor modelo Chinês**  
**Fonte: DEGANUTTI et al., 2002**

### 3.4.3 BIODIGESTOR MODELO TUBULAR

Esse tipo de biodigestor é conhecido também como Modelo Canadense. Trata-se de uma estrutura horizontal, com configuração geométrica prismática trapezoidal abaixo do nível do solo, com o comprimento maior que a largura, possuindo maior área de exposição ao sol, o que possibilita um aumento na produção de biogás. As principais partes constituintes são: leito e cúpula recobertos (lona maleável de PVC ou PEAD), podendo ser empregados outros materiais impermeabilizantes, como por exemplo, o concreto; a campânula de armazenamento de biogás; um tanque de equalização ou lagoas anaeróbias, onde ocorre o polimento do biofertilizante; um registro para a saída de biogás e um queimador, conectado ao registro de saída do biogás (PEREIRA; CAMPOS; MOTERANI, 2010).

De acordo com Kunz (2010), o biodigestor tubular vem sendo bastante utilizado em granjas suínícolas da região Sul do Brasil.

#### 3.4.4 BIOFERTILIZANTE

Para Coldebella (2006), biofertilizante é o nome dado à biomassa fermentada que fica no interior do biodigestor, em sua maioria sob forma líquida, rica em nutrientes, principalmente nitrogênio, fósforo, potássio e material orgânico (húmus), com grande poder de fertilização.

Os dejetos produzidos em uma granja suinícola são compostos por fezes e urina, água desperdiçada pelos bebedouros, resíduos de ração, pelos e poeira decorrentes do processo criatório, podendo variar de acordo com o peso corporal dos suínos. O biofertilizante resultante da fermentação anaeróbia não tem cheiro, não atraindo moscas, é isento de agentes patogênicos causadores de doença e rico em nutrientes. Também aumenta a disposição de nitrogênio no solo e atende às exigências das culturas, pois são concentrados durante a fermentação (GASPAR, 2003).

#### 3.5. VIABILIDADE ECONÔMICA

O estudo de viabilidade econômica é o exame de um projeto a ser executado a fim de verificar sua justificativa, tomando em consideração os aspectos jurídicos, administrativos, comerciais, técnicos e financeiros (HIRSCHFELD, 2011, p.20).

Para Brom (2007), uma decisão satisfatória é aquela considerada viável, realista e que proporciona avanços à empresa. Assim, quando se realiza uma escolha, esta deve ser baseada na lógica e em uma análise criteriosa.

##### 3.5.1. INVESTIMENTO

De acordo com Bernardi (2008), investimentos são gastos necessários às atividades da produção da administração e das vendas, que beneficiarão períodos

futuros, portanto permanente e de longo prazo.

Ao se investir em um empreendimento, compara-se o retorno financeiro esperado com o retorno em uma aplicação financeira. Caso o investimento no empreendimento tenha maior lucratividade, demonstra-se ser mais compensatório (HIRSCHFELD, 2011).

### 3.5.2. FLUXO DE CAIXA

A representação do fluxo de caixa de um projeto consiste em uma escala temporal onde são marcados os períodos de tempo e na qual são representadas as entradas e saídas de caixa. Considera-se fluxo diferencial líquido a diferença entre as entradas e saídas de caixa. A unidade de tempo deve coincidir com o período de capitalização dos juros considerados (CASAROTTO FILHO, 2010).

Segundo o SEBRAE (2011), com as informações do fluxo de caixa, pode-se elaborar a Estrutura de Resultados, a Análise de Sensibilidade, calcular a Rentabilidade, a Lucratividade, o Ponto de Equilíbrio e o Prazo de retorno de investimento. O objetivo é verificar a saúde financeira do negócio a partir da análise e obter uma resposta clara sobre as possibilidades de sucesso do investimento.

### 3.5.3. VALOR PRESENTE LÍQUIDO

O método VPL tem como finalidade determinar um valor no instante considerado inicial, a partir de um fluxo de caixa formado de uma série de receitas e dispêndios (HIRSCHFELD, 2011, p.105).

De acordo com Newnan e Lavelle (2014), o Valor Presenta Líquido (VPL) é a diferença entre o valor presente de benefícios (VP de benefícios) e o valor presente de custos (VP de custos), como mostra a Equação (1):

$$\text{VPL} = \text{VP de benefícios} - \text{VP de Custos}$$

Equação (1)

Para Hirschfeld (2011), o VPL é apresentado através da equação (2):

$$VPL_j = \sum_0^n F_n (1 + i)^{-n}$$

Equação (2)

Onde:

$VPL_j$  = valor presente líquido de um fluxo de caixa da alternativa  $j$ .

$n$  = número de *períodos* envolvidos em cada elemento da série de receitas e dispêndios do fluxo de caixa.

$F_n$  = cada um dos diversos valores envolvidos no fluxo de caixa e que ocorrem em  $n$ .

$i$  = taxa de juros comparativa ou taxa mínima de atratividade, também chamada taxa de equivalência, taxa de expectativa, ou ainda, neste caso, taxa de desconto.

#### 3.5.4. TAXA INTERNA DE RETORNO

Segundo Hirschfeld (2011), a taxa de juros que torna nulo o valor presente líquido é a taxa de retorno de um fluxo de caixa descontado, também conhecido como taxa interna de retorno (TIR) ou taxa verdadeira de retorno.

Brom (2007) define a taxa interna de retorno como um índice que representa a taxa média periódica de retorno de um projeto suficiente para repor, de forma integral e exata, o investimento realizado.

Essa taxa deve ser comparada com a taxa mínima de atratividade, a ser definida pelo empresário. Os investimentos com TIR maior que a taxa de atratividade são considerados rentáveis e passíveis de análise (CASAROTTO FILHO, 2010).

Para Newnan e Lavelle (2014), há duas formas de se definir a TIR, a primeira em termos de empréstimo – sendo a TIR então, a taxa de juro que se paga sobre um saldo devedor, de maneira que ao se pagar a última parcela dessa dívida esse saldo seja reduzido a zero – e segunda, em termos de investimento, onde a TIR é definida como sendo a taxa de juro recebido sobre o investimento que ainda não foi

reembolsado, de modo que ao fim da vida do investimento este valor não ressarcido seja reduzido a zero.

### 3.5.5. TEMPO DE RETORNO (PAYBACK)

Bernardi (2008, p.265) define o prazo de retorno, também conhecido como *payback*, como um “método que define o número de períodos que serão necessários para que o investimento retorne”.

O *payback* é o tempo que se demora em obter o retorno do investimento, podendo ser histórico ou descontado. O histórico é calculado de modo simples, sem nenhum desconto de custo de oportunidade sobre o capital investido. E o descontado, usa-se geralmente a taxa de poupança como custo de oportunidade (BRITO, 2006, p.51).

De acordo com Hirschfeld (2011), o método do prazo de retorno possui várias limitações, porém, é muito utilizado pelos investidores por demonstrar qual alternativa irá devolver o investimento mais rapidamente, independente se este obtiver o maior lucro ao fim do período se comparada a outro tipo de investimento.

Newnan e Lavelle (2014) apontam algumas restrições sobre o prazo de retorno, tais como:

- a) Diferentemente de uma análise econômica exata, o prazo de retorno é uma aproximação;
- b) Os valores anteriores ao prazo de retorno não são corrigidos ao longo do tempo para sua correta equiparação;
- c) Neste método de análise são desprezados quaisquer fatores econômicos além do prazo de retorno do investimento;
- d) Por se tratar de um cálculo aproximado, este método de análise pode levar a uma decisão divergente aos apontados pelos métodos exatos de engenharia econômica.

### 3.5.6. TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE

Casarotto Filho (2010, p.42), define a taxa mínima de atratividade (TMA) como: “a taxa a partir da qual o investidor considera que está obtendo ganhos financeiros”. Então, o investidor deve escolher uma taxa que seja superior a TMA, pois o rendimento será maior.

Ainda segundo o autor, para as empresas, a determinação da TMA é mais complexa e depende do prazo ou da importância estratégica das alternativas.

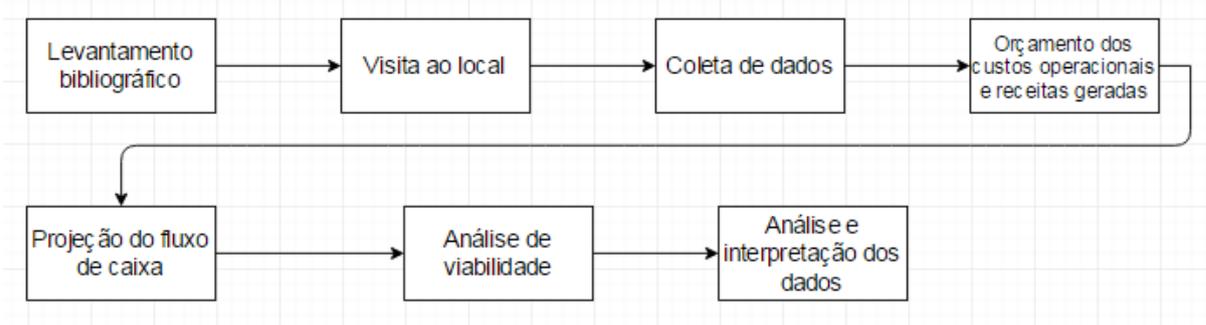
## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo, é abordada a caracterização do presente estudo, de acordo com seus métodos de pesquisa e coleta de dados.

### 4.1. ETAPAS DA PESQUISA

Neste tópico serão apresentadas as etapas da pesquisa e o fluxograma:

- a) Para uma melhor noção do tema, primeiramente foi feito um levantamento bibliográfico sobre os assuntos relacionados;
- b) Foram realizadas visitas ao local escolhido a fim de coletar dados qualitativos e quantitativos da empresa;
- c) Feita a coleta de dados, foi realizado o orçamento da construção do biodigestor e das granjas, onde foram orçados os custos operacionais e as receitas geradas a fim de projetar o fluxo de caixa;
- d) A partir do fluxo de caixa projetado, foi feita então uma análise de viabilidade com ferramentas da Engenharia Econômica como TIR, VPL e Payback.
- e) Por fim, foram realizadas a análise e interpretação dos dados. Os valores da Taxa de Retorno e Valor Presente Líquido não foram acima do esperado, e o tempo de retorno foi considerado acima do estipulado pelo proprietário, sendo considerado então, um projeto inviável economicamente para o período de cinco anos.



**Figura 7 - Fluxograma das etapas da pesquisa**  
**Fonte: Elaborada pelo autor.**

## 4.2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE

A pesquisa foi realizada em uma empresa de cerâmica, onde são produzidos 40 tipos de tijolos e sua produção mensal é de 40.000 peças/mês.

Com o crescimento da empresa, houve uma demanda maior de energia e conseqüentemente um aumento da quantidade de matéria-prima para queima no forno industrial. No início de suas atividades, a lenha encontrada na região era utilizada como fonte de energia e posteriormente utilizou-se o pó de serragem. Porém, com a perspectiva de esgotamento desses materiais, viu-se a necessidade de utilizar uma fonte alternativa de energia. A ideia de utilizar o esterco suíno como fonte de energia surgiu da visão do proprietário de potencial da região, devido a grande quantidade de produtores e criadores de suínos. Hoje, o Paraná tem o maior rebanho de suínos do Brasil, representado 17,7% do total nacional de 40.332.553 cabeças (SEAB, 2015).

## 4.3. GRANJA DE SUÍNOS

Para o projeto, foram construídas quatro granjas com 8,5 x 130 m de largura e comprimento, respectivamente, com capacidade para alojar cerca de 3.000 suínos. Logo depois, foi feito um contrato com a empresa Friella, para a criação dos suínos

em sua última fase antes do abate. Os animais chegam com 28 kg e saem com 110 kg, aproximadamente. Cada período de criação tem duração de quatro meses. A Friella disponibiliza os suínos e cobre os custos com a medicação e alimentação. O proprietário arca com os custos de energia, água e limpeza. O custo durante o período de quatro meses é de aproximadamente R\$ 33.750,00. O preço de venda dos suínos prontos para o abate é de 20 a 25 reais por cabeça.

O investimento da construção das granjas foi de R\$ 800.000,00, sendo 10% de capital próprio e o restante financiando em cinco anos pelo Banco do Brasil, com juros de 8% a.a.



**Figura 8 – Vista externa das granjas**  
Fonte: Autoria própria



**Figura 9 – Vista interna de uma das granjas**  
Fonte: Autoria própria

#### 4.4. O BIODIGESTOR

Para a construção do biodigestor, foi contratada a empresa Biokohler, especializada na construção de biodigestores, localizada na cidade de Cascavel.

A escavação tem dimensões de 27 m de diâmetro na superfície e 22 m de diâmetro no fundo por 4,5 m de profundidade.

O investimento da construção e instalação do biodigestor completo foi de R\$ 300.000,00, sendo 10% de capital próprio e o restante financiando em cinco anos pelo Banco do Brasil, com juros de 8% a.a.

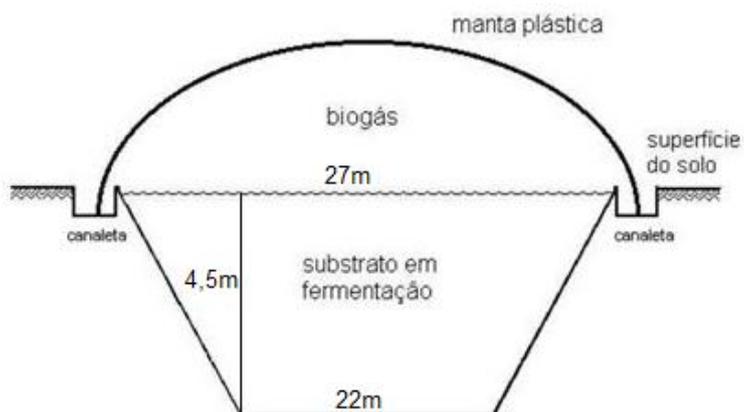


**Figura 10 – Biodigestor instalado**  
**Fonte: Autorial própria**



**Figura 11 – Lagoa anaeróbia**  
**Fonte: Autorial própria**

O biodigestor analisado no estudo é um modelo tubular contínuo, com calha de água em alvenaria, uma manta plástica como gasômetro e possui o formato de tronco de pirâmide inferior, mostrado na Figura 12.



**Figura 12 – Seção transversal do biodigestor**  
Fonte: Autoria própria

#### 4.4.1. O CONJUNTO MOTOR-GERADOR

O conjunto motor-gerador é constituído por um motor da marca MWM, 220 cv, originalmente a diesel, adaptado para 170 cv, a biogás e acoplado a um gerador de energia elétrica da marca WEG, 109 kva, 150 A e equipado com um quadro de comando, cuja função é monitorar o seu funcionamento. O motor-gerador consome 115 kWh e funciona, em média, 15h/dia. Portanto o conjunto gerador consome 51,75 MW/mês.



**Figura 13 – Motor-gerador**  
**Fonte: Autoria própria**

## **5. APRESENTAÇÃO DO PROCEDIMENTO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

### **5.1. GERAÇÃO DE RESÍDUOS**

Segundo Santos (2000), cada espécie pecuária produz uma diferente quantidade diária de resíduos, de acordo com seu peso e sua finalidade. No caso da propriedade estudada, foi estipulada uma quantidade diária de 60 litros de chorume, pois os suínos chegam em fase de terminação, com foco na engorda para o abatimento.

A Tabela 7 apresenta a quantidade de resíduos produzidos diariamente e as características físico-químicas de alguns resíduos agropecuários.

**Tabela 7 – Produção de resíduos e as principais características físico-químicas para algumas espécies pecuárias**  
**Fonte: SANTOS (2000).**

ESPÉCIE PECUÁRIA	UNIDADE REFERÊNCIA	QUANTIDADE DIÁRIA DE RESÍDUO	CONCENTRAÇÃO (g/l ou g/kg)					
			DBO	ST	SV	N	P	K
Suínos	Lugar de porca reprodutora em ciclo fechado	70 litros chorume	33,3	37	27,5	2,8	0,9	1,8
	Lugar de porca reprodutora em criação de leitões	85 litros chorume	29,7	30,5	24,4	2,3	0,8	1,5
	Lugar de porco em exploração de engorda	60 litros chorume	36,1	42,3	29,6	3,2	1,1	2,1
Bovinos	Vaca leiteira com 600 kg de peso	50 litros chorume		90	70	4,5	1,7	5,4
	Bezerro até 150 kg de peso	15 litros chorume		90	70	3,7	2,1	5,0
	Bovino engorda entre 150 a 520 kg de peso	20 litros chorume		90	70	3,7	2,1	5,0
Galináceos	Galinha poedeira em baterias (2 kg)	0,11 kg de excrementos		300	200	14	11	6
	Lugar de frango engorda (até 1,5 kg)	0,022 kg estrume		650	440	40	18	14
Eqüídeos	Cavalo adulto com 400 a 500 kg de peso	25 kg estrume		220	175	5	2,5	12
Ovinos e caprinos	Ovelha ou cabra	6,5 kg estrume		220	180	5,5	2,5	12

NOTAS: DBO – Demanda bioquímica de oxigênio; ST – Sólidos totais; SV – Sólidos voláteis; N – Nitrogênio; P – Fósforo; K – Potássio;

## 5.2. CAPACIDADE DE GERAÇÃO DE BIOGÁS

O biogás é gerado a partir da digestão de qualquer matéria orgânica por bactérias anaeróbias, desde que existam condições adequadas ao desenvolvimento. Para cada espécie pecuária, tem-se uma produção diferente de biogás. A empresa cultiva 3.000 suínos em exploração de engorda, portanto tem uma média de produção de 0,799 m<sup>3</sup>/animal/dia, num total de 2.397 m<sup>3</sup>/dia.

A Tabela 8 mostra a capacidade de produção de biogás a partir de resíduos pecuários.

**Tabela 8 – Produção de biogás a partir de resíduos pecuários**  
**Fonte: SANTOS, 2000.**

ESPÉCIE PECUÁRIA	UNIDADE REFERÊNCIA	PRODUÇÃO ESPECÍFICA DE BIOGÁS (m <sup>3</sup> /kg SV)	PRODUÇÃO DIÁRIA (m <sup>3</sup> /animal/dia)
	Porca reprodutora em ciclo fechado	0,45	0,866
Suínos	Porca reprodutora em criação de leitões	0,45	0,933
	Porco em exploração de engorda	0,45	0,799
	Vaca leiteira com 600 kg	0,28	0,98
Bovinos	Bezerro até 150 kg	0,28	0,294
	Bovino engorda entre 120 a 520 kg	0,28	0,292
Galináceos	Galinha poedeira em baterias (2 kg)	0,46 - 0,77	0,010 - 0,017
	Frango engorda (até 1,5 kg)	0,13 - 0,26	0,001 - 0,002
Equídeos	Cavalo adulto com 400 a 500 kg	0,28	1,225

### 5.3. CONVERSÃO DO BIOGÁS EM ENERGIA ELÉTRICA

O processo de produção de biogás demora quinze dias com a chegada dos suínos, depois é constante até o final do período de quatro meses. De acordo com Santos (2000), o poder calorífico do biogás é de 6,5 kWh/m<sup>3</sup>. Nesse caso, o sistema de biodigestor da empresa produziria, aproximadamente, 233,71 MWh no primeiro mês e 467,41 MWh/mês nos outros três meses seguintes. O preço médio de venda de energia elétrica está fixado em R\$ 204,84 por MWh, registrado no Leilão de Geração nº1/2017 (A-5) realizado pela ANEEL (2016).

#### 5.4. BIOFERTILIZANTE

O biofertilizante é considerado um adubo rico em nutrientes, os principais são uréia (N), superfosfato simples (P) e cloreto de potássio (K). Foram analisadas as quantidades mensais de esterco em kg e feitos cálculos com cada nutriente para chegar à produção anual. Tendo o preço do fertilizante, chegou-se à receita anual com a venda do biofertilizante. A tabela 9 apresenta os valores gerados com a possível venda do adubo.

**Tabela 9 – Receita gerada com a venda de biofertilizante**  
\*Fonte: INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA, 2016

ELEMENTOS	PRODUÇÃO ANUAL (kg/ano)	PREÇO DO FERTILIZANTE (R\$/kg)*	TOTAL (R\$/ano)
N (Nitrogênio)	4.062,45	1,24	5.037,44
P (Fósforo)	1.069,65	0,75	802,24
K (Potássio)	3.295,95	1,49	4.910,96
<b>TOTAL</b>			<b>10.750,64</b>

#### 5.5. CUSTOS

##### 5.5.1. MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO

A operação do grupo gerador é diária e exige a presença de apenas um funcionário, que é responsável pela ignição e desligamento do motor, limpeza e zelo das instalações. Ele trabalha 8 horas/dia, durante seis dias na semana. Seu salário, com os encargos, é de aproximadamente R\$ 4.800,00. Contando que esse funcionário opera o sistema apenas 40 minutos/dia, o cálculo com gastos da mão-de-obra é de R\$ 461,54/mês, num total de R\$ 5.538,48/ano.

Os gastos totais com manutenção, operação e mão-de-obra são de R\$ 13.016,58/ano. O custo de depreciação do motor-gerador foi considerado 10% a.a. e

já foi adicionado no cálculo final dos gastos. A tabela apresenta os custos com a manutenção e operação do biodigestor.

**Tabela 10 – Custos de manutenção e operação**  
**Fonte: Elaboração própria**

Componente	Intervalo (horas)	Custo de operação e manutenção (R\$)	Custo anual de operação e manutenção (R\$)
Óleo lubrificante	Troca de óleo a cada 300 horas	89,00	1602,00
Filtro de óleo	Troca de filtro de óleo a cada 500 horas	65,00	702,00
Sistema de combustível	Limpeza dos filtros a cada 200 horas	21,00	567,00
	Limpeza da válvula de gás a cada 2.000 horas	23,00	62,10
Filtro de ar	Limpeza a cada 1.000 horas	32,00	172,80
	Troca a cada 2.000 horas	98,00	264,60
Alternador	Troca de velas a cada 300 horas	83,00	1494,00
	Troca cabo de velas a cada 1.000 horas	125,00	675,00
Sistema de refrigeração	Troca do líquido refrigerante, da correia dentada e do esticador da correia a cada 1.000 horas	269,00	1452,60
Rolamento	Troca a cada 2.000 horas	120,00	324,00
	Lubrificar a cada 1.000 horas	30,00	162,00

### 5.5.2. TRIBUTOS

De acordo com a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE, 2017), os tributos incidentes nas receitas obtidas com a venda de energia elétrica produzida são:

Programa de Integração Social – PIS: 1,65% a.m.

Contribuição para Financiamento da Seguridade Social – COFINS: 7,6% a.m.

Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços – ICMS: 25% a.m.

Imposto de Renda – IR: 25% a.a.

## 5.6. ANÁLISE ECONÔMICA

### 5.6.1. FINANCIAMENTO

O valor total do projeto foi de aproximadamente R\$ 1.100.000,00, sendo R\$ 110.000,00 do capital do proprietário e R\$ 990.000,00 financiados em cinco anos pelo Banco do Brasil a uma taxa de 8% a.a., que representa 0,643% a.m.

O sistema de amortização escolhido foi a Tabela Price, pois é utilizada na maior parte dos empréstimos e sua principal característica é o valor fixo das parcelas. O sistema de amortização do investimento está demonstrado no Apêndice A.

### 5.6.2. FLUXO DE CAIXA

O fluxo de caixa foi projetado com todas as entradas e saídas referentes aos cinco anos. O custo de depreciação está inserido no valor do custo da manutenção e operação.

A venda de crédito de carbono não foi considerada, pois o projeto não passou da quinta fase do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e, portanto, não foi aprovado.

Os quadros abaixo representam a simulação todos os valores de entrada e saída, representando o fluxo de caixa dos primeiros cinco anos do projeto.

FLUXO DE CAIXA MENSAL	Maio/2017	Junho/2017	Julho/2017	Agosto/2017	Setembro/2017	Outubro/2017	Novembro/2017	Dezembro/2017
<b>Entradas</b>	R\$ 47.834,21	R\$ 96.640,15	R\$ 96.640,15	R\$ 96.640,15	R\$ 47.834,21	R\$ 96.640,15	R\$ 96.640,15	R\$ 96.640,15
Venda de Energia	R\$ 46.938,32	R\$ 95.744,26	R\$ 95.744,26	R\$ 95.744,26	R\$ 46.938,32	R\$ 95.744,26	R\$ 95.744,26	R\$ 95.744,26
Biofertilizante	R\$ 895,89	R\$ 895,89	R\$ 895,89	R\$ 895,89	R\$ 895,89	R\$ 895,89	R\$ 895,89	R\$ 895,89
<b>Saídas</b>	R\$ 59.923,25	R\$ 76.639,28	R\$ 76.639,28	R\$ 76.639,28	R\$ 59.923,25	R\$ 76.639,28	R\$ 76.639,28	R\$ 76.639,28
Manutenção e operação	R\$ 1.546,25	R\$ 1.546,25	R\$ 1.546,25	R\$ 1.546,25	R\$ 1.546,25	R\$ 1.546,25	R\$ 1.546,25	R\$ 1.546,25
PIS e COFINS	R\$ 4.341,79	R\$ 8.856,34	R\$ 8.856,34	R\$ 8.856,34	R\$ 4.341,79	R\$ 8.856,34	R\$ 8.856,34	R\$ 8.856,34
ICMS	R\$ 11.734,58	R\$ 23.936,06	R\$ 23.936,06	R\$ 23.936,06	R\$ 11.734,58	R\$ 23.936,06	R\$ 23.936,06	R\$ 23.936,06
Imposto de Renda	R\$ 13.923,79	R\$ 13.923,79	R\$ 13.923,79	R\$ 13.923,79	R\$ 13.923,79	R\$ 13.923,79	R\$ 13.923,79	R\$ 13.923,79
Despesas suínos	R\$ 8.437,50	R\$ 8.437,50	R\$ 8.437,50	R\$ 8.437,50	R\$ 8.437,50	R\$ 8.437,50	R\$ 8.437,50	R\$ 8.437,50
Parcela Financiamento	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34
<b>Geração de caixa</b>	<b>-R\$ 12.089,04</b>	<b>R\$ 20.000,87</b>	<b>R\$ 20.000,87</b>	<b>R\$ 20.000,87</b>	<b>-R\$ 12.089,04</b>	<b>R\$ 20.000,87</b>	<b>R\$ 20.000,87</b>	<b>R\$ 20.000,87</b>

**Quadro 2 – Simulação do fluxo de caixa de 2017**  
Fonte: Autoria própria

FLUXO DE CAIXA MENSAL	Janeiro/2018	Fevereiro/2018	Março/2018	Abril/2018	Maio/2018	Junho/2018	Julho/2018	Agosto/2018	Setembro/2018	Outubro/2018	Novembro/2018	Dezembro/2018
<b>Entradas</b>	R\$ 51.247,14	R\$ 101.506,66	R\$ 101.506,66	R\$ 101.506,66	R\$ 51.247,14	R\$ 101.506,66	R\$ 101.506,66	R\$ 101.506,66	R\$ 51.247,14	R\$ 101.506,66	R\$ 101.506,66	R\$ 101.506,66
Venda de Energia	R\$ 50.261,67	R\$ 100.521,19	R\$ 100.521,19	R\$ 100.521,19	R\$ 50.261,67	R\$ 100.521,19	R\$ 100.521,19	R\$ 100.521,19	R\$ 50.261,67	R\$ 100.521,19	R\$ 100.521,19	R\$ 100.521,19
Biofertilizante	R\$ 985,47	R\$ 985,47	R\$ 985,47	R\$ 985,47	R\$ 985,47	R\$ 985,47	R\$ 985,47	R\$ 985,47	R\$ 985,47	R\$ 985,47	R\$ 985,47	R\$ 985,47
<b>Saídas</b>	R\$ 62.059,88	R\$ 79.273,77	R\$ 79.273,77	R\$ 79.273,77	R\$ 62.959,72	R\$ 80.173,61	R\$ 80.173,61	R\$ 80.173,61	R\$ 62.959,72	R\$ 80.173,61	R\$ 80.173,61	R\$ 80.173,61
Manutenção e operação	R\$ 1.700,88	R\$ 1.700,88	R\$ 1.700,88	R\$ 1.700,88	R\$ 1.700,88	R\$ 1.700,88	R\$ 1.700,88	R\$ 1.700,88	R\$ 1.700,88	R\$ 1.700,88	R\$ 1.700,88	R\$ 1.700,88
PIS e COFINS	R\$ 4.649,20	R\$ 9.298,21	R\$ 9.298,21	R\$ 9.298,21	R\$ 4.649,20	R\$ 9.298,21	R\$ 9.298,21	R\$ 9.298,21	R\$ 4.649,20	R\$ 9.298,21	R\$ 9.298,21	R\$ 9.298,21
ICMS	R\$ 12.565,42	R\$ 25.130,30	R\$ 25.130,30	R\$ 25.130,30	R\$ 12.565,42	R\$ 25.130,30	R\$ 25.130,30	R\$ 25.130,30	R\$ 12.565,42	R\$ 25.130,30	R\$ 25.130,30	R\$ 25.130,30
Imposto de Renda	R\$ 13.923,79	R\$ 13.923,79	R\$ 13.923,79	R\$ 13.923,79	R\$ 14.823,63	R\$ 14.823,63	R\$ 14.823,63	R\$ 14.823,63	R\$ 14.823,63	R\$ 14.823,63	R\$ 14.823,63	R\$ 14.823,63
Despesas suínos	R\$ 9.281,25	R\$ 9.281,25	R\$ 9.281,25	R\$ 9.281,25	R\$ 9.281,25	R\$ 9.281,25	R\$ 9.281,25	R\$ 9.281,25	R\$ 9.281,25	R\$ 9.281,25	R\$ 9.281,25	R\$ 9.281,25
Parcela Financiamento	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34
<b>Geração de Caixa</b>	<b>-R\$ 10.812,74</b>	<b>R\$ 22.232,89</b>	<b>R\$ 22.232,89</b>	<b>R\$ 22.232,89</b>	<b>-R\$ 11.712,58</b>	<b>R\$ 21.333,05</b>	<b>R\$ 21.333,05</b>	<b>R\$ 21.333,05</b>	<b>-R\$ 11.712,58</b>	<b>R\$ 21.333,05</b>	<b>R\$ 21.333,05</b>	<b>R\$ 21.333,05</b>

**Quadro 3 – Simulação do fluxo de caixa de 2018**  
Fonte: Autoria própria

FLUXO DE CAIXA MENSAL	Janeiro/2019	Fevereiro/2019	Março/2019	Abril/2019	Maio/2019	Junho/2019	Julho/2019	Agosto/2019	Setembro/2019	Outubro/2019	Novembro/2019	Dezembro/2019
<b>Entradas</b>	R\$ 53.809,49	R\$ 106.581,99	R\$ 106.581,99	R\$ 106.581,99	R\$ 53.809,49	R\$ 106.581,99	R\$ 106.581,99	R\$ 106.581,99	R\$ 53.809,49	R\$ 106.581,99	R\$ 106.581,99	R\$ 106.581,99
Venda de Energia	R\$ 52.774,75	R\$ 105.547,25	R\$ 105.547,25	R\$ 105.547,25	R\$ 52.774,75	R\$ 105.547,25	R\$ 105.547,25	R\$ 105.547,25	R\$ 52.774,75	R\$ 105.547,25	R\$ 105.547,25	R\$ 105.547,25
Biofertilizante	R\$ 1.034,74	R\$ 1.034,74	R\$ 1.034,74	R\$ 1.034,74	R\$ 1.034,74	R\$ 1.034,74	R\$ 1.034,74	R\$ 1.034,74	R\$ 1.034,74	R\$ 1.034,74	R\$ 1.034,74	R\$ 1.034,74
<b>Saídas</b>	R\$ 64.991,72	R\$ 82.807,62	R\$ 82.807,62	R\$ 82.807,62	R\$ 66.474,08	R\$ 84.289,98	R\$ 84.289,98	R\$ 84.289,98	R\$ 66.474,08	R\$ 84.289,98	R\$ 84.289,98	R\$ 84.289,98
Manutenção e operação	R\$ 1.870,97	R\$ 1.870,97	R\$ 1.870,97	R\$ 1.870,97	R\$ 1.870,97	R\$ 1.870,97	R\$ 1.870,97	R\$ 1.870,97	R\$ 1.870,97	R\$ 1.870,97	R\$ 1.870,97	R\$ 1.870,97
PIS e COFINS	R\$ 4.881,66	R\$ 9.763,12	R\$ 9.763,12	R\$ 9.763,12	R\$ 4.881,66	R\$ 9.763,12	R\$ 9.763,12	R\$ 9.763,12	R\$ 4.881,66	R\$ 9.763,12	R\$ 9.763,12	R\$ 9.763,12
ICMS	R\$ 13.452,37	R\$ 26.386,81	R\$ 26.386,81	R\$ 26.386,81	R\$ 13.452,37	R\$ 26.386,81	R\$ 26.386,81	R\$ 26.386,81	R\$ 13.452,37	R\$ 26.386,81	R\$ 26.386,81	R\$ 26.386,81
Imposto de Renda	R\$ 14.823,63	R\$ 14.823,63	R\$ 14.823,63	R\$ 14.823,63	R\$ 16.305,99	R\$ 16.305,99	R\$ 16.305,99	R\$ 16.305,99	R\$ 16.305,99	R\$ 16.305,99	R\$ 16.305,99	R\$ 16.305,99
Despesas suínos	R\$ 10.023,75	R\$ 10.023,75	R\$ 10.023,75	R\$ 10.023,75	R\$ 10.023,75	R\$ 10.023,75	R\$ 10.023,75	R\$ 10.023,75	R\$ 10.023,75	R\$ 10.023,75	R\$ 10.023,75	R\$ 10.023,75
Parcela Financiamento	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34
<b>Geração de Caixa</b>	<b>-R\$ 11.182,23</b>	<b>R\$ 23.774,37</b>	<b>R\$ 23.774,37</b>	<b>R\$ 23.774,37</b>	<b>-R\$ 12.664,59</b>	<b>R\$ 22.292,01</b>	<b>R\$ 22.292,01</b>	<b>R\$ 22.292,01</b>	<b>-R\$ 12.664,59</b>	<b>R\$ 22.292,01</b>	<b>R\$ 22.292,01</b>	<b>R\$ 22.292,01</b>

**Quadro 4 – Simulação do fluxo de caixa de 2019**  
Fonte: Autoria Própria

FLUXO DE CAIXA MENSAL	Janeiro/2020	Fevereiro/2020	Março/2020	Abril/2020	Maiço/2020	Junho/2020	Julho/2020	Agosto/2020	Setembro/2020	Outubro/2020	Novembro/2020	Dezembro/2020
<b>Entradas</b>	R\$ 58.134,94	R\$ 115.129,24	R\$ 115.129,24	R\$ 115.129,24	R\$ 58.134,94	R\$ 115.129,24	R\$ 115.129,24	R\$ 115.129,24	R\$ 58.134,94	R\$ 115.129,24	R\$ 115.129,24	R\$ 115.129,24
Venda de Energia	R\$ 56.996,73	R\$ 113.991,03	R\$ 113.991,03	R\$ 113.991,03	R\$ 56.996,73	R\$ 113.991,03	R\$ 113.991,03	R\$ 113.991,03	R\$ 56.996,73	R\$ 113.991,03	R\$ 113.991,03	R\$ 113.991,03
Biofertilizante	R\$ 1.138,21	R\$ 1.138,21	R\$ 1.138,21	R\$ 1.138,21	R\$ 1.138,21	R\$ 1.138,21	R\$ 1.138,21	R\$ 1.138,21				
<b>Saídas</b>	R\$ 67.790,00	R\$ 87.235,83	R\$ 87.235,83	R\$ 87.235,83	R\$ 70.902,96	R\$ 90.348,79	R\$ 90.348,79	R\$ 90.348,79	R\$ 70.902,96	R\$ 90.348,79	R\$ 90.348,79	R\$ 90.348,79
Manutenção e operação	R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00				
PIS e COFINS	R\$ 5.272,20	R\$ 10.649,45	R\$ 10.649,45	R\$ 10.649,45	R\$ 5.272,20	R\$ 10.649,45	R\$ 10.649,45	R\$ 10.649,45	R\$ 5.272,20	R\$ 10.649,45	R\$ 10.649,45	R\$ 10.649,45
ICMS	R\$ 14.429,18	R\$ 28.497,76	R\$ 28.497,76	R\$ 28.497,76	R\$ 14.429,18	R\$ 28.497,76	R\$ 28.497,76	R\$ 28.497,76	R\$ 14.429,18	R\$ 28.497,76	R\$ 28.497,76	R\$ 28.497,76
Imposto de Renda	R\$ 14.823,63	R\$ 14.823,63	R\$ 14.823,63	R\$ 14.823,63	R\$ 17.936,59	R\$ 17.936,59	R\$ 17.936,59	R\$ 17.936,59	R\$ 17.936,59	R\$ 17.936,59	R\$ 17.936,59	R\$ 17.936,59
Despesas suínos	R\$ 10.825,65	R\$ 10.825,65	R\$ 10.825,65	R\$ 10.825,65	R\$ 10.825,65	R\$ 10.825,65	R\$ 10.825,65	R\$ 10.825,65				
Parcela Financiamento	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34				
<b>Geração de Caixa</b>	<b>-R\$ 9.655,06</b>	<b>R\$ 27.893,41</b>	<b>R\$ 27.893,41</b>	<b>R\$ 27.893,41</b>	<b>-R\$ 12.768,02</b>	<b>R\$ 24.780,45</b>	<b>R\$ 24.780,45</b>	<b>R\$ 24.780,45</b>	<b>-R\$ 12.768,02</b>	<b>R\$ 24.780,45</b>	<b>R\$ 24.780,45</b>	<b>R\$ 24.780,45</b>

**Quadro 5 – Simulação do fluxo de caixa de 2020**  
Fonte: Autoria própria

FLUXO DE CAIXA MENSAL	Janeiro/2021	Fevereiro/2021	Março/2021	Abril/2021	Maiço/2021	Junho/2021	Julho/2021	Agosto/2021	Setembro/2021	Outubro/2021	Novembro/2021	Dezembro/2021
<b>Entradas</b>	R\$ 63.891,52	R\$ 126.585,25	R\$ 126.585,25	R\$ 126.585,25	R\$ 63.891,52	R\$ 126.585,25	R\$ 126.585,25	R\$ 126.585,25	R\$ 63.891,52	R\$ 126.585,25	R\$ 126.585,25	R\$ 126.585,25
Venda de Energia	R\$ 62.696,40	R\$ 125.390,13	R\$ 125.390,13	R\$ 125.390,13	R\$ 62.696,40	R\$ 125.390,13	R\$ 125.390,13	R\$ 125.390,13	R\$ 62.696,40	R\$ 125.390,13	R\$ 125.390,13	R\$ 125.390,13
Biofertilizante	R\$ 1.195,12	R\$ 1.195,12	R\$ 1.195,12	R\$ 1.195,12	R\$ 1.195,12	R\$ 1.195,12	R\$ 1.195,12	R\$ 1.195,12				
<b>Saídas</b>	R\$ 73.466,38	R\$ 94.938,98	R\$ 94.938,98	R\$ 94.938,98	R\$ 74.901,31	R\$ 96.373,91	R\$ 96.373,91	R\$ 96.373,91	R\$ 74.901,31	R\$ 96.373,91	R\$ 96.373,91	R\$ 96.373,91
Manutenção e operação	R\$ 2.750,00	R\$ 2.750,00	R\$ 2.750,00	R\$ 2.750,00	R\$ 2.750,00	R\$ 2.750,00	R\$ 2.750,00	R\$ 2.750,00				
PIS e COFINS	R\$ 5.799,42	R\$ 11.598,59	R\$ 11.598,59	R\$ 11.598,59	R\$ 5.799,42	R\$ 11.598,59	R\$ 11.598,59	R\$ 11.598,59	R\$ 5.799,42	R\$ 11.598,59	R\$ 11.598,59	R\$ 11.598,59
ICMS	R\$ 15.674,10	R\$ 31.347,53	R\$ 31.347,53	R\$ 31.347,53	R\$ 15.674,10	R\$ 31.347,53	R\$ 31.347,53	R\$ 31.347,53	R\$ 15.674,10	R\$ 31.347,53	R\$ 31.347,53	R\$ 31.347,53
Imposto de Renda	R\$ 17.936,59	R\$ 17.936,59	R\$ 17.936,59	R\$ 17.936,59	R\$ 19.371,52	R\$ 19.371,52	R\$ 19.371,52	R\$ 19.371,52	R\$ 19.371,52	R\$ 19.371,52	R\$ 19.371,52	R\$ 19.371,52
Despesas suínos	R\$ 11.366,93	R\$ 11.366,93	R\$ 11.366,93	R\$ 11.366,93	R\$ 11.366,93	R\$ 11.366,93	R\$ 11.366,93	R\$ 11.366,93				
Parcela Financiamento	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34	R\$ 19.939,34				
<b>Geração de Caixa</b>	<b>-R\$ 9.574,86</b>	<b>R\$ 31.646,27</b>	<b>R\$ 31.646,27</b>	<b>R\$ 31.646,27</b>	<b>-R\$ 11.009,79</b>	<b>R\$ 30.211,34</b>	<b>R\$ 30.211,34</b>	<b>R\$ 30.211,34</b>	<b>-R\$ 11.009,79</b>	<b>R\$ 30.211,34</b>	<b>R\$ 30.211,34</b>	<b>R\$ 30.211,34</b>

**Quadro 6 – Simulação do fluxo de caixa de 2021**  
Fonte: Autoria própria

## 5.7. RESULTADOS

As ferramentas de Engenharia Econômica utilizadas para os cálculos foram do Microsoft Excel. O Valor Presente Líquido (VPL) encontrado para os cinco anos de investimento foi de -R\$ 33.083,23. A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) considerada foi de 15%, proposta pelo proprietário. A Taxa Interna de Retorno encontrada foi de 10,52%. O tempo de retorno do investimento calculado foi de seis anos. O projeto foi considerado inviável pelo tempo solicitado de cinco anos.

VPL	<b>- R\$ 33.083,23</b>
TMA	<b>15%</b>
TIR	<b>10,52%</b>
PAYBACK	<b>6 anos</b>

**Quadro 7 – Resultados encontrados do estudo de viabilidade econômica**  
**Fonte: Autoria Própria**

## 6. CONCLUSÃO

A utilização das ferramentas VPL, TIR e *Payback* é de extrema importância para o procedimento de análise de viabilidade a fim de verificar se um projeto de geração de biogás a partir de resíduos sólidos orgânicos é viável.

Para o presente estudo, foi escolhida uma empresa de cerâmica, que cria suínos em sua fase de terminação para utilizar o esterco como matéria-prima para geração de energia elétrica através de um motor-gerador. O biodigestor analisado no estudo é um modelo tubular contínuo, com calha de água em alvenaria, uma manta plástica como gasômetro e possui o formato de tronco de pirâmide inferior. Para análises, foram calculados os valores de geração de resíduos orgânicos, a geração de biogás e energia elétrica, a partir de dados da literatura. Para cálculo da viabilidade econômica da implantação do biodigestor na indústria, foram utilizadas as ferramentas VPL, TIR e *Payback*, estruturado no fluxo de caixa, considerando o investimento, financiamento, depreciação, impostos, custos de manutenção e operação e receitas da venda de energia elétrica, biofertilizante e dos suínos. Não foi considerada a venda de créditos de carbono, pois o projeto não passou da quinta fase do MDL.

A aplicação do procedimento para a análise de viabilidade não se demonstrou viável economicamente na simulação de cinco anos, com uma TIR de 10,52% e um VPL de -R\$ 33.083,23 para uma taxa mínima de atratividade de 15%. O tempo de retorno do investimento calculado foi de seis anos, acima do estipulado inicialmente pelo proprietário.

Cabe o desafio de fazer um estudo de análise de viabilidade em longo prazo a fim de encontrar retorno financeiramente. E também a ideia de fomentar a utilização do potencial do biogás em indústrias localizadas em regiões com grande atividade agropecuária para a geração de energia elétrica gerando benefícios ambientais e econômicos.

## REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Normas técnicas. Norma técnica NBR-10004: resíduos sólidos – classificação (versão revisada)**. Rio de Janeiro, 2004.
- ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2011. 184p.
- ANDRADE, F. T. et al. **Análise da viabilidade econômico-financeira da cafeicultura: um estudo nas principais regiões produtoras de café do Brasil**. XVI Congresso Brasileiro de Custos: Fortaleza - Ceará, 2009.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Venda de Energia Elétrica**. São Paulo, 2017. Disponível em: [http://aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output\\_Noticias.cfm?Identidade=8269&id\\_area=90](http://aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=8269&id_area=90). Acesso em: 7 nov. 2017.
- ANDREOLI, et al. Secagem e higienização de lodos com o aproveitamento do biogás. In: CASSINI, Sérgio Túlio. **Digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento de biogás**. Vitória, ES: PROSAB, 2003. p. 121-165.
- BENINCASA, M.; ORTOLANI, A. F.; LUCAS JR, J. **Biodigestores convencionais**. Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, p1-15, 1990.
- BLEY JR., Cícero. **Biogás: a energia invisível**. 2ª ed. São Paulo: CIBiogás; Foz do Iguaçu: ITAIPU Binacional. 2015
- BOLETIM ENFOQUE – **Biodigestor “PE”, fonte alternativa energética e de biofertilizantes**. Edição 03, Recife, 1999.
- BRITO, Paulo. **Análise e Viabilidade de Projetos de Investimento**. 2 ed. São Paulo; ATLAS, 2006.
- BROM, L. G.; BALIAN, J. E. A. **Análise de investimentos e capital de giro: conceitos e aplicações**. São Paulo: Saraiva, 2007.
- CASAROTTO FILHO, Nelson. **Análise de Investimentos**: Matemática Financeira, Engenharia Econômica, Tomada de Decisão, Estratégia Empresarial; Nelson Casarotto Filho, Bruno Hartmut Kopittke. – 11.ed. – São Paulo: Atlas, 2010.
- CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Obrigações Fiscais na Comercialização de Energia**. São Paulo, 2017. Disponível em: [http://ccee.org.br/ccee/documentos/CCEE\\_382025](http://ccee.org.br/ccee/documentos/CCEE_382025). Acesso em: 7 nov. 2017.

CENBIO – Centro Nacional de Referência em Biomassa. **Geração de energia elétrica a partir de Biogás de Tratamento de Esgoto**. São Paulo, 2014. Disponível em: [http://biogas.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/27/2014/01/cenbio\\_geracao\\_energia\\_eletrica\\_partir\\_biogas.pdf](http://biogas.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/27/2014/01/cenbio_geracao_energia_eletrica_partir_biogas.pdf) >. Acesso em: 30 mai. 2017.

COELHO, S. T. **Biofuels: advantages and trade barriers**. Genebra: UNCTAD; DITC; TED, 2005. Disponível em: [http://www.unctad.org/en/docs/ditcted20051\\_en.pdf](http://www.unctad.org/en/docs/ditcted20051_en.pdf) >. Acesso em: 29 mai. 2017.

COLDEBELLA, A. **Viabilidade do uso do biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais**. Dissertação de Mestrado. CCET-Unioeste. Cascavel. 2006.

COLOMBO, U. **Development and the global environment, in the energy-environment connection**. Island Press, USA: Jack M. Hollander, 1992.

COOPER T. **Inadequate life? Evidence of consumer attitudes to product obsolescence**. Consum Policy. 2004.

COUTO, L. C.; COUTO, L.; FARINHA, L.; BARCELLOS, D. C. Vias de Valorização Energética de Biomassa. **Biomassa e Energia**. Viçosa, v.1, n.1, p.71-92, 2004.

CORTEZ et al. Biodigestão de Efluentes. In: CORTEZ, Luís Augusto Barbosa; LORA, Electro Eduardo Silva; GÓMEZ, Edgardo Olivares. **Biomassa para energia**. Campinas, SP: UNICAMP. 2008

COSTA, David Freire da. **Geração de energia elétrica a partir do biogás do tratamento de esgoto**. 2006. 194f. Dissertação (Mestrado em energia), PIPGE/USP, São Paulo, 2006. Disponível em: [http://homologa.ambiente.sp.gov.br/biogas/docs/artigos\\_dissertacoes/costa.pdf](http://homologa.ambiente.sp.gov.br/biogas/docs/artigos_dissertacoes/costa.pdf) >. Acesso em: 30 mai. 2017.

DEGANUTTI, R.; PALHACI, M. C. J. P.; ROSSI, M.; TAVARES, R. **Biodigestores Rurais: Modelos Indiano, Chinês e Batelada**. Trabalho apresentado no AGRENER 2002. Departamento de Artes e Representação Gráfica, FAAC – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. UNESP – Bauru, São Paulo, 2002.

EMBRAPA. **Plano Nacional de Agroenergia**. Secretaria de Produção e Agroenergia, República Federativa do Brasil, 2006. Disponível em: [http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/PLANOS/PNA\\_2006\\_2011/PLANO%20NACIONAL%20DE%20AGROENERGIA%202006%20-%202011-%20PORTUGUES.PDF](http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/PLANOS/PNA_2006_2011/PLANO%20NACIONAL%20DE%20AGROENERGIA%202006%20-%202011-%20PORTUGUES.PDF) >. Acesso em: 29 mai. 2017.

ENSSLIN, Leonardo; VIANNA, W. Barbosa. **O Design na Pesquisa Quali-quantitativa em Engenharia de Produção**: Questões Epistemológicas. Revista Produção Online. Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, Vol. 8, Num. 1, mar. 2008. Disponível em: <http://www.producaoonline.inf.br/> >. Acesso em: 11 mai. 2017.

GASPAR, R. M. B. L. **Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo-PR.** 2006.

GOLDEMBERG, J. **The promise of clean energy.** Energy policy, Elsevier, v.34, n.15, p. 2185-2190. 2006.

Günther WMR, Ribeiro H, Jacobi PR, Besen GR, Demajorovic J. **Programas de coleta seletiva em parceria com organizações de catadores: indicadores de sustentabilidade.** In: Anais da RESILIMP 2006 – Seminário Internacional de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública e ISWA Beacon Conference, São Paulo; Brasil, 2006.

HINRICHS, R.A., KLEINBACH, M.K. **Energia e meio ambiente.** 3.<sup>a</sup> ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades.** 2010. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=412635>>. Acesso em: 11 de maio de 2017.

KAUARK, F.; MANHÃES. F.C.; MEDEIROS. C.H. **Metodologia da pesquisa: guia prático.** Itabuna: Via Litterarum, 2010.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Preços médios mensais pagos pela agricultura.** São Paulo, 2016. Disponível em: <[http://ciagri.iea.sp.gov.br/bancoiea/precor.aspx?cod\\_tipo=6&cod\\_sis=14](http://ciagri.iea.sp.gov.br/bancoiea/precor.aspx?cod_tipo=6&cod_sis=14)>. Acesso em 7 nov. 2017.

KHALID, A.; ARSHAD, M.; ANJUM, M.; MAHMOOD, T.; DAWSON, L. **The Anaerobic Digestion of Solid Organic Waste.** In Waste Management, 31. 2011. P. 1737-1744.

KUNZ, A. **Dimensionamento e manejo de biodigestores.** Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2010. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br>>. Acesso em: 05 dez. 2017.

LEITE, L.E.C., MONTEIRO, J.H.P., 2005. **Aterros Sanitários e Créditos de Carbono: oportunidades para ajudar a resolver o problema ambiental.** IBAM – Municípios – Revista de Administração Municipal, jan., Rio de Janeiro.

LEITE, Rogério Cezar de Cerqueira; LEAL, Manoel Régis L. V.. **O biocombustível no Brasil.** CEBRAP, São Paulo, n. 78, jul. 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-3302007000200003&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-3302007000200003&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 29 mai. 2017

LIMA, J. D. **Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil.** João Pessoa, PB: ABES, 2001.

LORA, E.E.S.; TEIXEIRA, S.N. **Conservação de energia: eficiência energética de instalação de equipamento.** Itajubá, MG: FUPAI, 2001.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Balanço energético nacional 2016**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <[http://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2016.pdf](http://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf)>. Acesso em: 27 mai. 2017

NOGUEIRA, L. A. H.. **Biodigestão: a alternativa energética**. Nobel, São Paulo, 1992.

OPAS – Organização Pan-Americana de Saúde. **Relatório da evolução regional dos serviços de manejo de resíduos sólidos municipais na América Latina e Caribe**. Washington, D.C. 2005.

PEREIRA, E. L.; CAMPOS, C. M. M.; MOTERANI, F. Avaliação do desempenho físico-químico de um reator UASB constituído em escala piloto na remoção de poluentes de efluentes de suinocultura. **Ambi-Agua**. Taubaté, v.5, n.1, p.79-88. 2010.

PIEROBON, Luiz Ricardo Pedra. **Sistema de geração de energia de baixo custo utilizando biogás proveniente de aterro sanitário**. Tese de Doutorado, PROMEC/UFRGS, 2007. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/10867/000602082.pdf?sequence=1> >. Acesso em: 30 mai. 2017

ROSSILO, FRANK et al. **Uso da biomassa para produção de energia na indústria Brasileira**. Editora Unicamp. São Paulo. 2005.  
SANTOS, P. **Guia técnico de biogás**. Portugal: Centro para a Conservação de Energia. 2000.

SCHWADE, Gilmar Marcelo. **Geração de energia elétrica com uso do biogás proveniente do tratamento de dejetos da suinocultura**. Monografia. Ijuí. 2006.

SEAB – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. **Suinocultura Paranaense**. Curitiba, PR, 2015. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=185>>. Acesso em: 25 out. 2017.

SEBRAE. **Análise e Planejamento Financeiro**: Manual do Participante. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresa – Sebrae. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br>>. Acesso em: 31 mai. 2017.

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. **Oportunidades da Cadeia Produtiva de Biogás para o Estado do Paraná**. Curitiba: SENAI/PR. 2016

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

SILVA, Edison Renato Pereira da et al. **Dimensionamento da produção de biogás a partir de resíduos residenciais, industriais e de matrizes suínas na comunidade de Vila Paciência (RJ)**. Disponível em: <<http://www.gpi.ufrj.br/pdfs/artigos>>. Acesso em: 30 mai. 2017.

SOUZA, S. N. M.; PEREIRA, W. C.; NOGUEIRA, C. E. C.; PAVAN, A. A.; SORDI, A. **Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerado utilizando biogás da suinocultura.** Acta Scientiarum Technology, Maringá, v. 26, p. 127-133, 2004.

UNFPA – Fundo de População das Nações Unidas. **População.** 2013. Disponível em: <<http://www.unfpa.org.br/novo/index.php/populacao>>. Acesso em: 04 de abril de 2017.

ZULAUF, M. **Geração com biogás de aterros de lixo.** In: Dossiê: Energia Positiva para o Brasil. Disponível em: <http://www.greenpeace.org.br>>. Acesso em: 29 mai. 2017.

## APÊNDICE A – Sistema de amortização do investimento

<b>AMORTIZAÇÃO - TABELA PRICE</b>				
	<b>Parcela</b>	<b>Amortizações</b>	<b>Juros</b>	<b>Saldo Devedor</b>
<b>Meses</b>	-	-		990.000,00
<b>1</b>	19.939,34	13.573,64	6.365,70	976.426
<b>2</b>	19.939,34	13.660,92	6.278,42	962.765
<b>3</b>	19.939,34	13.748,76	6.190,58	949.017
<b>4</b>	19.939,34	13.837,16	6.102,18	935.180
<b>5</b>	19.939,34	13.926,14	6.013,20	921.253
<b>6</b>	19.939,34	14.015,68	5.923,66	907.238
<b>7</b>	19.939,34	14.105,80	5.833,54	893.132
<b>8</b>	19.939,34	14.196,50	5.742,84	878.935
<b>9</b>	19.939,34	14.287,79	5.651,55	864.648
<b>10</b>	19.939,34	14.379,66	5.559,68	850.268
<b>11</b>	19.939,34	14.472,12	5.467,22	835.796
<b>12</b>	19.939,34	14.565,17	5.374,17	821.231
<b>13</b>	19.939,34	14.658,83	5.280,51	806.572
<b>14</b>	19.939,34	14.753,09	5.186,26	791.819
<b>15</b>	19.939,34	14.847,95	5.091,39	776.971
<b>16</b>	19.939,34	14.943,42	4.995,92	762.027
<b>17</b>	19.939,34	15.039,51	4.899,84	746.988
<b>18</b>	19.939,34	15.136,21	4.803,13	731.852
<b>19</b>	19.939,34	15.233,54	4.705,81	716.618
<b>20</b>	19.939,34	15.331,49	4.607,85	701.287
<b>21</b>	19.939,34	15.430,07	4.509,27	685.857
<b>22</b>	19.939,34	15.529,28	4.410,06	670.327
<b>23</b>	19.939,34	15.629,14	4.310,20	654.698
<b>24</b>	19.939,34	15.729,63	4.209,71	638.969
<b>25</b>	19.939,34	15.830,77	4.108,57	623.138
<b>26</b>	19.939,34	15.932,57	4.006,78	607.205
<b>27</b>	19.939,34	16.035,01	3.904,33	591.170
<b>28</b>	19.939,34	16.138,12	3.801,22	575.032
<b>29</b>	19.939,34	16.241,89	3.697,46	558.790
<b>30</b>	19.939,34	16.346,32	3.593,02	542.444
<b>31</b>	19.939,34	16.451,43	3.487,91	525.992
<b>32</b>	19.939,34	16.557,21	3.382,13	509.435
<b>33</b>	19.939,34	16.663,67	3.275,67	492.772
<b>34</b>	19.939,34	16.770,82	3.168,52	476.001
<b>35</b>	19.939,34	16.878,66	3.060,68	459.122
<b>36</b>	19.939,34	16.987,19	2.952,15	442.135
<b>37</b>	19.939,34	17.096,41	2.842,93	425.038
<b>38</b>	19.939,34	17.206,34	2.733,00	407.832

39	19.939,34	17.316,98	2.622,36	390.515
40	19.939,34	17.428,33	2.511,01	373.087
41	19.939,34	17.540,39	2.398,95	355.546
42	19.939,34	17.653,18	2.286,16	337.893
43	19.939,34	17.766,69	2.172,65	320.127
44	19.939,34	17.880,93	2.058,41	302.246
45	19.939,34	17.995,90	1.943,44	284.250
46	19.939,34	18.111,62	1.827,73	266.138
47	19.939,34	18.228,07	1.711,27	247.910
48	19.939,34	18.345,28	1.594,06	229.565
49	19.939,34	18.463,24	1.476,10	211.101
50	19.939,34	18.581,96	1.357,38	192.520
51	19.939,34	18.701,44	1.237,90	173.818
52	19.939,34	18.821,69	1.117,65	154.996
53	19.939,34	18.942,72	996,63	136.054
54	19.939,34	19.064,52	874,83	116.989
55	19.939,34	19.187,10	752,24	97.802
56	19.939,34	19.310,47	628,87	78.492
57	19.939,34	19.434,64	504,70	59.057
58	19.939,34	19.559,61	379,74	39.497
59	19.939,34	19.685,37	253,97	19.812
60	19.939,34	19.811,95	127,39	0