



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Tecnologia

Aurélio Baião Diniz

**Estudo de viabilidade econômica do uso de biodigestores em pequenas e  
médias propriedades rurais nas cidades de Resende, Barra Mansa e  
Valença no estado do Rio de Janeiro**

Rio de Janeiro

2024

Aurélio Baião Diniz

**Estudo de viabilidade econômica do uso de biodigestores em pequenas e médias propriedades nas cidades de Resende, Barra Mansa e Valença no estado do Rio de Janeiro**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Tratamento final de Resíduos Sólidos.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Luciana Ghussn

Rio de Janeiro

2024

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

D585 Diniz, Aurélio Baião.  
Estudo de viabilidade econômica do uso de biodigestores em pequenas e médias propriedades nas cidades de Resende, Barra Mansa e Valença no Estado do Rio de Janeiro / Aurélio Baião Diniz . – 2024.  
68 f.

Orientadora: Luciana Ghussn.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia ambiental - Teses. 2. Biodigestores - Teses. 3. Lixo rural - Eliminação - Teses. 4. Recursos energéticos - Teses. 5. Estudos de viabilidade - Teses. I. Ghussn, Luciana. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia. III. Título.

CDU 628.4.042:620.92

Bibliotecária: Júlia Vieira – CRB7/6022

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Aurélio Baião Diniz

**Estudo de viabilidade econômica do uso de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais nas cidades de Resende, Barra Mansa e Valença no estado do Rio de Janeiro**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Resíduos Sólidos.

Aprovado em:

Banca Examinadora:

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Luciana Ghussn (Orientadora)

Faculdade de Tecnologia – UERJ

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Daniella Regina Mulinari DEAMB

Faculdade de Tecnologia – UERJ

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Simone de Fátima Medeiros

Escola de Engenharia de Lorena – USP

Rio de Janeiro

2024

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha esposa e aos meus pais que sempre me apoiaram e me motivaram a iniciar e concluir este Mestrado. Sem eles, seria muito difícil essa conquista.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha orientadora, Luciana Ghussn, pela disponibilidade, pela experiência, pelo seu conhecimento e por orientações para a realização do Mestrado.

Agradeço à Universidade do Estado do Rio de Janeiro, por oferecer Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

Agradeço a Deus, à minha família e aos meus amigos, em especial ao meu amigo Ricardo Hermanny, por tirar minhas dúvidas várias vezes sobre diversos tipos de biodigestores.

Agradeço aos meus pais, Odir e Maria do Carmo, por sempre me motivarem a ser Mestre na minha área de atuação.

## RESUMO

DINIZ, A. B. *Estudo de viabilidade econômica do uso de biodigestores em pequenas e médias propriedades nas cidades de Resende, Barra Mansa e Valença no estado do Rio de Janeiro*. 2023. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

Em muitas propriedades rurais, podem ser observadas grandes quantidades de esterco espalhados pelos pastos, causando degradação ao meio ambiente, com emissões de gases do efeito estufa, poluição de rios e lençóis freáticos, e poluição do solo, sem contar os diversos tipos de pragas. A busca por processos tecnológicos e científicos para controle de fontes de degradação ambiental é muito importante e motiva a realização desse trabalho, uma vez que o descarte dos resíduos sólidos rurais compromete amplamente o meio ambiente. Os biodigestores são uma alternativa para reduzir os danos causados pelo acúmulo de dejetos animais nos solos e/ou descarte em rios. Motivado por uma alternativa ambientalmente correta e economicamente viável, foram realizadas buscas de pesquisas já realizadas com produtores rurais, a fim de procurar entender por que a tecnologia de biodigestores ainda é pouca usada, tecnologia essa que permite transformar todo o desperdício em oportunidade de geração de valor. Considerando as dificuldades que a população rural das cidades de Resende, Barra Mansa e Valença encontra na destinação dos resíduos sólidos, derivados de sua atividade produtiva, e no sentido de compreender por que os produtores rurais não conseguem aproveitar a potencialidade existente nos resíduos orgânicos, para geração de biogás e biofertilizante, surgiu o interesse de se aprofundar na pesquisa, visto a existência de uma promissora fonte de renda. Desta forma o objetivo desse trabalho foi avaliar a viabilidade econômica do uso de biodigestores para pequenas e médias propriedades rurais nas cidades de Resende, Barra Mansa e Valença, mas primeiramente foi preciso identificar os custos pertinentes a implantação dos biodigestores, através de consulta a fabricantes, e também identificar quais são as receitas econômicas geradas com a utilização dos biodigestores e por fim calcular e interpretar os índices econômicos para a análise de viabilidade financeira. No resultado da análise de viabilidade financeira para geração de energia térmica, obteve-se *payback* (tempo de retorno sobre o investimento) mínimo de 2,1 anos para uma propriedade com 40 animais e o máximo de 4,7 anos sobre o capital investido para uma propriedade com 10 animais. Assim é possível concluir que, independentemente do tamanho da propriedade, após sanadas todas as dúvidas quanto ao arranjo físico do curral, tempo e esforço físico na remoção dos resíduos, local de instalação, investimento e operação, a baixa utilização da tecnologia se faz em função da falta de conhecimento dos produtores rurais e também da ausência de empresas tecnicamente capazes nas cidades de Resende, Barra Mansa e Valença, e que a grande maioria dos produtores estão dispostos a investir na tecnologia de biodigestores não somente para geração de valor, mas também na melhoria de processos para preservação do meio ambiente.

Palavras-chave: Biogás; Biofertilizante; Geração de Valor; Energia; Resíduos sólidos; Biodigestor; Viabilidade econômica.

## ABSTRACT

DINIZ, A. B. *Economic feasibility study and the importance of the use of biodigestors in small and medium rural properties in South Fluminense-RJ*. 2023. 68 f. Dissertation (Master's Degree in Environmental Engineering) - Faculty of Engineering, Rio de Janeiro State University, Rio de Janeiro, 2023.

In many rural properties, large amounts of manure scattered through pastures can be observed, causing environmental degradation, with greenhouse gas emissions, river pollution, and soil contamination, not to mention the various types of pests, such as: white fly, fleas and brown caterpillars. The search for technological and scientific processes to control sources of environmental degradation is very important and motivates the study, since the disposal of rural solid waste largely compromises the environment. Biodigesters are an alternative to reducing the damage caused by the accumulation of animal waste in the soil and/or discards in rivers. Motivated by the search for an environmentally correct and economically viable alternative, interviews were conducted in the presence and remotely, to seek to understand why rural producers still do not make use of the technology of biodigesters; this technology allows to turn all waste into an opportunity to generate value. Considering that in this survey identified the difficulties that the rural population in the cities Resende, Barra Mansa e Valença finds in the destination of solid waste, derived from their productive activity, and in the sense of understanding why the rural producers cannot take advantage of the potential existing in organic waste, the interest was born to go deeper in the research, given the existence of a promising source of income. Therefore, the objective of this work was to evaluate the economic viability of using biodigesters for small and medium-sized rural properties in the cities of Resende, Barra Mansa and Valença, but first it was necessary to identify the costs pertinent to the implementation of biodigesters, through consultation with manufacturers, and also identify the economic revenues generated with the use of biodigesters and finally calculate and interpret the economic indices for the analysis of financial viability. In the result of the feasibility analysis generated, we had a minimum payback of 2,1 years for a property with 10 animals and a maximum of 4,7 years on the invested capital for a property with 40 animals. Thus it is possible to conclude that, regardless of the size of the property, after solved all the doubts regarding the physical arrangement of the curral, time and physical effort in the removal of the waste, place of installation, investment and operation, the low use of the technology is due to the lack of knowledge of rural producers and also the absence of technically capable companies in the cities Resende, Barra Mansa e Valença Region, and that the vast majority of producers are willing to invest in the technology of biodigesters not only for value generation, but also in the improvement of processes for preservation of the environment.

Keywords: Biogas; Biofertilizer; Value Generation; Energy; Solid waste; Biodigester; Economic viability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização das cidades de Resende, Barra Mansa e Valença .....	16
Figura 2 - Biodigestor.....	18
Figura 3 – Reação de acidogênese.....	22
Figura 4 – Visita a propriedade localizada em Barra Mansa .....	30
Figura 5 – Tipo de biodigestor para tratamento de 5m <sup>3</sup> .....	31
Figura 6 – Medida da vala necessária instalação biodigestor de 5m <sup>3</sup> .....	32
Figura 7 – Layout de instalação de biodigestor de 5m <sup>3</sup> .....	32
Figura 8 – Tipo de biodigestor para tratamento de 10m <sup>3</sup> .....	33
Figura 9 - Medidas da vala necessária instalação do biodigestor 10m <sup>3</sup> .....	34
Figura 10 – Layout de instalação biodigestor 10m <sup>3</sup> .....	34
Figura 11 – Tipo de biodigestor para tratamento de 20m <sup>3</sup> .....	35
Figura 12 - Medidas da vala necessária instalação do biodigestor 20m <sup>3</sup> .....	36
Figura 13 – Layout de instalação biodigestor 20m <sup>3</sup> .....	36
Figura 14 - Fluxograma das etapas da pesquisa .....	46
Figura 15 – Percentual de produtores que já conheciam biodigestores.....	47
Figura 16 – Percentual de propriedades que possuem biodigestores .....	48
Figura 17 – Avaliação do motivo pelo qual o agricultor não tem um biodigestor .....	49
Figura 18 – Principal resíduo orgânico disponível nas propriedades.....	50
Figura 19 – Percentual de produtores que gostariam de conhecer mais sobre biodigestores...	51
Figura 20 - Percentual de produtores interessados em adquirir biodigestor .....	51
Figura 21 – Percentual de produtores que sabem o valor do investimento .....	52
Figura 22 - Percentual de produtores dispostos a investir em biodigestor .....	53

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Relação receita x investimento.....	42
Gráfico 2 – VPL dos projetos.....	43
Gráfico 3 – TIR dos projetos.....	44
Gráfico 4 – Payback Descontado .....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características socioeconômicas das cidades .....	17
Tabela 2 – Orçamento de biodigestor de 5m <sup>3</sup> .....	38
Tabela 3 – Orçamento de biodigestor de 10m <sup>3</sup> .....	38
Tabela 4 – Orçamento de biodigestor de 20m <sup>3</sup> .....	39
Tabela 5 – Dados para definição de receita e investimento - 5m <sup>3</sup> 10m <sup>3</sup> e 20m <sup>3</sup> .....	39
Tabela 6 – Fluxo de caixa - biodigestor de 5m <sup>3</sup> .....	40
Tabela 7 – Fluxo de caixa - biodigestor de 10m <sup>3</sup> .....	41
Tabela 8 – Fluxo de caixa - biodigestor de 20m <sup>3</sup> .....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CH <sub>4</sub>	Gás Metano
CO <sub>2</sub>	Gás Carbônico
CSTR	Complete Stirred Tank Reactor
C/N	Relação carbono nitrato
GEE	Gases do efeito estufa
IL	Índice de lucratividade
N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso
TDH	Tempo de detenção hidráulica
TIR	Taxa interna de retorno
TMA	Taxa mínima de atratividade
UV	Ultravioleta
VPL	Valor presente líquido
VPLR	Valor Presente Líquido Relativo

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>1 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>16</b>
1.1. Cidades de aplicação da pesquisa .....	16
1.2. O que é um biodigestor e seu funcionamento .....	17
1.3. A importância do biodigestor .....	18
1.4. Tipos de biodigestores para pequenas e média propriedade.....	19
1.5. Aspectos técnicos para garantir a boa utilização de um biodigestor.....	20
1.6. Processos químicos que ocorrem na digestão anaeróbica.....	21
1.7. Recomendações do uso do biodigestor.....	23
1.8. Análise de viabilidade econômica financeira .....	24
1.8.1. Valor presente líquido (VPL) .....	24
1.8.2. Taxa interna de retorno (TIR) .....	26
1.8.3. Índice de Lucratividade (IL).....	26
1.8.4. <i>Payback</i> Simples .....	27
1.8.5. <i>Payback</i> Descontado .....	28
1.9. Fluxo de caixa .....	28
1.9.1. Fluxo de caixa simples .....	28
1.9.2. Fluxo de caixa descontado .....	28
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>29</b>
2.1. Pesquisas e visitas realizadas em propriedades rurais.....	29
2.2. Dimensionamento dos biodigestores .....	31
2.3. Orçamento dos biodigestores dimensionados .....	37
2.4. Previsão de receita .....	39
2.5. Projeção do fluxo de caixa e análise de viabilidade financeira .....	40
2.6. Interpretação dos resultados da análise de viabilidade financeira .....	42
<b>3 RESULTADOS</b> .....	<b>47</b>
3.1 Discussões .....	54
3.1.2 Oportunidades.....	54
3.1.3 Dificuldades.....	55
3.3 Considerações finais .....	57
<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>59</b>

<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>60</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>66</b>
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>67</b>

## INTRODUÇÃO

Visto as recentes catástrofes ambientais ao redor do mundo e no Brasil, principalmente as chuvas e, conseqüentemente, enchentes, pode-se perceber que a temperatura do planeta está aumentando, e um dos motivos para tal acontecimento é a falta ou inadequada destinação dos resíduos sólidos, sejam urbanos ou rurais, que uma vez não tratados de forma correta emitem gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, além de outros problemas (IPCC, 2021).

Avaliar as variações e tendências climáticas é uma tarefa importante, na medida em que permite observar tanto regionalmente, bem como localmente os reflexos das mudanças climáticas globais (EZAZ et al, 2022). E são nesses níveis que os impactos são / serão deflagrados, demandando políticas efetivas de adaptação.

Quando os resíduos sólidos são descartados de forma inadequada, sem a devida impermeabilização e controle de gases, eles acabam emitindo gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, como o metano ( $\text{CH}_4$ ) e o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), agravando o aquecimento global. Além disso, a decomposição dos resíduos orgânicos sem tratamento pode gerar chorume, contaminando os solos e os cursos d'água (IPCC, 2022). Pompeia e Schneider (2022) afirmam que, o agronegócio é responsabilizado cada vez mais pela degradação do meio ambiente, em especial pelos recursos naturais como as águas e os solos.

O tamanho do rebanho somente de bovinos no Brasil é praticamente o tamanho da população humana, e esse número tende a aumentar em função da demanda mundial de alimentos, o que acarreta aumento na produção de resíduos. (PODESTA, 2023). Todo sistema de produção e consumo implica na geração de uma quantidade de subprodutos e resíduos, e não é diferente no ambiente rural.

É verdade que a produção agropecuária, especialmente a produção de leite e carne bovina, gera resíduos, como fezes, urina, restos de alimentos e embalagens, que precisam ser tratados adequadamente para minimizar impactos ambientais negativos (JABRO et al., 2020)

Por isso, é importante que a produção agropecuária seja realizada de forma sustentável, com a adoção de técnicas que visem a redução do uso de recursos naturais e a minimização dos impactos ambientais. Isso pode incluir a adoção de técnicas de manejo do solo, uso de adubos orgânicos, redução do uso de agrotóxicos, investimentos em tecnologias de tratamento de resíduos agropecuários que possa reduzir as emissões de GEE. A criação de bovinos de corte e leite é responsável por 96,9% dessas emissões (SEEG, 2021). Além disso, através das excretas (urina e esterco) produzem óxido nitroso a partir de nitrogênio ( $\text{N}_2\text{O}$ ) (HOCQUETTE et al., 2018).

De acordo com fatores como a origem, localização e as quantidades, esses resíduos podem apresentar danos ao meio ambiente e prejuízos financeiros. A destinação ou o tratamento inadequado dos resíduos sólidos também é um dos principais problemas de saúde, tanto das pessoas quanto dos animais, causando doenças que podem ser facilmente evitadas (DA SILVA et al., 2019).

A biomassa escolhida para o desenvolvimento da pesquisa são os dejetos animais, restos de alimentos e outros materiais orgânicos provenientes da criação de animais, também podem ser considerados. A definição de biomassa se dá a quaisquer materiais decompostos por causas biológicas. A biomassa decomposta sob as ações de bactérias metanogênicas (produtoras de metano) produz biogás em maior ou menor quantidade, em virtude de fatores como a temperatura, presença ou não de oxigênio, nível de umidade, e quantidade de bactérias em conformidade com volume e ao tipo de biomassa, entre outros (VIEGAS et al., 2023).

O esterco bovino proveniente da atividade leiteira, que é predominante nas cidades de Resende, Barra Mansa e Valença, pode ser tratado com a tecnologia de biodigestores, uma alternativa para o tratamento dos resíduos sólidos rurais, a fim de se obter energia térmica sustentável (LOPES et al., 2020).

O biodigestor, além de evitar emissões de GEE pela digestão anaeróbica, tem como produto principal o biogás, que pode ser armazenado e assim gerar energia térmica ou elétrica para consumo diretamente na propriedade. Além do biogás também é gerado o biofertilizante, que é um adubo natural (FERNANDES; MARIANI, 2022).

O biofertilizante resultante do processo de biodigestão precisa ser tratado antes de ser descartado ou utilizado como fertilizante, sendo utilizado como fertilizante, reduz o uso de fertilizantes químicos. Dependendo da composição do biofertilizante, podem ser necessários processos de separação sólido-líquido, tratamento biológico adicional ou tratamento químico (SCARLAT; DALLEMAND; FAHL, 2018).

Para geração de energia elétrica, são necessários outros equipamentos como o purificador de biogás, para que o biogás tenha no mínimo 90% metano, e o motogerador, sendo este segundo só encontrado no mercado com capacidade para grandes quantidades de biogás, o que não se aplica para os pequenos e médios produtores da presente pesquisa (CIBIOGÁS, 2021).

Considerando outros estudos de análise de viabilidade econômica para uso da energia elétrica, como Duarte e Raphael (2017, p. 58) da Universidade Federal Tecnológica do Paraná, que reportam que “a aplicação do procedimento para a análise de viabilidade econômica não se demonstrou viável economicamente na simulação de cinco anos”, e também Cataplan e

Anderson (2013), que deixa claro a “necessidade de quantidade mínima de animais” para geração de energia elétrica, a presente pesquisa será pautada na geração e utilização de energia térmica, uma vez que a grande maioria das propriedades tem até 100 bovinos, o que de fato inviabiliza a geração de energia elétrica.

Foi apresentado por Carvalho e Elenice (2017), no Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade, um artigo que reforça o propósito do trabalho, que é apresentar aos pequenos e médios produtores que o uso do biodigestor não só agrega melhoria ao meio ambiente e na qualidade vida humana e animal, mas também é economicamente viável, trazendo geração de renda (MAZIEIRO, 2020).

Para realização da análise de viabilidade econômica-financeira da implantação de um biodigestor, os indicadores utilizados são: VPL (Valor Presente Líquido), TIR (Taxa Interna de Retorno), *Payback* (Tempo de retorno do investimento), TMA (Taxa mínima de atratividade) e IL (Índice de Lucratividade) (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2010).

Face ao contexto explicitado anteriormente, a pesquisa tem como:

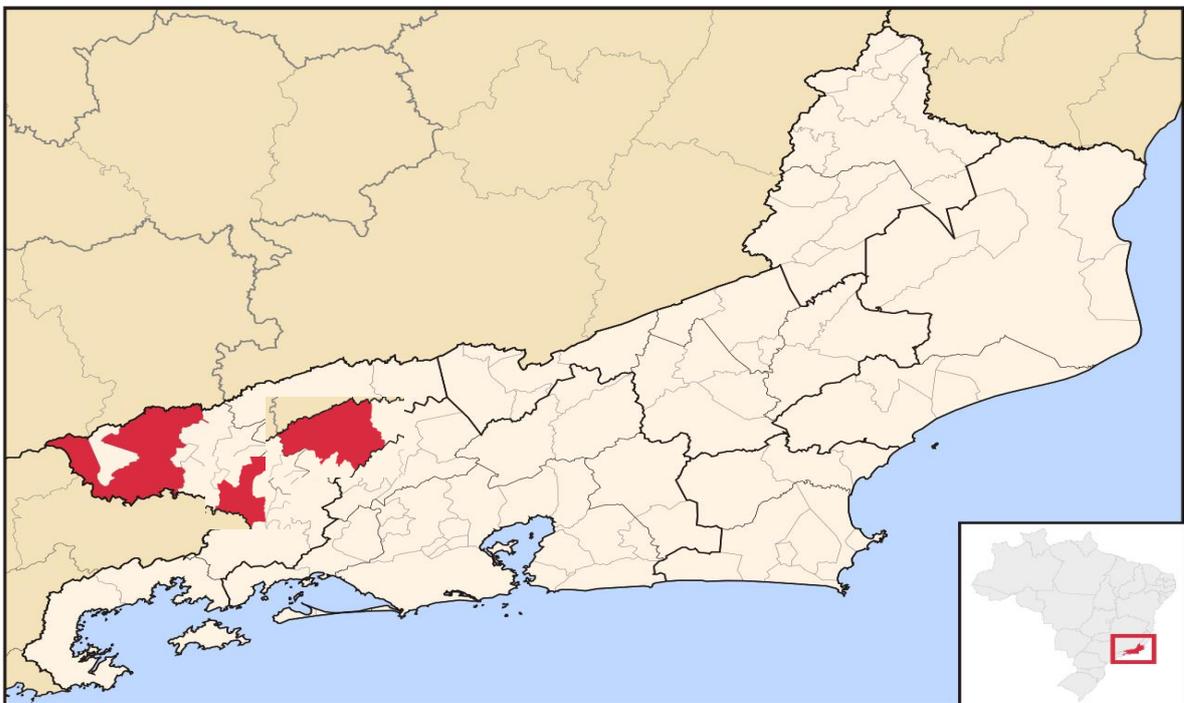
- Objetivo geral:  
Avaliar a viabilidade econômica do uso de biodigestores para pequenas e médias propriedades rurais nas cidades de Resende, Barra Mansa e Valença.
- Objetivos específicos:
  - i. Identificar os custos pertinentes a implantação de biodigestores;
  - ii. Identificar quais são as receitas econômicas geradas com a utilização dos biodigestores;
  - iii. Calcular e interpretar os índices econômicos para a análise de viabilidade econômica;

## 1 REVISÃO DA LITERATURA

### 1.1. Cidades de aplicação da pesquisa

As cidades de Resende, Barra Mansa e Valença, apresentadas na Figura 1, estão localizadas no Sul Fluminense do estado do Rio de Janeiro, suas economias são baseadas na indústria metalmecânica, automotiva, metalúrgica, siderúrgica, cimenteira, alimentícia e energética (usinas termoelétricas, termonucleares e hidrelétricas), com destaque nas atividades agropecuárias, principalmente a criação de gado leiteiro, que é o setor de principal interesse da presente pesquisa.

**Figura 1** - Mapa de localização das cidades de Resende, Barra Mansa e Valença



Fonte: IBGE, 2022.

Na Tabela 1 são apresentadas as características das cidades de Resende, Barra Mansa e Valença. Resende e Valença se destacam por ter extensão territorial maior que Barra Mansa o que evidencia maior extensão de área rural, já Barra Mansa tem maior concentração de habitantes por km<sup>2</sup>, que apesar de ter menor extensão territorial é a cidade mais populosa entres as três cidades citadas.

**Tabela 1** – Características socioeconômicas das cidades

Município	Imagem	Área (km <sup>2</sup> ) em 2022	População em 2022	Densidade demográfica (hab/km <sup>2</sup> ) em 2022	PIB per capita em 2020 (R\$)
 Barra Mansa		547,133	169.894	310,52	31.943,28
 Resende		1.099,33	129.612	117,9	61.373,00
 Valença		1.300,77	68.088	52,34	29.267,52

Fonte: IBGE, 2022.

A pesquisa concentrou-se em três cidades, Resende, Valença e Barra Mansa, de acordo com o site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) as três juntas totalizam aproximadamente 202.192 bovinos, sendo Resende com 56.676, Valença com 106.316 e Barra Mansa com 39.199 (IBGE, 2022).

No ranking de produção leiteira Resende, Barra Mansa e Valença só ficam atrás de Campos dos Goytacazes, porém a produção somada corresponde a 42% de toda a produção do estado do Rio de Janeiro (IBGE, 2022).

Nota-se também a melhora na qualidade do leite, que implica não somente na qualidade do produto, mas também em todo processo produtivo, o que permite estar integrando novas tecnologias, como a dos biodigestores. A tecnologia de biodigestores existe há anos, o primeiro biodigestor instalado no Brasil foi no ano de 1979 na Granja do torto em Brasília (CIBIOGÁS, 2021).

## 1.2. O que é um biodigestor e seu funcionamento

O biodigestor pode ser feito de fibra de vidro de forma cilíndrica, como demonstrado na Figura 2, e como todo biodigestor, sua função é fermentar de forma anaeróbica a matéria

orgânica que, no caso, consiste em esterco bovino. Biodigestor é um equipamento que decompõe a matéria orgânica (esterco) de forma simples e prática, sem a presença do oxigênio, fornecendo condições ideais para que um grupo de bactérias faça a decomposição da matéria orgânica, tendo como resultado a liberação do biogás e a produção de biofertilizantes (RODRIGUES et al., 2019).

Existem diferentes modelos de biodigestores, contudo, geralmente a maioria é composta essencialmente por duas partes: um recipiente para receber e comportar o processo de digestão da biomassa, e o gasômetro (campânula). Podem ser abastecidos de forma contínua ou intermitente; contínua quando utiliza sua capacidade máxima de armazenamento de biomassa, retendo-a até a completa biodigestão, então, retiram-se os restos da digestão e faz-se nova recarga, já o modelo de abastecimento intermitente é mais indicado quando há codigestão de materiais orgânicos de decomposição lenta e com longo período de produção, como no caso de palha ou forragem misturada a dejetos animais (EMBRAPA, 2021).

**Figura 2** - Biodigestor



**Fonte:** Visita realizada em fazenda localizada em Valença

### **1.3. A importância do biodigestor**

Cada vez mais é necessário a oferta de produtos e serviços sustentáveis, e que seus meios de produção não sejam danosos ao meio de ambiente, mas também de igual relevância precisam

ter processos eficientes de baixo custo para que possam ser absorvidos e usados por parte ou pela totalidade dos produtores rurais (CANAL RURAL, 2023).

O uso do biodigestor é capaz de gerar ganhos, não somente ao meio ambiente, mas também ganhos sociais e econômicos. Proporciona eliminar os resíduos e a poluição, circula produtos e materiais e regenerar a natureza, uma vez que toda matéria orgânica é reaproveitada no processo de digestão anaeróbica, produzindo biogás e biofertilizantes, que por sua vez são usados com energia térmica e fertilizante natural para as plantações (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2020).

A utilização de biodigestores, permite reduzir a quantidade emitida de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e de metano ( $\text{CH}_4$ ), que são gases causadores do efeito estufa, na atmosfera, uma vez que, o esterco tratado será usado para geração de biogás (TONETTI et al., 2018).

Além do biogás, o biodigestor gera biofertilizante, também conhecido como digestato, é um insumo barato e eficaz na fertilização do solo, é uma opção para o produtor rural recuperar o solo e aprovisionar os nutrientes que faltam ou que se encontram em baixa concentração, indispensáveis para o crescimento das plantações (DE OLIVEIRA, 2018).

A implantação de um biodigestor reduz a necessidade de lenha ou de gás de cozinha, poupando recursos ambientais e econômicos. A respeito do custo inicial de instalação, o biodigestor resulta em economia, pois reduz gastos com a compra de adubo e com a eliminação dos resíduos orgânicos (CIBIOGÁS, 2021).

Com o esterco sendo tratado com o uso de biodigestores, a incidência de insetos diminui, melhorando a saúde animal, fazendo com que a produtividade por litro de leite aumente e o produtor possa ter um aumento de receita, além de tornar a área de convívio homem/animal mais saudável para ambos (PIZARRO-LOAIZA et al., 2021).

#### **1.4. Tipos de biodigestores para pequenas e média propriedade**

Para pequenas e médias propriedades os dois tipos de biodigestores recomendados são o modelo CSTR (Complete Stirred Tank Reactor) e o modelo Indiano. O CSTR ou reator anaeróbio de tanque agitado, é um tipo de biodigestor que consiste em um tanque fechado e agitado continuamente para manter uma mistura homogênea da matéria orgânica em processo de digestão. Nesse tipo de biodigestor, a alimentação é contínua, e o material orgânico é mantido em suspensão pela agitação constante. O gás produzido é coletado na parte superior do tanque e pode ser utilizado como fonte de energia. O Biodigestor CSTR é amplamente utilizado em pequenas e médias propriedades rurais, além de indústrias e estações de tratamento

de esgoto. Ele apresenta como vantagens a facilidade de operação e manutenção, além de ser um sistema mais robusto e resistente a variações na qualidade e quantidade do material orgânico alimentado (EMBRAPA, 2018).

O biodigestor modelo Indiano é um tipo de biodigestor de baixo custo e fácil construção, que se tornou bastante popular na Índia. Ele consiste em uma câmara subterrânea, feita de tijolos ou cimento, onde são depositados os resíduos orgânicos, como esterco animal, restos de alimentos e plantas. A fermentação anaeróbia ocorre dentro da câmara, com a ajuda de bactérias que decompõem os resíduos e produzem biogás (EMBRAPA, 2018).

A seleção do biodigestor depende de vários fatores, como a disponibilidade de matéria orgânica, a escala do projeto e as características do local.

### **1.5. Aspectos técnicos para garantir a boa utilização de um biodigestor**

Existem alguns aspectos técnicos que são importantes para garantir o bom funcionamento de um biodigestor, segundo Oliveira et al. (2019), a relação Carbono/Nitrogênio (C/N) é um desses aspectos, consiste na proporção entre o teor de carbono e o teor de nitrogênio na matéria orgânica alimentada ao biodigestor. Uma relação C/N adequada, geralmente entre 20:1 e 30:1, fornece condições ideais para o crescimento bacteriano e uma digestão eficiente.

A temperatura é outro aspecto técnico, sendo um fator crítico para o funcionamento do biodigestor, tem efeitos importantes nas propriedades físico-químicas de componentes encontrados nos substratos anaeróbios. Também influencia a velocidade de crescimento e metabolismo dos microrganismos, e com isso, a dinâmica populacional em um biodigestor (KUNZ; STEINMETZ; AMARAL, 2019).

A faixa de temperatura ótima varia de acordo com o tipo de biodigestor e as bactérias presentes, mas geralmente está entre 25°C e 40°C para organismos anaeróbicos e para organismo produtores de metano o ideal ficar entre 30°C e 37°C. Manter a temperatura dentro dessas faixas é fundamental para a atividade microbiana e a produção de biogás, faixas abaixo de 20°C a produção de biogás é comprometida (DE OLIVEIRA, 2018).

O pH é um indicador da acidez ou alcalinidade do meio no biodigestor. A faixa de pH adequada para a maioria dos biodigestores está entre 6,5 e 8,5. É importante monitorar e controlar o pH para garantir condições favoráveis às bactérias anaeróbias e prevenir alterações extremas que possam prejudicar a atividade microbiana

O pH do sistema é controlado pela concentração de dióxido de carbono na fase gasosa e alcalino na fase líquida. Durante a biodigestão, o CO<sub>2</sub> é continuamente liberado como gás (KUNZ; STEINMETZ; AMARAL, 2019).

O Tempo de detenção hidráulica (TDH) é o tempo médio que a matéria orgânica permanece no biodigestor. É calculado dividindo-se o volume do biodigestor pela taxa de alimentação. O TDH adequado depende do tipo de substrato, da temperatura e do projeto do biodigestor. Um TDH insuficiente pode comprometer a eficiência da digestão, enquanto um TDH excessivo pode resultar em um sistema subutilizado (NSAIR et al., 2020).

A mistura adequada do substrato dentro do biodigestor é essencial para garantir uma distribuição uniforme dos micro-organismos, nutrientes e oxigênio. Uma boa mistura evita a formação de zonas mortas e favorece a degradação eficiente da matéria orgânica. Diferentes tipos de biodigestores podem exigir sistemas de mistura específicos, como agitadores mecânicos, bombas de recirculação ou sistemas de circulação de gás. (KUNZ; STEINMETZ; AMARAL, 2019).

No controle de carga e alimentação do biodigestor, a quantidade e a frequência de alimentação do biodigestor devem ser controladas para evitar sobrecarga ou deficiência de matéria orgânica. Uma carga excessiva pode resultar em desequilíbrio da microbiota e em problemas de digestão, enquanto uma carga insuficiente leva a uma baixa produção de biogás. O monitoramento e controle são fundamentais para regular os parâmetros do biodigestor, como temperatura, pH, produção de biogás e composição do biogás. Isso permite identificar problemas e ajustar as condições operacionais, garantindo o bom funcionamento do sistema (ARAÚJO, 2017).

### **1.6. Processos químicos que ocorrem na digestão anaeróbica**

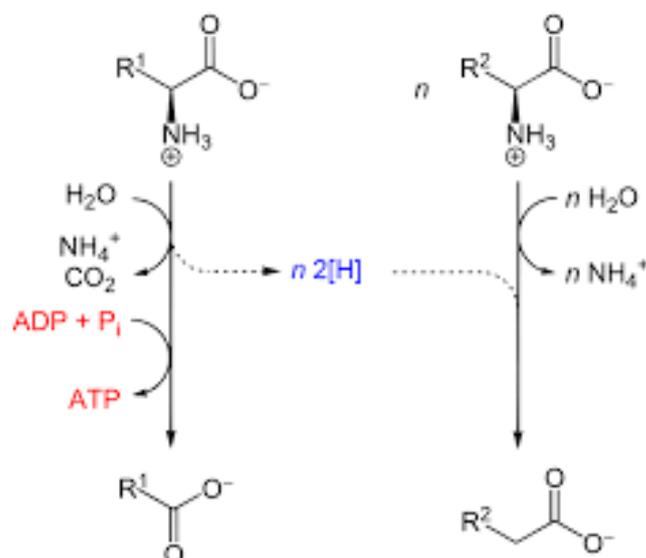
A digestão anaeróbia é um processo metabólico complexo que requer condições anaeróbias e depende da atividade conjunta de uma associação de microrganismos para transformar material orgânico em dióxido de carbono e metano. Na digestão anaeróbia, ocorrem processos químicos que são realizados pelas bactérias presentes no biodigestor. Esses processos químicos envolvem diferentes etapas da decomposição da matéria orgânica e resultam na produção de biogás. Todo esse processo ocorre de forma sequencial, sendo: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. (KUNZ; STEINMETZ; AMARAL, 2019).

Na hidrólise as moléculas complexas de matéria orgânica são quebradas em moléculas menores por meio da ação de enzimas extracelulares excretadas pelas bactérias hidrolíticas. Os polímeros, como proteínas, carboidratos e lipídios, são convertidos em moléculas solúveis,

como aminoácidos, açúcares simples e ácidos graxos, quando a matéria orgânica é complexa e de difícil degradação, a hidrólise tem grande importância na velocidade global de degradação, podendo ser considerada como etapa limitante da velocidade da digestão anaeróbia. O tempo de duração da etapa de hidrólise varia de acordo com as características do substrato, sendo poucas horas para carboidratos e alguns dias para proteínas e lipídios (KUNZ; STEINMETZ; AMARAL, 2019).

Na acidogênese os produtos da hidrólise são fermentados por bactérias acidogênicas, resultando na produção de ácidos orgânicos de cadeia curta, como ácido acético, ácido propiônico e ácido butírico. Esses ácidos são metabólitos intermediários e contribuem para a diminuição do pH do meio. Na acidogênese, os carboidratos, como glicose, são degradados e seu produto é convertido em ácido láctico por *Lactobacillales* e em etanol pela ação de leveduras. Na Figura 3 retrata um exemplo da reação de acidogênese, onde um par de aminoácido é degradado, formando acetato, amônia e dióxido de carbono (KUNZ; STEINMETZ; AMARAL, 2019).

**Figura 3** – Reação de acidogênese



Fonte: KUNZ; STEINMETZ; AMARAL, 2019).

A terceira etapa da digestão anaeróbia é a acetogênese, são endotérmicas e considerada crítica, sendo conduzida por um grupo de bactérias denominadas acetogênicas. Nessa etapa os ácidos de cadeia longa são transformados em ácidos com apenas um ou dois átomos de carbono, com a concomitante produção de hidrogênio e dióxido de carbono. As bactérias

homoacetogênicas regem o equilíbrio da direção da reação de consumo de hidrogênio e gás carbônico para produção de acetado (KUNZ; STEINMETZ; AMARAL, 2019).

As bactérias metanogênicas realizam a etapa final da digestão anaeróbica, convertendo o ácido acético, o hidrogênio e o dióxido de carbono em metano ( $\text{CH}_4$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). A metanogênese é essencial para a produção de biogás, sendo o metano o principal componente combustível e acontecem em condições estritamente anaeróbias (SENAI/PR, 2016, p. 51).

É importante ressaltar que esses processos ocorrem em diferentes grupos de bactérias anaeróbicas que atuam em conjunto em um biodigestor. Cada grupo bacteriano desempenha uma função específica na degradação da matéria orgânica e na conversão dos compostos intermediários em biogás. O equilíbrio entre esses grupos bacterianos é fundamental para um bom desempenho da digestão anaeróbica e uma produção eficiente de biogás (KOSTANESKI, 2018).

### **1.7. Recomendações do uso do biodigestor**

O biodigestor deve ser instalado em um local com boa drenagem, longe de áreas suscetíveis a inundações e longe de raízes de árvores, o local deve ser de fácil acesso para manutenção e limpeza. É importante realizar inspeções periódicas para verificar se o biodigestor está funcionando corretamente, verificar o estado dos tubos, conexões, vedação e equipamentos auxiliares, como agitadores e sistemas de aquecimento, se aplicável (BALMANT, 2018).

É importante o abastecimento com a quantidade correta de matéria orgânica ao biodigestor, a matéria orgânica pode exigir pré-tratamento antes de ser alimentado ao biodigestor, isso pode envolver trituração, mistura e homogeneização dos resíduos para facilitar a digestão anaeróbica. Deverá ser evitado sobrecarregar o sistema com excesso de resíduos, pois isso pode levar a problemas de decomposição e produção inadequada de biogás. Mantenha um equilíbrio entre materiais ricos em carbono e nitrogênio para garantir uma decomposição eficiente (ARAÚJO; DA MATA; SILVA, 2018).

Regularmente deve ser checada a vedação do biodigestor para evitar vazamentos de gás, todas as conexões devem ser bem ajustadas, e que não haja rachaduras ou danos nos componentes, ao lidar com um biodigestor, é importante seguir as medidas de segurança adequadas. Por questão de segurança, fumar ou criar chamas próximas ao biodigestor é proibido, pois o biogás é inflamável. O biodigestor produzirá resíduos sólidos no fundo,

conhecidos como digestato e periodicamente é necessário remover esses resíduos para garantir a eficiência do sistema, o digestato pode ser usado como biofertilizante (BRASIL, 2019).

### 1.8. Análise de viabilidade econômica financeira

A análise da viabilidade econômica financeira é a interpretação de um projeto ao longo do tempo afim de justificar sua implantação, a interpretação é feita através de indicadores, entre os indicadores existentes para identificar se o projeto é viável os mais utilizados são o *payback* simples, *payback* descontado, o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e Índice de lucratividade (IL). Para Gitman (2010), a análise da viabilidade econômica financeira envolve métodos, cálculos e interpretações de resultados financeiros para compreender e acompanhar o desempenho de uma empresa, os indicadores sugeridos, são o *payback*, o VPL e a TIR. Além desses indicadores é importante conhecer o fluxo de caixa simples e o fluxo de caixa descontado.

#### 1.8.1. Valor presente líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido (VPL) é um indicador financeiro que se utiliza para avaliar a viabilidade econômica de um investimento. O seu objetivo é determinar se um projeto ou investimento é viável, considerando o valor do dinheiro no tempo, o VPL é calculado descontando os fluxos de caixa futuros de um projeto para o valor presente, ou seja, trazendo esses fluxos de caixa para o valor atual, isso é feito utilizando uma taxa de desconto, que representa a taxa mínima de retorno requerida pelo investidor para aceitar o projeto.

A fórmula para calcular o VPL

$$v_{PL} = \sum_{t=1}^n \frac{FC_1}{(1+r)^t} - FC_0$$

Fonte: (Gitman 2010).

Onde:

$FC_0$  representa o investimento inicial de um projeto.

$FC_1$  representa valor presente das entradas de caixa.

Taxa de desconto é representada por  $r$ , conhecida como custo de capital, custo de oportunidade ou taxa mínima de atratividade.

O período em que ocorrem os fluxos de caixa é representado pela letra  $n$ .

O valor presente líquido (VPL) leva explicitamente em conta o valor do dinheiro no tempo, é considerado uma técnica sofisticada de orçamento de capital, para tomada de decisão, somente são aceitos projetos de VPL positivo, o que significa que o projeto irá cobrir o investimento inicial, projetos com VPL negativo, significa que o projeto não irá cobrir o investimento inicial, considerando a taxa de desconto exigida, portanto não são aceitos. O VPL também permite a comparação entre diferentes projetos ou investimentos, ajudando a identificar qual deles possui o maior retorno líquido em termos de valor presente (GITMAN, 2010).

Para cálculo do VPL é importante definir a taxa de desconto, também conhecida como taxa mínima de atratividade (TMA), que é a taxa utilizada para descontar os fluxos de caixa futuros do projeto para o valor presente, a fim de determinar o valor presente líquido (VPL) e avaliar a viabilidade econômica financeira do investimento (HOJI, 2010).

Para determinação da taxa mínima de atratividade deve considerar o custo de oportunidade, que consiste no custo de abrir mão de uma alternativa de investimento em favor do projeto em análise, representa a taxa de desconto que poderia ser obtida em um investimento similar com risco semelhante, também deve ser considerado o risco do projeto, quanto maior o risco percebido de um projeto, maior será a taxa mínima de atratividade exigida (HIRSCHFELD, 2011).

A determinação da taxa mínima de atratividade pode variar de empresa para empresa e de projeto para projeto, a taxa base para a determinação da TMA utilizada na presente pesquisa foi a taxa Selic que consiste na taxa básica de juros da economia, que influencia outras taxas de juros do país, como taxas de empréstimos, financiamentos e aplicações financeiras (BANCO CENTRAL, 2023).

É importante ressaltar que a taxa de mínima de atratividade envolve considerações estratégicas e financeiras específicas de cada empresa ou investidor. Ela afeta diretamente a avaliação de projetos de investimento, pois influencia o cálculo do VPL e na tomada de decisão quanto à sua viabilidade econômica financeira do projeto (GITMAN, 2010).

### 1.8.2. Taxa interna de retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é um indicador financeiro que se utiliza para avaliar a rentabilidade de um investimento ou projeto. Ela representa a taxa de desconto na qual o valor presente líquido (VPL) de um investimento se iguala a zero, ou seja, é a taxa de retorno que faz com que os fluxos de caixa futuros sejam igualmente compensados pelo investimento inicial, é uma taxa que torna o investimento neutro do ponto de vista do valor presente (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2010).

Se a TIR for maior do que a taxa de desconto utilizada na análise (taxa mínima de atratividade), o projeto é considerado aceito, pois oferece uma taxa de retorno superior ao exigido. Por outro lado, se a TIR for menor do que a taxa de desconto, o projeto é considerado não aceito, pois oferece uma taxa de retorno inferior a exigida (HOJI, 2010).

A TIR é uma medida de rentabilidade que indica a taxa de retorno que iguala o VPL a zero. É amplamente utilizada na análise de investimentos para determinar a atratividade de projetos e comparar diferentes oportunidades de investimento (GITMAN, 2010).

A fórmula para calcular a TIR

$$\sum_{t=1}^n \frac{FC_1}{(1 + TIR)^t} = FC_0$$

Fonte: (Gitman 2010).

### 1.8.3. Índice de Lucratividade (IL)

O Índice de Lucratividade (IL) expressa a relação entre o benefício líquido do investimento (VPL) e o investimento inicial. Ele fornece uma indicação de quanto valor monetário será retornado para cada unidade monetária investida, se o IL for maior do que 1, significa que o projeto apresenta uma lucratividade positiva, ou seja, o retorno esperado é maior do que o investimento inicial, quanto maior o IL, mais lucrativo é o projeto, se IL for igual a 1, indica que o projeto tem um retorno exatamente igual ao investimento inicial e se o IL for menor do que 1, significa que o projeto apresenta uma lucratividade negativa, ou seja, o retorno esperado é menor do que o investimento inicial, nesse caso, o projeto pode não ser viável financeiramente.

O Índice de Lucratividade é uma ferramenta útil para comparar diferentes projetos ou investimentos, permitindo selecionar aqueles que apresentam a melhor relação entre o benefício líquido e o investimento inicial. No entanto, assim como os indicadores financeiros, deve ser utilizado em conjunto com outras análises e considerações para uma avaliação completa da viabilidade do investimento.

A fórmula para calcular o Índice de Lucratividade (IL)

$$IL = VPL \div FC_0$$

Onde VPL é calculado descontando os fluxos de caixa futuros do investimento para o valor presente, utilizando uma taxa de desconto e o investimento inicial ( $FC_0$ ), que representa o montante de recursos financeiros necessários para iniciar o projeto ou realizar o investimento (GOLDMAN apud NETO, 2006).

#### 1.8.4. *Payback* Simples

*Payback* simples, é prazo necessário também conhecido como período de recuperação do investimento, é um indicador financeiro que se utilizada para determinar o tempo necessário para recuperar o investimento inicial realizado em um projeto ou investimento. Ele indica o período de tempo em que os fluxos de caixa gerados pelo projeto serão iguais ou superiores ao investimento inicial (GITMAN, 2010).

Para calcular o *payback* simples, é necessário somar os fluxos de caixa positivos gerados pelo projeto, sequencialmente, até que a soma acumulada seja igual ou maior ao investimento inicial. O período de tempo necessário para alcançar esse ponto é o *payback* simples (SILVA & CIRANI, 2018). O *payback* simples não considera o valor do dinheiro no tempo, ou seja, não leva em conta os efeitos da taxa de desconto. Ele fornece uma medida simples e direta do tempo de recuperação do investimento, mas não considera o valor temporal do dinheiro nem leva em conta os fluxos de caixa gerados após o período de recuperação (GITMAN, 2010).

O *payback* simples não leva em consideração a rentabilidade total do projeto. Ele pode ser útil para avaliar a rapidez com que o investimento inicial será recuperado, especialmente em situações em que o retorno sobre o capital investido seja um fator crítico.

No entanto, o *payback* simples possui algumas limitações, como ignorar o valor do dinheiro no tempo e não considerar os fluxos de caixa gerados após o período de recuperação. Portanto, é recomendado utilizá-lo em conjunto com outras medidas de avaliação financeira,

como o Valor Presente Líquido (VPL) ou a Taxa Interna de Retorno (TIR), para uma análise mais completa e precisa da viabilidade e rentabilidade do projeto (GITMAN, 2010).

#### 1.8.5. *Payback* Descontado

O *payback* descontado é um indicador financeiro mais avançado em comparação com o *payback* simples. Ele leva em consideração o valor do dinheiro no tempo, reconhecendo que um real hoje vale mais do que um real no futuro devido à capacidade de investir e ganhar juros sobre o dinheiro. Para calcular esse indicador, os fluxos de caixa futuros são trazidos a valor presente usando uma taxa de desconto apropriada, geralmente a taxa mínima de atratividade (TMA) da empresa. Isso permite uma análise mais precisa dos projetos, considerando o custo de oportunidade dos recursos financeiros ao longo do tempo e fornecendo uma visão mais completa da viabilidade econômica financeira (GITMAN, 2010).

### **1.9. Fluxo de caixa**

#### 1.9.1. Fluxo de caixa simples

O fluxo de caixa simples é uma ferramenta de gestão financeira que permite acompanhar as entradas e saídas de dinheiro no caixa de um negócio. Ele é composto por um registro de todas as receitas e despesas, previstas e realizadas, em um determinado período de tempo (GITMAN, 2010).

#### 1.9.2. Fluxo de caixa descontado

O fluxo de caixa descontado é uma ferramenta de cálculo de valor de uma empresa, de um projeto específico ou de um ativo. Por meio do fluxo de caixa descontado, é possível trazer, para o presente, mediante uma taxa de desconto, o fluxo de caixa futuro da sua empresa. Esta taxa de desconto costuma ser composta por todos os custos do capital e pelos riscos do empreendimento (GITMAN, 2010).

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Pesquisas e visitas realizadas em propriedades rurais**

Inicialmente, encontros com órgãos como Sindicato rural e a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Rio de Janeiro, cujo é uma instituição pública vinculada à Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária, Pesca e Abastecimento do Rio de Janeiro, mais conhecida nos municípios como Emater, foram realizados previamente as visitas para identificar as propriedades rurais produtoras de leite de cada cidade, que pudessem ser capaz de implementar a tecnologia dos biodigestores e com isso fazer o agendamento das visitas com cada uma delas.

O total de propriedades rurais disponibilizadas pelo Sindicato rural e a Emater-RJ foram 12 (doze), com a lista em mãos foi realizado um cronograma de visitas as propriedades rurais nas cidades de Resende, Barra Mansa e Valença, as visitas aconteceram nos meses de Março a Julho de 2023, meses com mais disponibilidade dos produtores rurais, conforme consta no Apêndice A da presente pesquisa. A finalidade foi explicar a importância do uso dos biodigestores e mostrar a importância da implantação de um biodigestor na propriedade.

Durante as visitas, entender quantas vezes os animais vão até o curral, qual o volume de esterco gerado diariamente, identificar o melhor local para instalação do biodigestor e qual processo produtivo da propriedade pode ser utilizado a energia térmica possível de ser gerada, foram as principais atividades.

Foi utilizada uma pesquisa realizada pela empresa Solar Baião Energias, empresa que atua no setor de energias renováveis, conforme consta no Apêndice B a fim de obter informações que ajudassem no entendimento dos motivos pela qual as propriedades rurais ainda fazem pouco uso dos biodigestores. Conforme site da Solar Baião, a pesquisa foi enviada remotamente para 433 (quatrocentos e trinta e três) produtores rurais através de suas redes sociais, teve duração de três meses e enviada semanalmente, com sucesso de 26 (vinte e seis) respostas.

A pesquisa buscou ponto de vista, opiniões e sugestões dos produtores rurais, sobre o nível de conhecimento a tecnologia de tratamento (biodigestores) dos dejetos orgânicos (esterco) e sua utilização. Compreender o tipo de resíduo gerado na propriedade para melhor aplicação do biodigestor e se a propriedade rural já fazia uso ou não da tecnologia de biodigestores, e se não tivesse, quanto estaria disposto a investir para a utilização de biodigestores.

A pesquisa realizada pela Solar Baião baseou-se em produtores rurais de pequeno e médio porte, onde o foco da pesquisa estava na geração de energia térmica, assim como a preservação do

meio ambiente, bem como identificar oportunidades para uma melhoria de processos e uma possível expansão da produção fazendo uso da tecnologia de biodigestores.

Com as informações colhidas nas pesquisas, foi feita uma comparação entre as respostas para entender a aceitação da tecnologia de biodigestores e as restrições encontradas para seu uso.

Levando em consideração a pesquisa e as visitas realizadas, conforme Figura 4, nas propriedades rurais nas cidades de Resende, Barra Mansa e Valença, foi identificado que a maioria das propriedades são de pequeno e médio porte, sendo assim, o estudo de viabilidade econômica foi baseado em propriedades com 10, 20 e 40 bovinos.

As observações da pesquisa serviram de sustentação e fundamento para melhorar a persuasão juntos aos produtores rurais das cidades de Resende, Barra Mansa e Valença.

**Figura 4** – Visita a propriedade localizada em Barra Mansa



Legenda: Fazenda Três Marias.

Fonte: O Autor, 2023

## 2.2. Dimensionamento dos biodigestores

Para atendimento à propriedade de 10 bovinos, foi dimensionado o biodigestor de lona de 5m<sup>3</sup> com vida útil de 10 anos, cujo tipo, medidas das valas para instalação e *layout* estão demonstrados nas Figuras 5 a 7.

**Figura 5** – Tipo de biodigestor para tratamento de 5m<sup>3</sup>



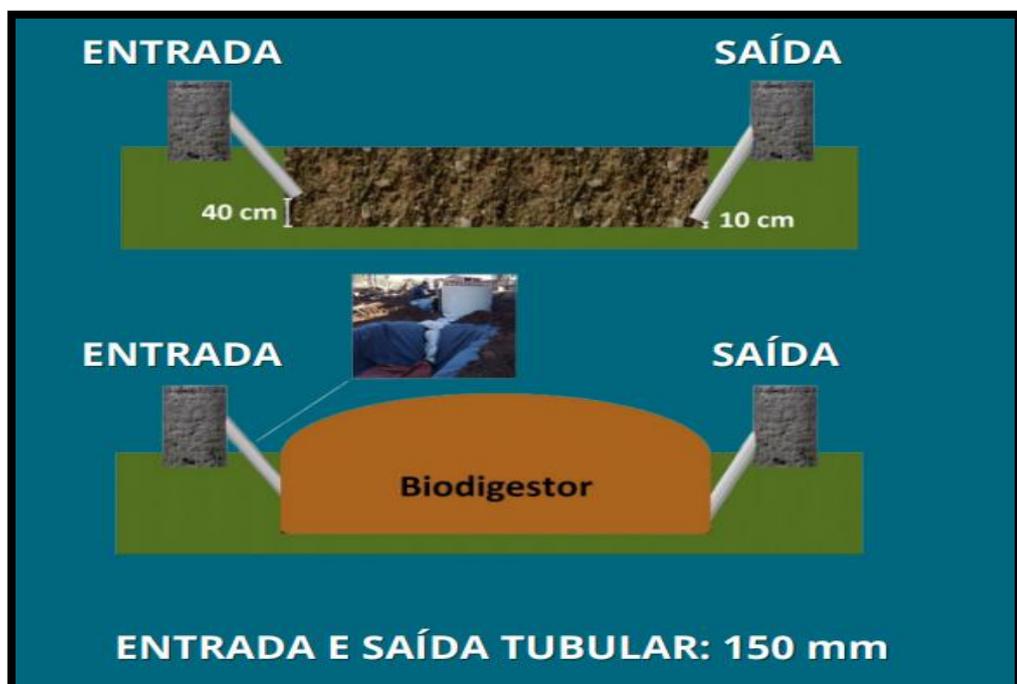
**Fonte:** BTS - Equipamentos para biogás.

**Figura 6** – Medida da vala necessária instalação biodigestor de 5m<sup>3</sup>



Fonte: BTS - Equipamentos para biogás.

**Figura 7** – Layout de instalação de biodigestor de 5m<sup>3</sup>



Fonte: BTS - Equipamentos para biogás.

A instalação deve ser realizada entre o local de descarte do esterco (entrada) da Figura 8 e o ponto de consumo do biogás e do biofertilizante (saída) da Figura 8, levando em consideração as determinações técnicas fornecidas pelo fabricante.

De acordo com manual do fabricante, esse biodigestor tem capacidade de recebimento de 75 kg de dejetos animais por dia, correspondente à produção de 10 bovinos. É capaz de gerar até 2,5 botijões de 13 kg e 5.000 litros de biofertilizantes por mês.

Com a utilização desse biodigestor, por ano, cerca de 7,5 toneladas de CO<sub>2</sub> deixarão de ser emitidos na atmosfera. Para evitar a mesma quantidade de emissão, seriam necessárias pelo menos 42 árvores de 21 anos de idade.

Para atendimento à propriedade de 20 bovinos, foi dimensionado o biodigestor de 10m<sup>3</sup> com vida útil de 10 anos, cujo tipo, medidas das valas para instalação e *layout* estão demonstrados nas Figuras 8 a 10.

**Figura 8** – Tipo de biodigestor para tratamento de 10m<sup>3</sup>



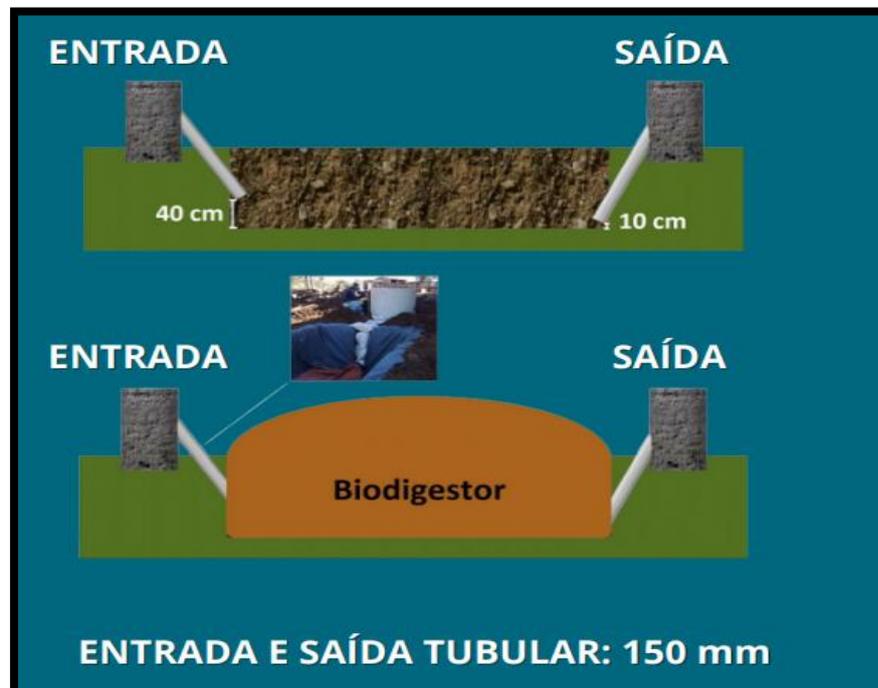
**Fonte:** BGS - Equipamentos para biogás.

**Figura 9** - Medidas da vala necessária instalação do biodigestor 10m<sup>3</sup>



Fonte: BGS - Equipamentos para biogás.

**Figura 10** – *Layout* de instalação biodigestor 10m<sup>3</sup>



Fonte: BGS - Equipamentos para biogás.

De acordo com o manual do fabricante esse biodigestor tem capacidade de recebimento de 150 kg de dejetos animais por dia, correspondente à produção de 20 bovinos. É capaz de gerar até 5 botijões de 13 kg e 10.000 litros de biofertilizantes por mês.

Com a utilização desse biodigestor, por ano, cerca de 13 toneladas de CO<sub>2</sub> deixarão de ser emitidos na atmosfera. Para evitar a mesma quantidade de emissão, seriam necessárias pelo menos 85 árvores de 21 anos de idade.

Para atendimento à propriedade de 40 bovinos, foi dimensionado o biodigestor de 20m<sup>3</sup> com vida útil de 10 anos, cujo tipo, medidas das valas para instalação e *layout* estão demonstrados nas Figuras 11 a 13.

**Figura 11** – Tipo de biodigestor para tratamento de 20m<sup>3</sup>



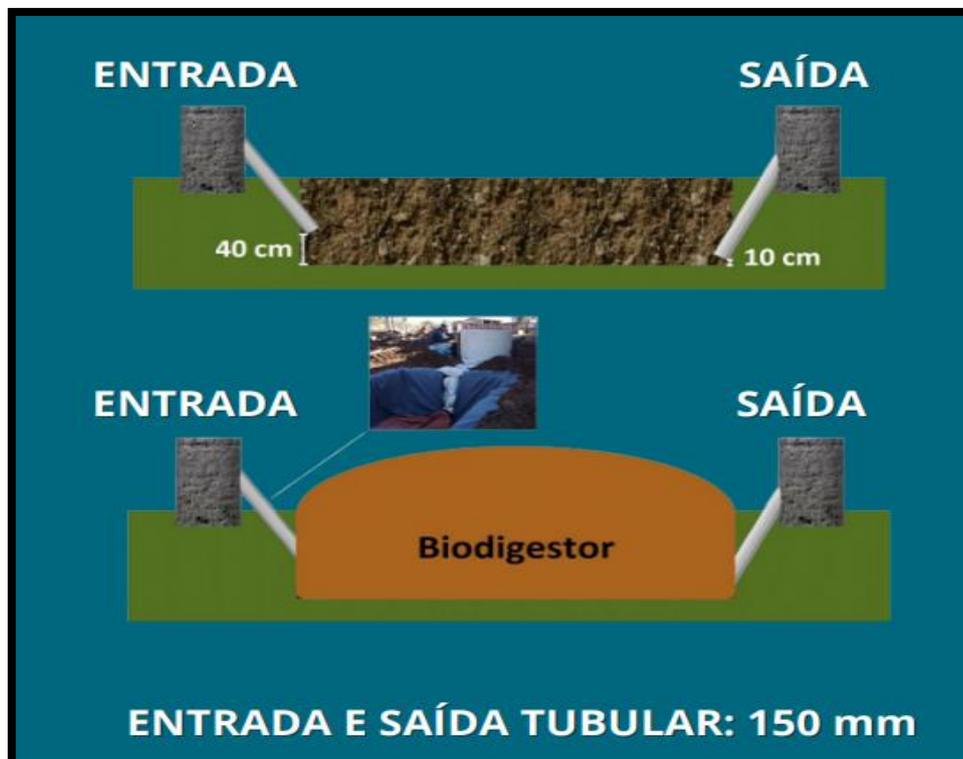
**Fonte:** BGS - Equipamentos para biogás.

**Figura 12** - Medidas da vala necessária instalação do biodigestor 20m<sup>3</sup>



Fonte: BGS - Equipamentos para biogás.

**Figura 13** – Layout de instalação biodigestor 20m<sup>3</sup>



Fonte: BGS - Equipamentos para biogás.

De acordo com o manual do fabricante esse biodigestor tem capacidade de recebimento de 300 kg de dejetos animal por dia, correspondente à produção de 40 bovinos. É capaz de gerar até 10 botijões de 13 kg e 20.000 litros de biofertilizantes por mês.

Com a utilização desse biodigestor, por ano, cerca de 26 toneladas de CO<sub>2</sub> deixarão de ser emitidos na atmosfera. Para evitar a mesma quantidade de emissão, seriam necessárias pelo menos 170 árvores de 21 anos de idade.

### **2.3. Orçamento dos biodigestores dimensionados**

A partir dos dados coletados nas fazendas, foi possível entender a quantidade de esterco gerado em três portes de propriedades, que são: propriedade com 10 animais, 20 animais e 40 animais. Com base na quantidade de esterco gerado, foi possível dimensionar qual tipo de biodigestor seria mais adequado para cada uma delas. Identificado qual biodigestor a ser utilizado, foi realizada uma pesquisa de mercado com fornecedores tecnicamente capazes de se realizar a entrega e, a partir daí, realizar o orçamento para entender o custo do projeto de implementação de um biodigestor e quais receitas podem ser geradas e a partir dessas informações projetar o fluxo de caixa. Com fluxo de caixa foi possível fazer a análise de viabilidade econômica financeira, calculando VPL, TIR, *Payback* e IL e por fim fazer a interpretação dos resultados.

Os valores dos biodigestores desde os anos 2000 apresentam queda, muito em função do aumento da demanda, principalmente no setor agropecuário, algumas ações impulsionaram a utilização dos biodigestores fazendo com que fosse possível a diminuição de custos de produção de alguns insumos, em função do aumento do volume produzido, como por exemplo, lonas e equipamentos de controle (LIEGE, 2020).

As principais ações que impactaram na diminuição dos valores dos biodigestores foi o desenvolvimento do mercado de crédito de carbono, possibilitando novas instalações em 2000, a explosão das energias renováveis em 2008, criação da política nacional de resíduos sólidos em 2010, criação da resolução N° 482 em 2012, que permite o consumidor brasileiro gerar a sua própria energia elétrica a partir de alternativas renováveis e em 2018 foi sancionada a nova Política Estadual (PR) do Biogás e Biometano, que regula os investimentos geração de energia renovável e incentiva as cadeias produtivas (LIEGE, 2020).

Nas Tabela 2 a 4, constam os orçamentos dos biodigestores de 5m<sup>3</sup>, 10m<sup>3</sup> e 20m<sup>3</sup>, que serão necessários na realização do estudo de viabilidade.

**Tabela 2** – Orçamento de biodigestor de 5m<sup>3</sup>

<b>Descrição</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor unitário</b>	<b>Valor total</b>	<b>Total final</b>
Biodigestor de 5m <sup>3</sup>	1	R\$ 4.900,00	R\$ 4.900,00	R\$ 4.900,00
Válvula de alívio	1	R\$ 99,00	R\$ 99,00	R\$ 99,00
Bidim	30	R\$ 10,00	R\$ 300,00	R\$ 300,00
Purificador BGS-1kg	1	R\$ 350,00	R\$ 350,00	R\$ 350,00
Medidor de vazão	1	R\$ 415,00	R\$ 415,00	R\$ 415,00
Balão BGS -ARM-01	1	R\$ 790,00	R\$ 790,00	R\$ 790,00
Bomba de biogás 220V AC 15W	1	R\$ 455,00	R\$ 445,00	R\$ 445,00
Fogão para biogás para queimador duplo	1	R\$ 445,00	R\$ 445,00	R\$ 445,00
<b>Total da proposta</b>				<b>R\$ 7.744,00</b>

Fonte: BTS - Equipamentos para biogás.

**Tabela 3** – Orçamento de biodigestor de 10m<sup>3</sup>

<b>Descrição</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor unitário</b>	<b>Valor total</b>	<b>Total final</b>
Biodigestor de 10m <sup>3</sup>	1	R\$ 7.250,00	R\$ 7.250,00	R\$ 7.250,00
Válvula de alívio	1	R\$ 99,00	R\$ 99,00	R\$ 99,00
Bidim	40	R\$ 10,00	R\$ 400,00	R\$ 400,00
Purificador BGS-1kg	1	R\$ 350,00	R\$ 350,00	R\$ 350,00
Medidor de vazão	1	R\$ 415,00	R\$ 415,00	R\$ 415,00
Balão BGS -ARM-01	1	R\$ 1.090,00	R\$ 1.090,00	R\$ 1.090,00
Bomba de biogás 220V AC 15W	1	R\$ 455,00	R\$ 445,00	R\$ 445,00
Fogão para biogás para queimador duplo	1	R\$ 445,00	R\$ 445,00	R\$ 445,00
<b>Total da proposta</b>				<b>R\$ 10.494,00</b>

Fonte: BTS - Equipamentos para biogás.

Tabela 4 – Orçamento de biodigestor de 20m<sup>3</sup>

Descrição	Quantidade	Valor unitário	Valor total	Total final
Biodigestor de 20m <sup>3</sup>	1	R\$ 13.500,00	R\$ 13.500,00	R\$ 13.500,00
Válvula de alívio	1	R\$ 99,00	R\$ 99,00	R\$ 99,00
Bidim	65	R\$ 10,00	R\$ 650,00	R\$ 650,00
Purificador BGS-1kg	1	R\$ 350,00	R\$ 350,00	R\$ 350,00
Medidor de vazão	1	R\$ 415,00	R\$ 415,00	R\$ 415,00
Balão BGS -ARM-01	1	R\$ 1.890,00	R\$ 1.890,00	R\$ 1.890,00
Bomba de biogás 220V AC 15W	1	R\$ 445,00	R\$ 445,00	R\$ 445,00
Fogão para biogás para queimador duplo	1	R\$ 445,00	R\$ 445,00	R\$ 445,00
<b>Total da proposta</b>				<b>R\$ 17.794,00</b>

Fonte: BTS - Equipamentos para biogás.

Para realizar a análise de viabilidade econômica financeira foi necessário realizar o orçamento do projeto, a fim de dar ênfase aos indicadores financeiros.

#### 2.4. Previsão de receita

Na Tabela 5, encontra-se as considerações para o cálculo de viabilidade econômica financeira para os três tamanhos de biodigestores.

A projeção da inflação para os próximos 5 (cinco) anos é de 4,63% para 2023, para 2024 a projeção está em 3,61%, e 3,50% para os anos de 2025, 2026 e 2027 (SUNO, 2023).

Sendo assim, foi calculado VPL, TMA, TIR, IL, o tempo de retorno do investimento Simples, o tempo de retorno do investimento descontado, conforme Tabelas 6 a 8.

Tabela 5 – Dados para definição de receita e investimento - 5m<sup>3</sup> 10m<sup>3</sup> e 20m<sup>3</sup>

	5 m <sup>3</sup>	10 m <sup>3</sup>	20 m <sup>3</sup>
Botijões/mês	2,5	5	10
Botijões/ano	30	60	120
Valor botijão 13 kg atual	R\$ 108,50	R\$ 108,50	R\$ 108,50
Valor do biodigestor	R\$ 7.744,00	R\$ 10.500,00	R\$ 17.794,00
Frete	R\$ 460,00	R\$ 510,00	R\$ 690,00

Fonte: BGS - Equipamentos para biogás.

De acordo com as características técnicas, extraídas do manual do fabricante, o biodigestor de 5m<sup>3</sup>, gera 2,5 (dois e meio) botijões de gás por mês, 30 (trinta) botijões por ano, considerando que o preço atual do botijão está em R\$ 108,50, é obtido a receita bruta anual de R\$ 3.255,00, o valor do biodigestor é de R\$7.744,00, para entrega do biodigestor será cobrado o frete no valor de R\$460,00, totalizando o investimento inicial de R\$ 8.204,00

Com o biodigestor de 10m<sup>3</sup>, são gerados 5 (cinco) botijões de gás por mês, 60 (trinta) botijões por ano, obtendo uma receita bruta anual de R\$ 6.510,00, o valor do biodigestor é de R\$ 10.500,00, para entrega do biodigestor será cobrado o frete no valor de R\$510,00, totalizando o investimento inicial de R\$ 11.010,00.

Com o biodigestor de 20m<sup>3</sup>, são gerados 10 (dez) botijões de gás por mês, 120 (cento e vinte) botijões por ano, obtendo uma receita bruta anual de R\$ 13.020,00 o valor do biodigestor é de R\$17.794,00, para entrega do biodigestor será cobrado o frete no valor de R\$690,00, totalizando o investimento inicial de R\$ 18.484,00.

Tendo a estimativa de receita do projeto e conhecendo o investimento inicial, foi elaborado o fluxo de caixa para cada tipo de biodigestor.

## 2.5. Projeção do fluxo de caixa e análise de viabilidade financeira

**Tabela 6** – Fluxo de caixa - biodigestor de 5m<sup>3</sup>

PERÍODO	t	Taxa de desconto 12,50%					
		0	1	2	3	4	5
RECEITA	40%	3165,43	3165,43	3165,43	3165,43	3165,43	3165,43
CUSTOS	10%	316,54	316,54	316,54	316,54	316,54	316,54
INFLAÇÃO PROJETADA	3,54%						
LUCRO BRUTO (LAJIRDA)		2848,89	2848,89	2848,89	2848,89	2848,89	2848,89
Depreciação	10%	82,04	82,04	82,04	82,04	82,04	82,04
Lucro para IR (LAIR)		2766,85	2766,85	2766,85	2766,85	2766,85	2766,85
IR	-15%	-415,03	-415,03	-415,03	-415,03	-415,03	-415,03
Lucro após IR (Lucro líquido)		2351,82	2351,82	2351,82	2351,82	2351,82	2351,82
Retorno da depreciação		82,04	82,04	82,04	82,04	82,04	82,04
INVESTIMENTO		-8.204					
FLUXO DE CAIXA LIVRE		-8.204	2433,86	2433,86	2433,86	2433,86	2433,86
FLUXO DE CAIXA DESCONTADO		-8.204	2163,43	1923,05	1709,38	1519,45	1350,62
Saldo Livre		-8.204	-5770,14	-3336,28	-902,42	1531,44	2882,06
Saldo Descontado		-8.204	-6040,57	-4117,52	-2408,14	-888,69	461,93
TIR	27%						
Payback Simples					3,4		
Payback Descontado						4,7	
VPL			R\$ 79,87				
IL			0,01				

Fonte: O Autor, 2023.

Tabela 7 – Fluxo de caixa - biodigestor de 10m<sup>3</sup>

PERÍODO	t	Taxa de desconto		12,50%				
		0	1	2	3	4	5	
RECEITA	59%	6265,95	6265,95	6265,95	6265,95	6265,95	6265,95	
CUSTOS	10%	626,59	626,59	626,59	626,59	626,59	626,59	
INFLAÇÃO PROJETADA	3,54%							
LUCRO BRUTO (LAJIRDA)		5639,35	5639,35	5639,35	5639,35	5639,35	5639,35	
Depreciação	10%	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	
Lucro para IR (LAIR)		5529,25	5529,25	5529,25	5529,25	5529,25	5529,25	
IR	-15%	-829,39	-829,39	-829,39	-829,39	-829,39	-829,39	
Lucro após IR (Lucro líquido)		4699,86	4699,86	4699,86	4699,86	4699,86	4699,86	
Retorno da depreciação		110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	110,1	
INVESTIMENTO		-11.010						
FLUXO DE CAIXA LIVRE		-11.010	4809,96	4809,96	4809,96	4809,96	4809,96	
FLUXO DE CAIXA DESCONTADO		-11.010	4275,52	3800,46	3378,19	3002,84	2669,19	
Saldo Livre		-11.010	-6200,04	-1390,07	3419,89	8229,85	10899,04	
Saldo Descontado		-11.010	-6734,48	-2934,01	444,18	3447,01	6116,20	
TIR	<b>42%</b>							
Payback Simples					<b>2,3</b>			
Payback Descontado					<b>2,7</b>			
VPL		<b>RS 4.783,01</b>						
IL		<b>0,43</b>						

Fonte: O Autor, 2023.

Tabela 8 – Fluxo de caixa - biodigestor de 20m<sup>3</sup>

PERÍODO	t	Taxa de desconto		12,50%				
		0	1	2	3	4	5	
RECEITA	70%	12480,77	12480,77	12480,77	12480,77	12480,77	12480,77	
CUSTOS	10%	1248,08	1248,08	1248,08	1248,08	1248,08	1248,08	
INFLAÇÃO PROJETADA	3,54%							
LUCRO BRUTO (LAJIRDA)		11232,69	11232,69	11232,69	11232,69	11232,69	11232,69	
Depreciação	10%	184,84	184,84	184,84	184,84	184,84	184,84	
Lucro para IR (LAIR)		11047,85	11047,85	11047,85	11047,85	11047,85	11047,85	
IR	-15%	-1657,18	-1657,18	-1657,18	-1657,18	-1657,18	-1657,18	
Lucro após IR (Lucro líquido)		9390,67	9390,67	9390,67	9390,67	9390,67	9390,67	
Retorno da depreciação		184,84	184,84	184,84	184,84	184,84	184,84	
INVESTIMENTO		-18.484						
FLUXO DE CAIXA LIVRE		-18.484	9575,51	9575,51	9575,51	9575,51	9575,51	
FLUXO DE CAIXA DESCONTADO		-18.484	8511,57	7565,84	6725,19	5977,95	5313,73	
Saldo Livre		-18.484	-8908,49	667,02	10242,54	19818,05	25131,78	
Saldo Descontado		-18.484	-9972,43	-2406,60	4318,59	10296,54	15610,27	
TIR	<b>51%</b>		<b>1,9</b>					
Payback Simples								
Payback Descontado					<b>2,1</b>			
VPL		<b>RS 12.574,61</b>						
IL		<b>0,68</b>						

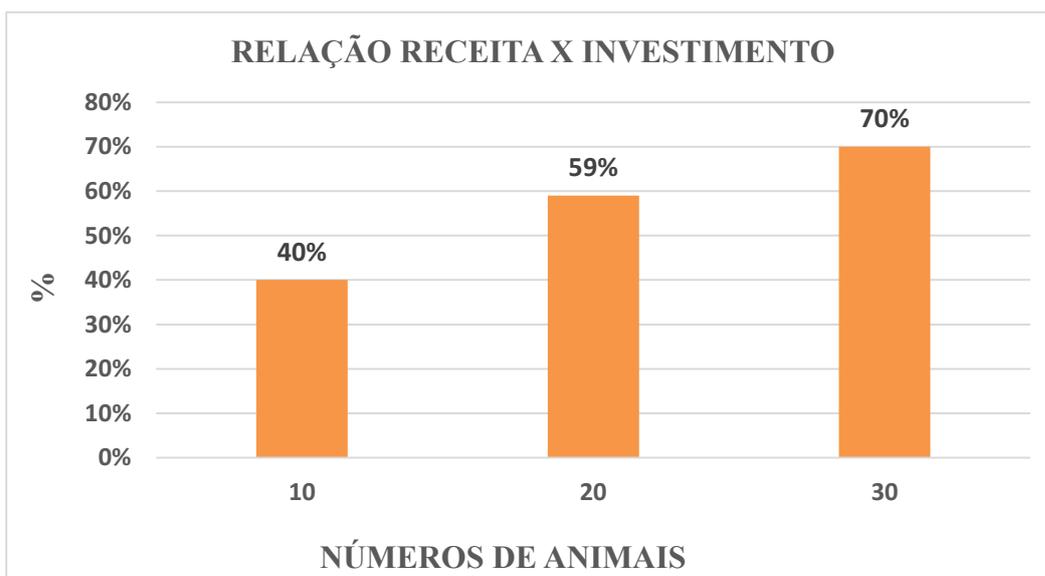
Fonte: O Autor, 2023.

Para elaboração de cada um dos fluxos de caixa foi considerado a receita somente da energia térmica gerada, nota-se que quanto maior o volume de esterco a ser tratado, mais viável financeiramente se torna o projeto, isso se deve em função do aumento da relação da receita e

investimento inicial, conforme demonstrado no Gráfico 1. O aumento da receita se deve ao aumento da quantidade de esterco a ser tratado e conseqüentemente na quantidade de biogás gerado, quanto maior o biodigestor menor o custo de material e de implantação.

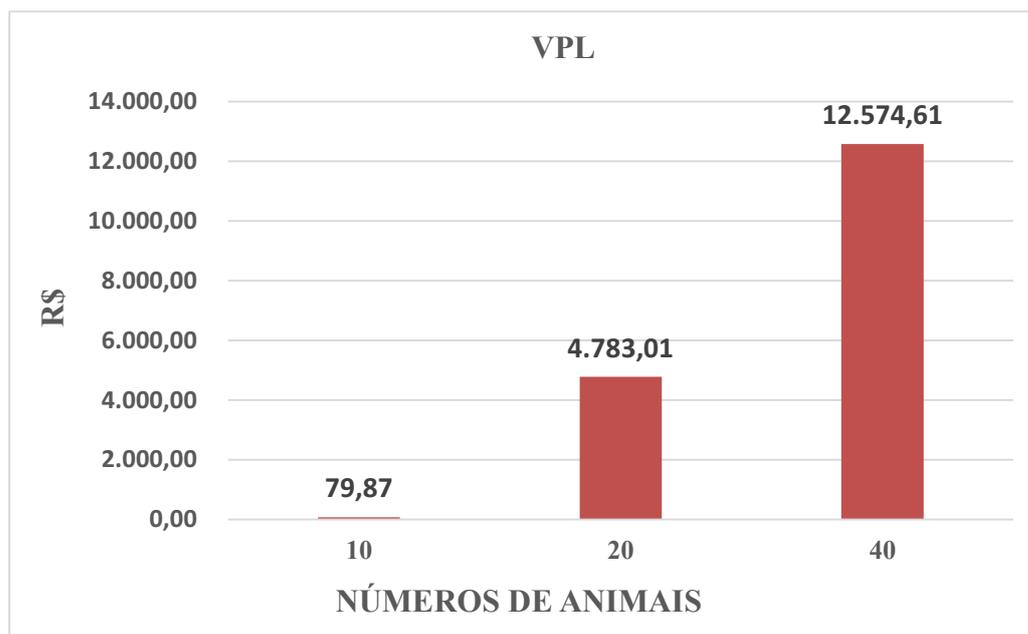
## 2.6. Interpretação dos resultados da análise de viabilidade financeira

Gráfico 1 – Relação receita x investimento



Fonte: O Autor, 2024

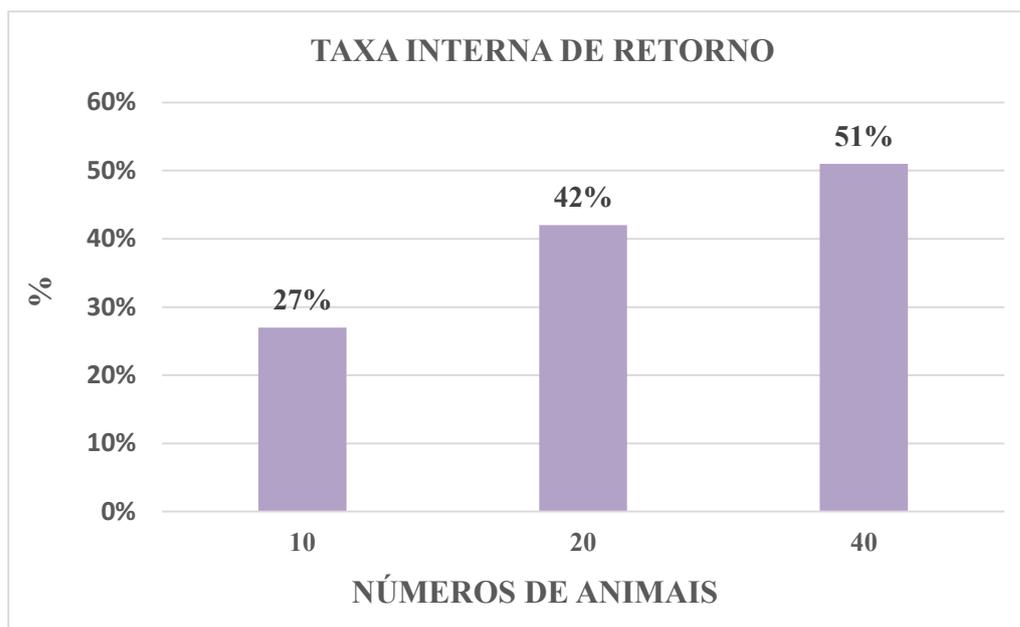
Com o aumento da relação receita e investimento inicial para os projetos de 20 e 40, animais, os indicadores VPL, TIR e o *payback* descontado apresentam melhora em relação ao projeto de 10 animais, conforme gráficos 2 a 4.

**Gráfico 2 – VPL dos projetos**

**Fonte:** O Autor, 2024

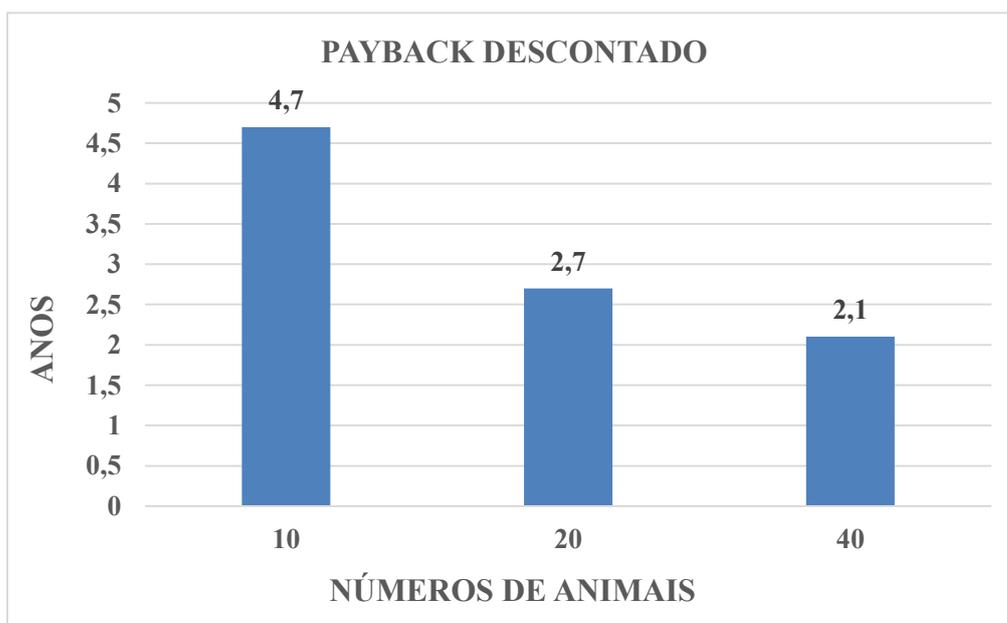
Ambos os projetos o VPL é positivo, o que viabiliza financeiramente a implementação para geração de energia térmica, portanto conforme aumenta a quantidade de esterco tratado, pode se notar que o VPL aumenta, tornando os projetos para 20 e 40 animais mais viáveis financeiramente.

O mesmo acontece para a TIR, que se torna melhor à medida que aumenta a quantidade de esterco tratado.

**Gráfico 3 – TIR dos projetos**

Fonte: O Autor, 2024

O retorno sobre a capital investido, que é o *payback* descontado acontece antes para os projetos com maior quantidade de esterco tratado, o que permite ao produtor rural a aplicação do capital investido em novas melhorias.

**Gráfico 4 – Payback Descontado**

Fonte: O Autor, 2024

Nos três fluxos de caixa não foi considerado a venda de biofertilizantes, para cálculo do lucro bruto (lucro antes dos impostos) foi considerado o custo operacional de 10% sobre o valor da receita e a inflação projetada para o período do fluxo de caixa.

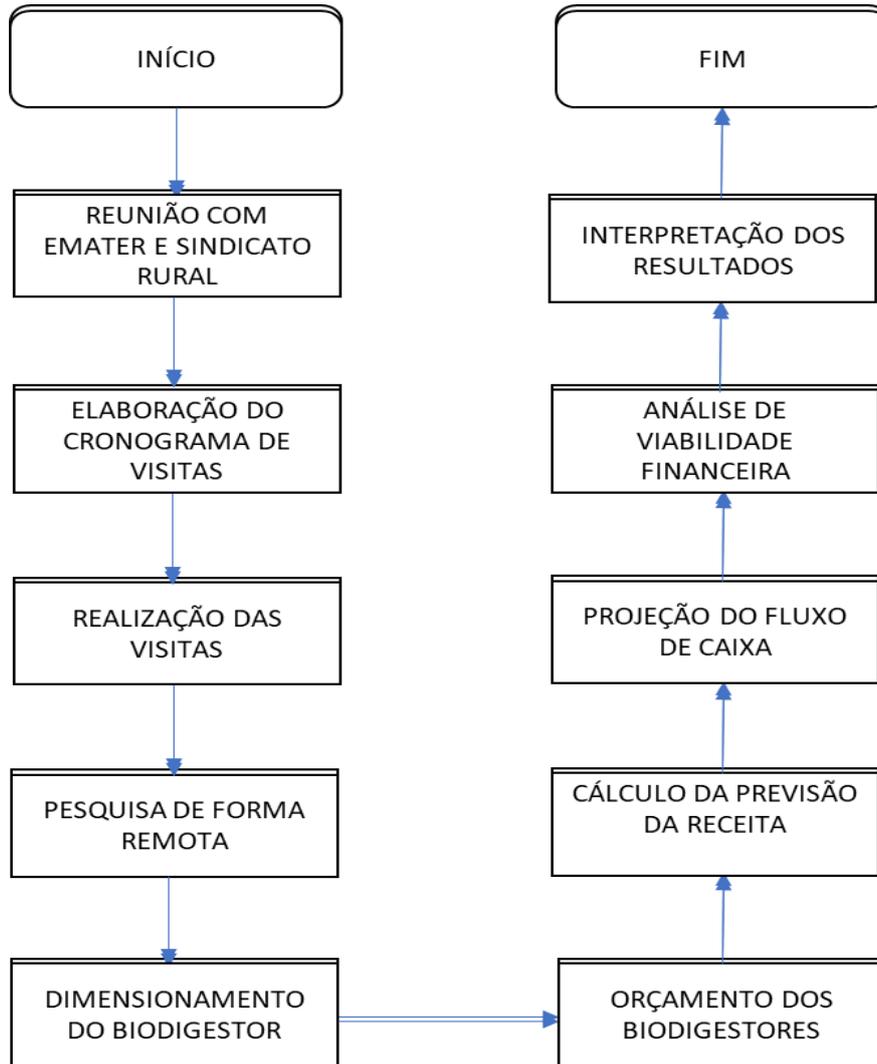
Para (GITMAN, 2010) a depreciação consiste no processo de desvalorização que afeta bens e ativos fixos tangíveis (como equipamentos, maquinários, imóveis), o valor considerado foi de 10% sobre o valor do investimento inicial projetado para o período.

Como as propriedades rurais estão no regime tributário exclusivo para micro e pequenas empresas, conhecido como Simples Nacional, o imposto de renda considerado foi de 15%. A taxa de desconto considerada foi de 12,50%, tendo como referência a Selic.

Foi considerado o *payback* descontado, sendo este mais efetivo por considerar o valor no tempo e ser mais criterioso na tomada de decisão. Em ambos os fluxos de caixa o VPL foi positivo com a TIR acima da taxa de desconto, o que torna o projeto viável de ser implementado.

A Figura 14 evidencia o fluxograma de todas as etapas da pesquisa.

**Figura 14** - Fluxograma das etapas da pesquisa



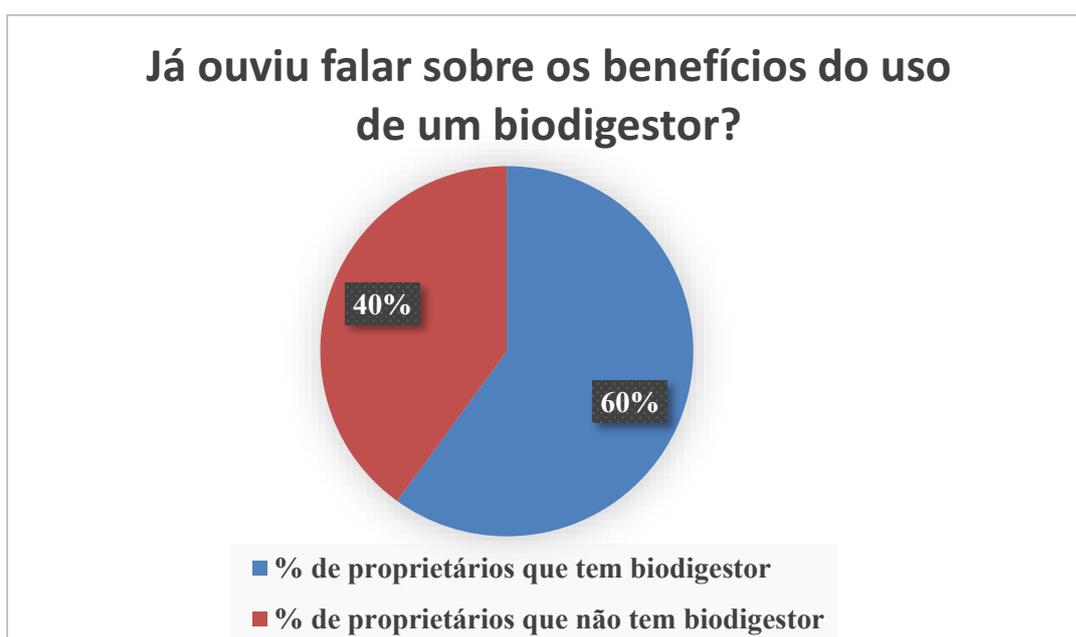
**Fonte:** O Autor, 2023.

### 3 RESULTADOS

Da pesquisa realizada pela Solar Baião Energias Renováveis com produtores rurais, conforme consta no Apêndice B, foram extraídos alguns dados importantes a fim de entender a baixa utilização da tecnologia dos biodigestores nas cidades de Resende, Barra Mansa e Valença.

De todos os produtores entrevistados, 60% disseram já terem ouvido sobre biodigestores, conforme Figura 15.

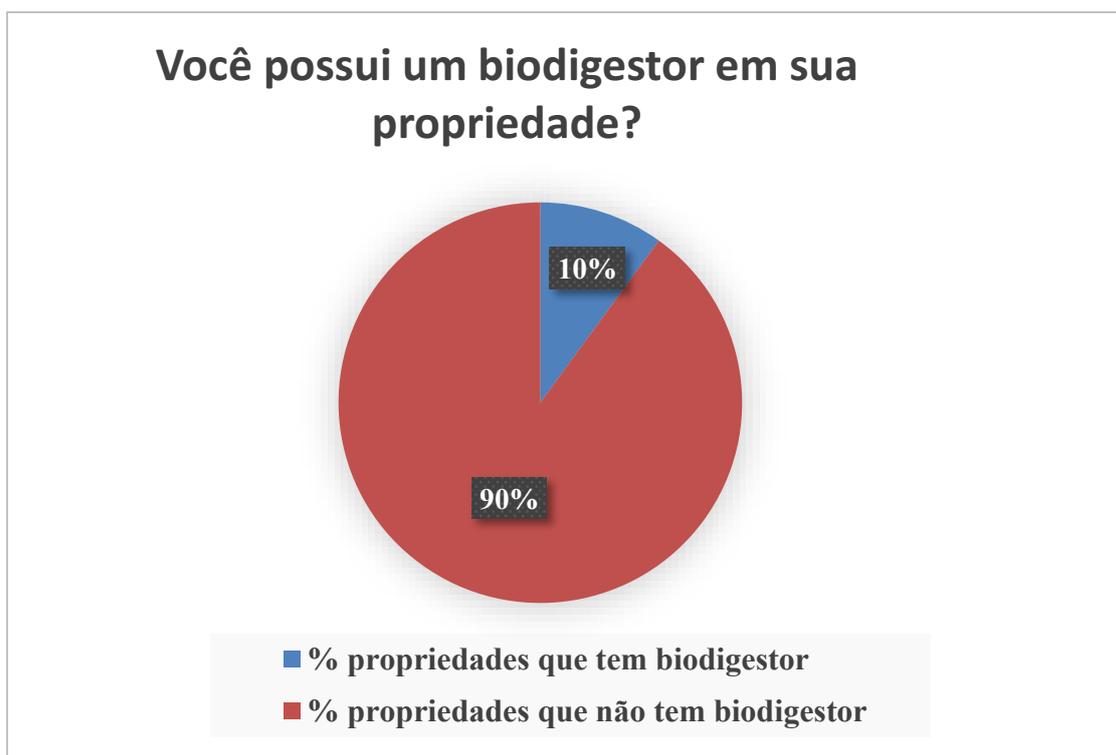
**Figura 15** – Percentual de produtores que já conheciam biodigestores



Fonte: O Autor, 2023.

Porém, apenas 10% dos produtores rurais possuem biodigestores, de acordo com a Figura 16. Dessa forma, fica evidente mais uma vez que por mais que a tecnologia exista há anos, nos dias de hoje, ainda é pouco utilizada.

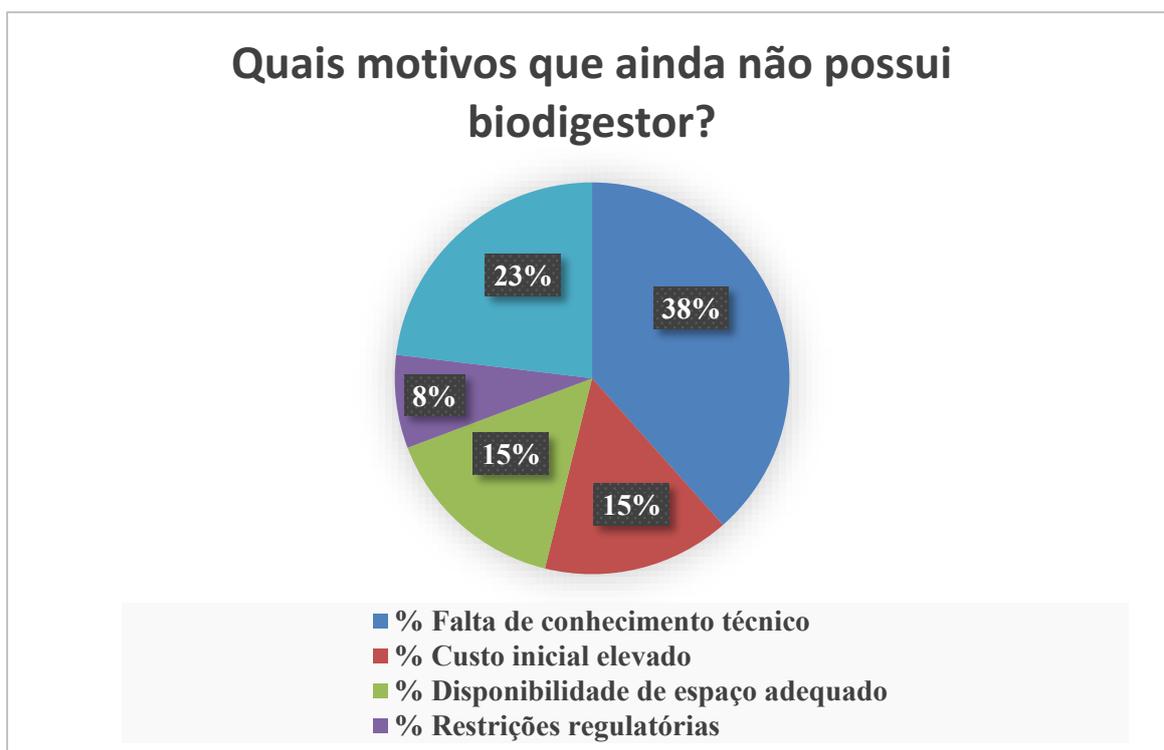
**Figura 16** – Percentual de propriedades que possuem biodigestores



**Fonte:** O Autor, 2023

Os principais motivos pelos quais os produtores rurais ainda não fazem uso de biodigestores são: a falta de conhecimento técnico, não conhecer uma empresa que tenha capacidade técnica e que atenda as cidades da presente pesquisa, custo elevado, não dispor de espaço adequado para instalação dos biodigestores e preocupação com restrições regulatórias ou burocráticas, como está evidenciado na Figura 17.

**Figura 17** – Avaliação do motivo pelo qual o agricultor não tem um biodigestor



**Fonte:** O Autor, 2023

Nesse momento da pesquisa, após 60% dos entrevistados já terem ouvido falar sobre biodigestores e apenas 10% fazerem uso de biodigestores, pode-se verificar a partir da pesquisa que a falta de conhecimento sobre os processos necessários para implantação de biodigestores leva os produtores rurais à decisão de não fazerem uso da tecnologia

Conforme evidenciado na parte introdutória da presente pesquisa, o resíduo orgânico a ser tratado nas propriedades rurais das cidades de Resende, Barra Mansa e Valença foi o esterco, como é demonstrado na Figura 18.

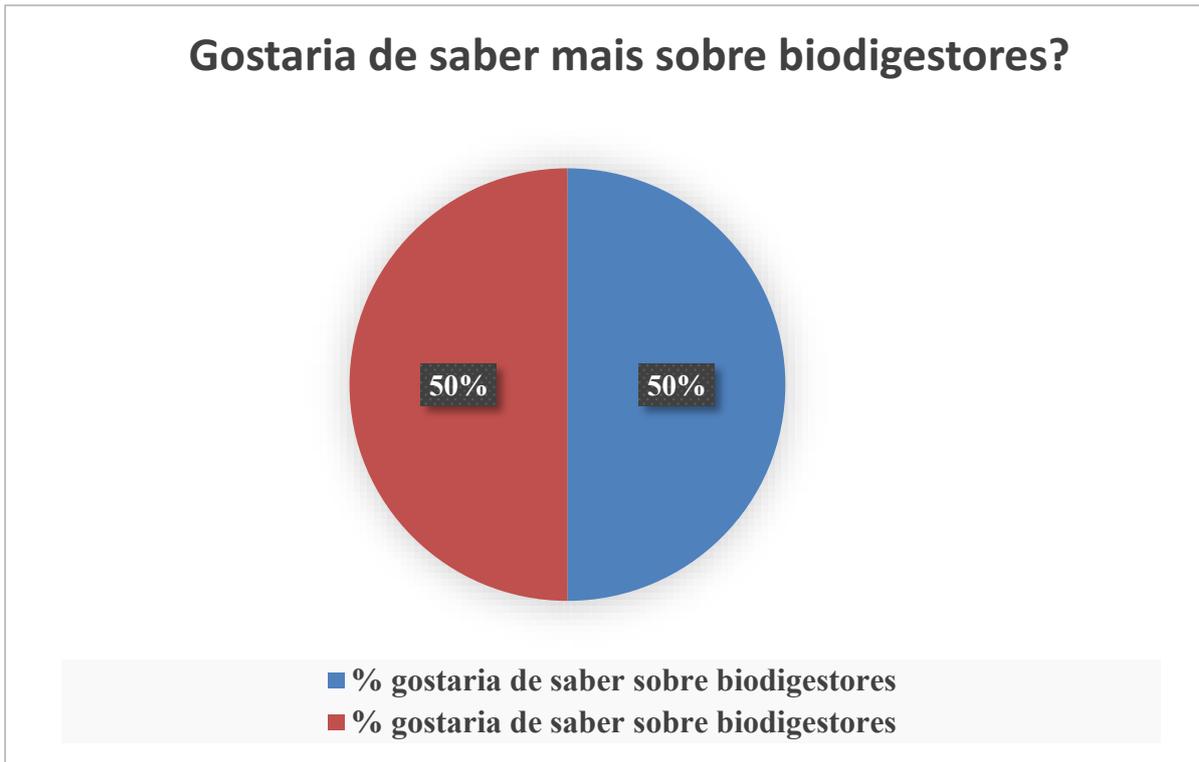
**Figura 18** – Principal resíduo orgânico disponível nas propriedades



**Fonte:** O Autor, 2023.

Na Figura 19, ao explicar o funcionamento dos biodigestores e quais benefícios são gerados durante as visitas presenciais, as objeções impostas pelos produtores rurais foram sendo explicadas, o que fez com que metade dos produtores rurais dispusessem mais tempo para conhecer a tecnologia.

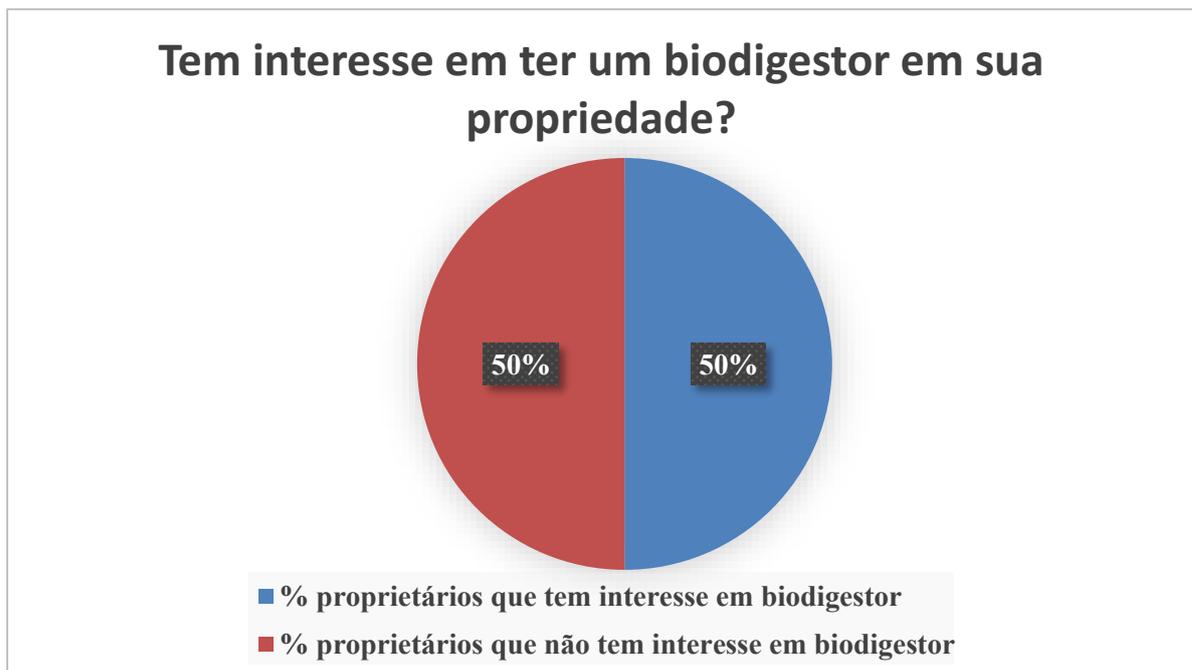
**Figura 19** – Percentual de produtores que gostariam de conhecer mais sobre biodigestores



**Fonte:** O Autor, 2023.

Após a exposição dos dados técnicos e casos de sucesso, a Figura 20 mostra o interesse de 50% dos produtores rurais em adquirir um biodigestor.

**Figura 20** - Percentual de produtores interessados em adquirir biodigestor



**Fonte:** O Autor, 2023.

Sobre o valor do investimento em adquirir um biodigestor, 90% dos produtores rurais desconhecem o investimento necessário e em quanto tempo os benefícios gerados retornariam o valor investido, conforme Figura 21.

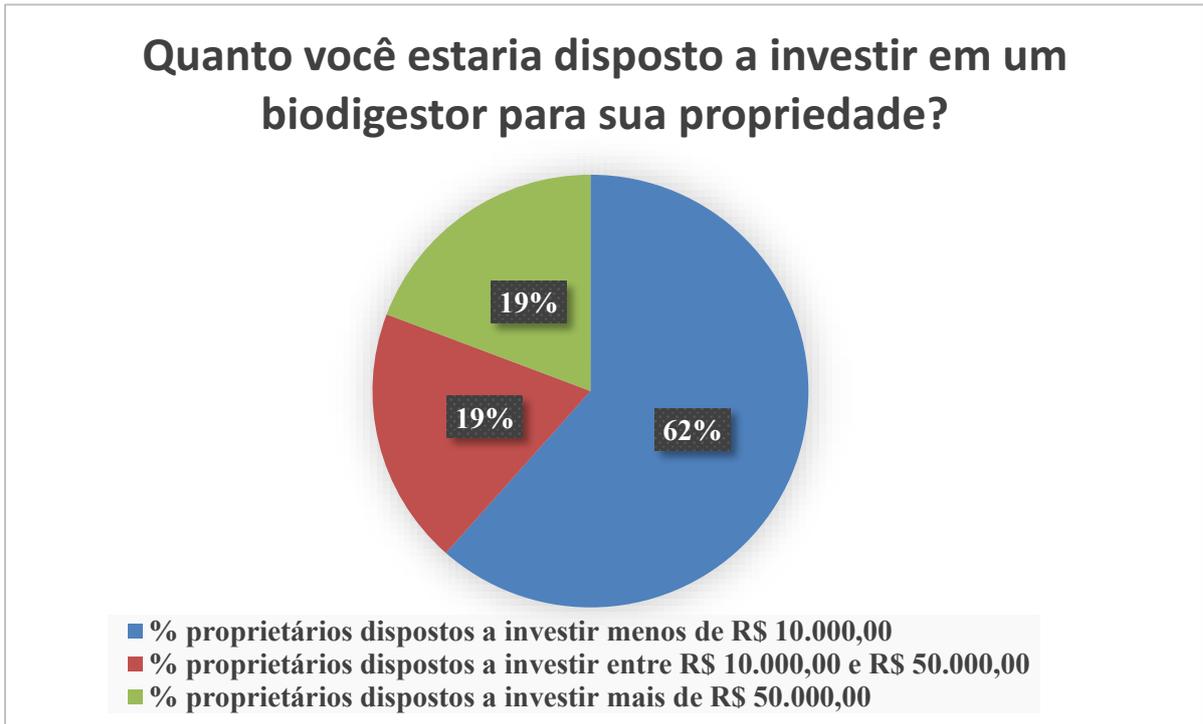
**Figura 21** – Percentual de produtores que sabem o valor do investimento



**Fonte:** O Autor, 2023.

De acordo com os resultados da presente pesquisa, 62% dos produtores rurais estariam dispostos a investir menos de R\$ 10.000,00, 19% em investir entre R\$ 10.000,00 e R\$ 50.000,00, e outros 19% acima de R\$ 50.000,00, conforme a Figura 22.

Figura 22 - Percentual de produtores dispostos a investir em biodigestor



Fonte: O Autor, 2023.

Após a pesquisa ser realizada, pode-se verificar que poucas propriedades rurais fazem uso do biodigestor, o principal motivo é falta de conhecimento técnico sobre o uso da tecnologia, isso faz com que não identifiquem o potencial do esterco gerado nas propriedades rurais como fonte de energia.

Metade dos produtores rurais que fizeram parte da pesquisa tem interesse em ter um biodigestor e estão dispostos a fazer o investimento em suas propriedades.

### 3.1 Discussões

#### 3.1.2 Oportunidades

Visto que o aumento do uso da tecnologia de biodigestores proporciona benefícios para o meio ambiente como, redução do odor ao entorno da propriedade rural em questão, redução das emissões de metano, que é importante gás poluidor na atmosfera, diminuição da poluição dos rios e lençóis freáticos. Uma vez aumentando a geração de energias renováveis, diminui a necessidade do uso de combustíveis fósseis, principalmente a energia gerada em termoelétricas.

Como a presente pesquisa se pautou na geração de energia térmica, que pode ser usada facilmente em determinados processos na propriedade rural, seu uso possibilita a redução da utilização de energia elétrica fornecida pela concessionária de eletricidade. Lembrando que, como já mencionado, o menor biodigestor, que é para tratamento de até 10 animais, gera 2,5 botijões de gás de 13 kg e 5.000 litros de biofertilizantes. Tais biofertilizantes podem ser usados como substitutos dos fertilizantes químicos, então, mesmo os biofertilizantes não sendo considerados na construção do estudo de viabilidade econômica financeira, eles permitem uma economia de insumos considerável.

O uso da tecnologia de biodigestores nas propriedades rurais empurra para uma melhoria por capacitação e desenvolvimento humano, a fim de criar força de trabalho capaz de atender às novas necessidades, eliminando atividades secundárias e de baixa produtividade.

A geração do biogás próximo ao local de uso proporciona a diminuição de perdas do ponto de geração ao ponto de consumo, transformando o que antes era considerado resíduo sólido rural em fonte de geração de energia. Esse processo na presente pesquisa foi primordial na construção do orçamento e na viabilidade econômica no uso de biodigestores.

Melhorando a qualidade do ambiente, cria-se a chance de retenção da população rural, diminuindo êxodo rural e também diminui a rejeição social para atividade em questão, que é a produção de leite. Ter prazer na atividade desempenhada é um importante motivador para que as novas gerações possam continuar a trabalhar na criação de gado leiteiro, servindo de casos de sucesso numa produção sustentável, levando um produto de maior qualidade às prateleiras dos supermercados e, conseqüentemente, à mesa das famílias.

Fazer uso do esterco, principal fonte poluidora nas propriedades rurais das cidades de Resende, Barra Mansa e Valença para gerar energia renovável e utilizar essa energia no ambiente rural é gratificante para toda a cadeia de suprimentos, principalmente na geração de renda extra, transformando resíduo em principal matéria-prima para tal feito.

Outra oportunidade que a presente pesquisa proporcionou foi a possibilidade de levar conhecimento e educação ambiental às comunidades de produtores rurais das cidades de Resende, Barra Mansa e Valença. Tais comunidades, muitas vezes, têm pouco acesso às inovações tecnológicas, ferramentas de gestão, métodos de análise de financeira, arranjo físico e melhoria de processos. Assim é possível aumentar cada vez mais o uso de biodigestores, uma vez que o produtor rural absorva o conhecimento e passa a utilizá-lo.

Levando em consideração os três tamanhos de rebanho, a propriedade rural de 10 animais é a que obteve o maior tempo para retorno do investimento, valor este de R\$ 8.204,00. Porém, com um *payback* descontado animador, de 4,7 anos. As propriedades de 20 e 40 animais obteriam retorno em 3,1 anos e 2,7 anos, respectivamente, o que é ainda mais satisfatório, com investimentos de R\$ 11.010,00 e R\$ 18.484,00 cada.

Com todos os benefícios trazidos pelo uso do biodigestor e com a presente pesquisa mostrando que a implementação do projeto se faz viável financeiramente, fica mais fácil aumentar o alcance de propriedades rurais usuárias, trazendo geração de valor para toda a cadeia de produção.

### 3.1.3 Dificuldades

Visto os desafios impostos pela comunidade mundial para redução de gases de efeito estufa na atmosfera, a geração de energias renováveis se apresenta como uma excelente alternativa não somente para geração de renda ao produtor rural, como também para a melhoria da qualidade de vida e preservação do meio ambiente nas propriedades rurais das cidades de Resende, Barra Mansa e Valença.

Foi constatado na presente pesquisa que o setor de energias renováveis, principalmente a geração de biogás para geração de energia térmica e elétrica, encontra-se ainda pouco disseminado a ponto de pequenos e médios produtores sequer conhecerem a tecnologia e seus benefícios, ou já terem superficialmente ouvido falar, porém sem maiores informações de todo processo para se ter um biodigestor, desde a compra, utilização, geração de biogás até o uso do biogás nos processos produtivos da propriedade.

Foi visto também que existe uma lacuna a ser preenchida entre as entidades rurais e os produtores rurais, para que seja passada informação de qualidade, instruindo o produtor rural a pensar de maneira que um resíduo, pode sim ser uma excelente matéria-prima para um produto final de grande valor.

Nas visitas presenciais, pode-se perceber também que um estudo de viabilidade econômica financeira, apresentando todos os indicadores financeiros de análise de projeto, tem pouca força de persuasão junto ao produtor rural, pois a grande maioria desconhece como fazer e como analisar tais dados.

As propriedades rurais da presente pesquisa são predominantemente produtoras de leite e a variação do preço do litro de leite pago pelas principais empresas compradoras inibe o produtor rural a arriscar em investimentos de melhoria de processo, uma vez que o fluxo de caixa de grande parte das propriedades é curto e a falta de conhecimento faz com que o produtor rural mantenha os processos em operações manuais dispendiosas.

A ausência de empresas tecnicamente capazes de vender e operar a tecnologia de biodigestores na região próxima as cidades de Resende, Barra Mansa e Valença gera grande desconfiança nos produtores rurais, pois o perfil dos produtores é de ter proximidade e diálogo pessoal com todo e qualquer profissional que preste serviço em suas propriedades.

A logística de acesso às propriedades rurais também se torna uma dificuldade, principalmente em épocas de chuvas, pois grande parte tem estradas de chão como forma de acesso, o que faz com que aumente o custo de transporte, restringindo as empresas, fabricantes de biodigestores serem mais atuantes nessas pequenas e médias propriedades.

A Solar Baião Energias, empresa responsável pela pesquisa teve baixo êxito nas respostas *online*. Houve ainda reenvio de uma nova tentativa de resposta, porém o número de pesquisas respondidas se manteve igual. Isso prova mais uma vez que o produtor ainda faz pouco uso de ferramentas da internet e tem a preferência pelo contato pessoal.

O porte das propriedades rurais que a presente pesquisa focou tem característica familiar, onde o patriarca da família faz a gestão, porém seus filhos demonstram pouco interesse na continuação e condução do negócio. Quando existe essa união de gerações, o entendimento de que algo precisa ser melhorado, a implementação das melhorias é facilitada, porém quando não acontece, desmotiva em grande parte os patriarcas a tentarem algo novo para passar a seus descendentes.

### 3.3 Considerações finais

Levando em consideração que apenas 10% dos produtores rurais, conforme Figura 18 da presente pesquisa, já possuem biodigestores, e relacionando a quantidade de animais que existem nessas propriedades com a quantidade de biogás gerados, foi possível identificar os três tipos de biodigestores para tais produtores rurais, a fim de formatar o orçamento e, após isso, realizar o estudo de viabilidade financeira em cada um dos três casos.

A implantação do projeto de biodigestores gera valor ao produtor rural de forma direta e indireta. Porém a supervisão técnica se faz necessária, com apoio de pré-venda e pós-venda, principalmente no primeiro momento, quando ainda existe pouco conhecimento por parte dos produtores rurais, fato este também identificado na presente pesquisa.

Existem linhas de crédito bancário com custo efetivo baixo para projetos de sustentabilidade, o que permite ao produtor rural, já tendo em mãos o orçamento e projeção de receita, dados também apresentados na presente pesquisa, levar nas instituições financeiras com o intuito de aumentar as chances de liberação de crédito.

Para os três estudos de viabilidade econômica financeira realizados na presente pesquisa, o projeto se mostrou rentável e recomendável.

A falta de conhecimento sobre a tecnologia também evidenciada na pesquisa pode se tornar um obstáculo à aceitação da tecnologia por muitas propriedades.

Para propriedades rurais pequenas e médias, onde o uso do biodigestor será somente para geração de energia térmica, o comportamento do VPL se mostrou positivo com uma TIR acima da TMA. Foi calculado também para os três estudos de viabilidade financeira o *payback* descontado.

Na presente pesquisa não foi cogitada a geração de energia elétrica, uma vez que o volume de esterco tratado não atinge a quantidade necessária para aplicação em geradores de energia de conversão de biogás para energia elétrica, o que inviabiliza o projeto economicamente para o porte de propriedades rurais estudadas.

Mesmo o biofertilizante, tendo seu valor de mercado e sendo um importante substituto dos fertilizantes químicos, não foi considerado no estudo de viabilidade financeira.

A presente pesquisa gera a possibilidade de aumentar o uso da tecnologia de biodigestores por fazer uma análise do orçamento, da oferta, demanda e viabilidade econômica financeira, e também sobre as expectativas dos produtores rurais da região.

Para tal feito a construção de um projeto modelo, levando em conta as condições das propriedades rurais das cidades de Resende, Barra Mansa e Valença a fim de relacionar o uso

de biogás como geração de energia térmica com a diminuição do uso da energia elétrica e, conseqüentemente, economia gerada na conta de luz seria um passo importante para aguçar ainda mais a motivação do uso da tecnologia. Em Valença-RJ, foi implementado um biodigestor para geração de energia térmica em uma propriedade com 20 animais, que serve como exemplo prático para os produtores que a tecnologia funciona e que realmente traz benefícios ao meio ambiente, além de gerar economia no consumo de energia.

Todo o estudo é dinâmico. Cada vez que se repete um estudo no mínimo melhora-se o que se fez, por isso a ramificação deste estudo depende dos pesquisadores do ramo, estudantes dos vários níveis profissionais ou interessados em assuntos, como a geração de energia limpa sem agressão ao meio ambiente nas propriedades rurais.

O que se pode perceber na presente pesquisa é que 62% dos produtores rurais estão dispostos a investir até R\$ 10.000,00 e 38%, acima desse valor, aproximar fabricantes de biodigestores, entidades rurais como Emater e Sindicato Rural e o produtor rural faz com que mais produtores conheçam a tecnologia de biodigestores e sejam adeptos, trazendo geração de valor e melhoria no ambiente rural das cidades de Resende, Barra Mansa e Valença.

## CONCLUSÕES

Na pesquisa foi evidenciado a análise de viabilidade financeira para três modelos de biodigestor, que é o principal objetivo desse trabalho, o modelo para tratamento de até 5m<sup>3</sup> de esterco para propriedades rurais de 10 animais, modelo para tratamento de até 10m<sup>3</sup> de esterco para propriedades rurais de 20 animais e o modelo para tratamento de até 20m<sup>3</sup> de esterco para propriedades rurais de 40 animais. Para os três modelos de biodigestores foram obtidos VPL positiva e TIR acima da TMA, o que torna os projetos viáveis para geração de energia térmica.

Conforme evidenciado na análise de viabilidade financeira, o biodigestor é um projeto viável para geração de energia térmica para todos os tamanhos de propriedades rurais propostos. Para os três tamanhos de rebanho, a propriedade rural de 10 animais é a que obteve o maior tempo de retorno sobre o investimento, 4,7 anos., as propriedades de 20 e 40 animais obtiveram retorno em 2,1 anos e 2,7 anos, respectivamente, o que é ainda mais satisfatório.

A estruturação desse trabalho se fez com base na revisão bibliográfica existente, a fim de reforçar e fixar os conceitos sobre o que é um biodigestor, a importância e os benefícios dos biodigestores, tipos de biodigestores, aspectos técnicos sobre a utilização dos biodigestores, processos químicos anaeróbios de tratamento, recomendações do uso da tecnologia dos biodigestores, e também as questões ambientais. Isso tudo atrelado à análise de viabilidade financeira e à pesquisa realizada pela Solar Baião Energias Renováveis com os produtores rurais. Em tal pesquisa, 50% dos produtores rurais tem interesse em ter um biodigestor em sua propriedade e estão dispostos a investir até R\$ 50.000,00 pela tecnologia, ficou claro que a falta de conhecimento sobre a tecnologia, principalmente sobre os benefícios gerados e também sobre os valores de aquisição, faz com que o interesse dos produtores rurais em fazer uso da tecnologia seja inibido.

A geração do biogás através dos biodigestores nas pequenas e médias propriedades rurais das cidades de Resende, Barra Mansa e Valença e sua aplicação, traz resultados financeiros e ambientais capazes de gerar renda extra ao produtor rural em suas atividades e também melhorar o tratamento dos resíduos sólidos evitando a degradação do meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A. P. C. *Produção de biogás a partir de resíduos orgânicos utilizando biodigestor anaeróbico*. 2017. 42 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/20292/3/Produ%C3%A7%C3%A3oBiog%C3%A1sRes%C3%ADduos.pdf>. Acesso em: 26 fev.2021.
- ARAÚJO, L.; DA MATA, A. L.; SILVA, I. *Boas práticas de uso de um biodigestor rural para o assentamento trangola, no município de Currais Novos (RN)*. Disponível em: <https://doity.com.br/media/doity/submissoes/artigo-966bcee33bb25872dc9e76df8542e6db6d20baa-arquivo.pdf>. Acesso em: 8 mar 2018.
- ARSOVA L. *Anaerobic digestion of food waste: current status, problems and an alternative product* [M.S. thesis]. Berlin, Germany: Columbia University, 2010.
- SOLAR BAIÃO. Pesquisa com produtores rurais. Disponível em: <https://baiaosolar.com.br/>. Acesso em 19 dez. 2024.
- BALMANT, W. *Concepção, construção e operação de um biodigestor e modelagem matemática da biodigestão anaeróbica*. 2009. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em: <https://www.pipe.ufpr.br/portal/defesas/dissertacao/150.pdf>. Acesso em: 22 set. 2018.
- BANCO CENTRAL. Taxa Selic. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/taxaselic>. Acesso em: 20 set. 2023.
- BARRERA, P. *Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural*. São Paulo: Ícone, 1993. p. 11.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. Normas Regulamentadoras. Brasília, DF: 2015b. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br>. Acesso em: 25 fev. 2019.
- CANAL RURAL. Biodigestor traz sustentabilidade, energia e benefícios econômicos. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/diversos/biodigestor-traz-sustentabilidade-energia-e-beneficios-economicos/>. Acesso em: 8 ago. 2023.
- CARVALHO, ELENICE. *O uso de biodigestores em pequenas propriedades de agricultura familiar no município de Marechal Cândido Rondon – PR*. Disponível em: <https://singep.org.br/6singep/resultado/555.pdf>. Acesso em 14 nov 2017
- CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKÉ, B. H. *Análise de Investimentos: Matemática Financeira, Engenharia Econômica, Tomada de Decisão, Estratégia Empresarial*. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- CATAPLAN, ANDERSON. *Análise da viabilidade econômica financeira para utilização de biodigestores na geração de energia elétrica a partir de dejetos de suínos: Estudo comparativo entre Brasil e Portugal*. Disponível em:

[https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/5900/1/PD\\_Anderson%20Catapan.pdf](https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/5900/1/PD_Anderson%20Catapan.pdf). Acesso em 28 abr 2013

CIBIOGÁS. *Biogás no Brasil, história e perspectiva de futuro*. Biogás. Disponível em: <https://cibiogas.org/blogpost/biogas-nobrasil-historia-e-perspectiva-de-futuro>. Acesso em: 25 nov. 2021.

CHERNICHARO, C. A. L. *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias e Reatores anaeróbicos*. 2. ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2007. Curitiba, 2009. Disponível em: [http://www.pipe.ufpr.br/portal/defesas/dissertacao/150\(2\).pdf](http://www.pipe.ufpr.br/portal/defesas/dissertacao/150(2).pdf). Acesso em: 22 set. 2018.

DA SILVA, T. S. et al. Evaluation and treatment of swine effluent: case study in Marabá-Pará. *Brazilian Journal of Business*, v. 1, n. 3, p. 1078-1086, 2019.

DE OLIVEIRA, J. C. *Utilização de um biodigestor para tratamento de esgoto e geração de energia: um estudo de caso na comunidade de Portelinha, RJ*. Monografia - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2018.

DIÁRIO DO VALE, 2019. *Produção de leite e carne de Resende segue em uma curva crescente*. Disponível em: <https://diariodovale.com.br/cidade/producao-de-leite-e-carne-de-resende-segue-em-uma-crescente>. Acesso em: 1º dez. 2019.

DUARTE, RAPHAEL. *Viabilidade econômica da implantação de um biodigestor para geração de energia a partir de resíduos sólidos orgânicos*. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/12772/1/viabilidadeeconomicaimplantacaobi-odigestor.pdf>. Acesso em 03 mar 2017

ECYCLE. *Conheça o gás metano*. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/2426-metano>. Acesso em: 8 maio 2023.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. *Economia Circular*, 2020a. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/economia-circular/conceito>. Acesso em: 21 fev. 2020.

EMBRAPA. *Biodigestores*. Disponível em <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/residuos/biogas/biodigestores>. Acesso em: 08 dez. 2021.

EMBRAPA. *Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa provenientes de atividades agrícolas no Brasil: emissões de metano provenientes da pecuária (revisado)*. Jaguariúna, 1999.

EMBRAPA. *Os modelos de biodigestores e bases para seu dimensionamento*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355242/0/Curso+Biog%C3%A1s+-+03+-+Os+modelos+de+biodigestores+e+bases+para+seu+dimensionamento.pdf>. Acesso em: 18 set. 2018.

EMBRAPA. Suínos e Aves. *Biodigestor: geração e utilização de biogás (DVD)*. Coord. Técnica: Airton Kuntz. Concórdia-SC, Brasil. 2005.

EZAZ, G. T. et al. Spatiotemporal changes of precipitation extremes in Bangladesh during 1987–2017 and their connections with climate changes, climate oscillations, and monsoon dynamics. *Global and Planetary Change*, v. 208, p. 103712, 2022.

FADINI, P. S.; FADINI, A. A. B. *Lixo: desafios e compromissos*. Disponível em: <<http://sbqensino.foco.fae.ufmg.br/uploads/314/lixo.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2023.

FERNANDES, G.; MARIANI, L. Alto potencial de produção e uso fará do biogás a próxima fronteira da energia renovável no Brasil? *FGV Energia*. Março, 2019. Disponível em: [https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/27831/A28%20coluna\\_opinio\\_2\\_-\\_marco.pdf](https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/27831/A28%20coluna_opinio_2_-_marco.pdf). Acesso em: 08 abr. 2022.

FRACAROLI, I.; SANTOS, K. C. dos. *Avaliação do potencial energético de biodigestor para instalação na usina de lixo de Vitória*. 2005. 89 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória-ES, 2005.

GASPAR, Rita Maria Bedran Leme. *Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais, com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo-PR*. 2003. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/30366655.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2018.

GITMAN, L. J. *Princípios de Administração Financeira*. 12ª Ed. São Paulo: Person, 2010.

GOLDMAN, P.; AMORIM, S. L. *Indicadores e Variáveis nos estudos de Viabilidade Econômica e Financeira: Identificação e Relevância para os empreendedores da Habitação*. In: VI SEMINÁRIO INTERNACIONAL LARES – POLI-USP. São Paulo, 2006.

HIRSCHFELD, Henrique. *Engenharia Econômica e Análise de Custos*. São Paulo, Atlas, 2011.

HOCQUETTE, J. F. et al. Situação atual e perspectivas futuras para a produção de carne bovina na Europa – Uma revisão. *Jornal Asiático-Australiano de Ciências Animais*, v. 31, n. 7, p. 1017, 2018.

HOJI, M. *Administração financeira e orçamentária: matemática financeira aplicada, estratégias financeiras, orçamento empresarial*. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

IBGE. *Panorama das cidades: Rio de Janeiro*. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/resende/panorama>. Acesso em: 27 nov. 2022.

IBGE. *Rebanho de bovinos (bois e vacas)*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/bovinos/rj>. Acesso em: 27 nov. 2022.

IBGE. *Produção de leite: Rio de Janeiro*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/leite/rj>. Acesso em: 27 nov. 2022.

IPCC. *Mitigation of climate change*. 2022. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGIII\\_SPM.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_SPM.pdf). Acesso em: 02 set. 2022.

IPCC. *Sumário para Formuladores de Políticas*. In: Mudança do Clima 2021 - A Base da Ciência Física. Contribuição do Grupo de Trabalho I ao Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

IPCC. *Climate change 1995. Impacts, adaptations and midgation of climate change: scientific-technical analysis*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 878 p.

JABRO et al. Irrigation scheduling based on wireless sensors output and soil-water characteristic curve in two soils. *Sensors*, 20(5), 1336, 2020

KOSTANESKI, P. C. *Comparação da eficiência de lagoas de estabilização e biodigestores no manejo e tratamento de dejetos em empreendimentos da suinocultura no município de Toledo-PR*. 2018. Cascavel, p. 100. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Programa de Pós-Graduação Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura.

KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; AMARAL, A. C. *Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato*. Concórdia, Sbera: Embrapa Suínos e Aves, 2019. p. 14-26.

REIS, LIEGE. *Biogás no Brasil, história e perspectiva de futuro*. Paraná: Cibiogás 2020.

LOPES, L. S. et al. Potencial energético do biogás e lodo de reatores UASB no estado do Paraná, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, v. 15, 2020.

MAZIEIRO, R. *Resíduos sólidos: desafios e perspectiva*. Belo Horizonte: Synapse Editora, 2020. p. 17-35.

MAZZUCCHI, O. A. J. *Biodigestor rural*. São Paulo: CESP, 1980. 29p.

NOGUEIRA, Luiz Augusto Horta. *Biodigestão: a alternativa Energética*. São Paulo: Nobel, 1986.

NSAIR, A. et al. Operational Parameters of Biogas Plants: a review and evaluation study. *Energies*, v.13, 2020.

OLIVEIRA, A. B. et al. *Coleção 500 perguntas, 500 respostas*. Brasília: Embrapa, 2019. 274p.

PALHARES, J. C. P. *Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos: aprendendo com o passado para entender o presente e garantir futuro*. Brasília: Embrapa, 2008.

PIZARRO-LOAIZA, C. A. et al. *Environmental, social and health benefits of alternative renewable energy sources. Case study for household biogas digesters in rural areas*. Ed: Journal of Cleaner Production Volume 297, 15 May 2021.

PODESTA, INÊS. Rebanho bovino brasileiro alcançou recorde de 234,4 milhões de animais em 2022: Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/rebanho-bovino-brasileiro-alcancou-recorde-de-234-4-milhoes-de-animais-em-2022>. Acesso em: 25 set.2023.

POMPEIA, CAIO; SCHNEIDER, SERGIO. As diferentes narrativas alimentares do agronegócio. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v.57, ed.especial -Agronegócio em tempos de colapso planetário: abordagens críticas, p. 175-198, jun. 2021. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/77248/44099>. Acesso em: 14 de nov. 2022.

PORTAL DO BIOGÁS. *A importância de escolher a tecnologia de biodigestores adequada*. Disponível em: <https://portaldobiogas.com/a-tecnologia-de-biodigestores-adequada>. Acesso em: 23 set. 2023.

RODRIGUES, L. S. et al. Gerenciamento de resíduos sólidos agrossilvipastoris e agroindustriais. *Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia* (Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária da UFMG), n. 68, 2013.

RODRIGUES, N. S.; BLANS, N. B.; SCLINDWEIN, M. M. Uso de biodigestores para impulsionar a sustentabilidade ambiental. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 1, p. 462-487, 2019.

SCARLAT, N.; DALLEMAND, J. F.; FAHL, F. *Biogas: developments and perspectives in Europe*. *Renewable energy*, v. 129, p. 457-472, 2018.

SEEG (Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa). *Análise das emissões brasileiras de Gases de Efeito Estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil 1970-2020*. Brasil: SEEG, p. 55, 2021.

SEIXAS, J. et al. *Construção e funcionamento de biodigestores*. Brasília: Embrapa - DID, 1980. Embrapa-CPAC. Circular técnica, 4.

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, A. R.; CIRANI, C. B. S.; SERRA, F. A. R. *Fatores determinantes para adoção de inovação verde: estudo preliminar com biodigestores nas empresas processadoras de mandioca*. In: Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, 2018.

SILVA, N. A. da. *Manual técnico e operação de biodigestores modelo chinês*. Brasília: Emater, 1981.

SILVA, W. R. *Estudo cinético do processo de digestão anaeróbia de resíduos sólidos vegetais*. 2009. 201 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Química, Departamento de Química, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

SUNO NOTÍCIAS. Mercado mantém previsão para IPCA e taxa Selic em 2023. Disponível em: <https://www.suno.com.br/noticias/ipca-boletim-focus-selic-061123/#:~:text=No%20Copom%20da%20semana%20passada,12%2C25%25%20ao%20ano>. Acesso em: 06 nov. 2023.

TAVARES, J. M. R. *Modelagem do consumo de água, produção de dejetos e emissão de gases de efeito estufa e amônia na suinocultura*. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

TONETTI, A. L. et al. (2018). *Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções*. Biblioteca/Unicamp. Campinas, São Paulo, 153.

VIEGAS, B. K. R. et al. Análise da implantação de um biodigestor: estudo de caso na área central de Itacoatiara/AM. *Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente*, v. 14, n. 1, p. 152-168. 2023

VILELA, D. et al. *Pecuária de leite no Brasil: cenários e avanços tecnológicos*. Brasília: Embrapa, 2016. p. 383-401.

## APÊNDICE A

## CRONOGRAMA DE VISITAS

		2023				
Lista de Atividades		Março	Abril	Maió	Junho	Julho
1	Fazenda Eucalipital (Resende)	P				
		R				
2	Fazenda Benildo (Resende)	P				
		R				
3	Fazenda Cachoeira (Resende)	P				
		R				
4	Fazenda Pinheiros (Resende)	P				
		R				
5	Fazenda Três Marias (Barra Mansa)	P				
		R				
6	Fazenda Sobrado (Barra Mansa)	P				
		R				
7	Fazenda da Curva (Barra Mansa)	P				
		R				
8	Fazenda Catarina (Barra Mansa)	P				
		R				
9	Fazenda da Viola (Valença)	P				
		R				
10	Fazenda São Bernardo (Valença)	P				
		R				
11	Fazenda Chacrinha (Valença)	P				
		R				
12	Fazenda Vista Alegre (Valença)	P				
		R				
13	Emater	P				
		R				
14	Sindicato Rural	P				
		R				
Legenda						

Legenda  R - Realizado 

**APÊNDICE B**

Pesquisa realizada

**1. Qual é o seu nome e e-mail?**

**2. Qual seu telefone de contato?**

**3. Já ouviu falar sobre os benefícios do uso de um biodigestor?**

Sim

Não

**4. Você possui um biodigestor em sua propriedade?**

Sim

Não

**5. Se sua resposta foi “Não” na pergunta anterior, quais os motivos que ainda não possui?**

Falta de conhecimento técnico sobre biodigestores

Custo inicial elevado

Disponibilidade de espaço adequado

Restrições regulatórias ou burocráticas

Não conheço nenhuma empresa do ramo que atenda minha região

**6. Tem interesse em ter um biodigestor em sua propriedade?**

Sim

Não

**7. Você sabe qual é o investimento e em quanto tempo é o retorno?**

Sim

Não

**8. Qual é o principal tipo de resíduo orgânico disponível em sua propriedade?**

Esterco animal

Restos de culturas agrícolas

- Resíduos de alimentos
- Outros

**9. *Gostaria de saber mais sobre biodigestores? Gostaria que um responsável técnico entrasse em contato com você?***

- Sim
- Não

**10. *Quanto você estaria disposto a investir em um biodigestor para sua propriedade?***

- Menos de R\$ 10.000,00
- Entre R\$ 10.000,00 e R\$ 50.000,00
- Mais de R\$ 50.000,00