

Desenvolvimento da sustentabilidade avícola a partir do uso de biodigestores

Development of poultry production sustainability through bio-digestors

Sulma Vanessa Souza¹, Régio Marcio Toesca Gimenes², Ana Carolina Amorim Orrico³, Marcel Gonçalves de Almeida⁴, Omar Jorge Sabbag⁵

RESUMO: Objetivou-se analisar a viabilidade econômica da implantação de um biodigestor em uma unidade produtora de frango de corte, utilizando-se como substrato para a geração de energia a cama de frango, gerada a partir de dois materiais base (casca de arroz e maravalha), visando a produção de energia limpa e renovável, na forma de biogás além da obtenção do biofertilizante, caracterizando assim um modelo sustentável para tratamento dos resíduos gerados na criação desses animais. Esta pesquisa utilizou-se de um estudo de caso, com a realização de uma entrevista semiestruturada. Como critério de avaliação da viabilidade econômica do projeto, foram utilizadas as técnicas de Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Índice de Lucratividade (IL), Relação Benefício Custo (B/C), Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRM), Valor Anual Equivalente Uniforme (VAUE) e *Payback* Descontado (PBd), a partir da determinação de uma Taxa Mínima de Atratividade de 9,57% ao ano. Os resultados obtidos na análise de viabilidade apontaram os seguintes resultados: VPL de R\$178.304,15, TIR de 13,17%, IL de 1,22, B/C de 2,41, TIRM de 11,05%, VAUE de R\$ 22.869,86 e PBd de 10,65 anos para o biogás produzido a partir de cama de casca de arroz. Já para a cama de maravalha, obteve-se VPL de R\$ 147.007,60, TIR de 12,55%, IL de 1,18, B/C de 2,36, TIRM de 10,81%, VAUE de R\$ 18.855,67 e PBd de 11,57 anos. Dessa forma, ambos os projetos podem ser aceitos, no entanto, a geração de biogás a partir da cama de casca de arroz é tida como a melhor opção.

Palavras-chave: Biogás. Cama de frango. Produção de frangos. Viabilidade econômica.

ABSTRACT: The economic viability of a bio-digestor in a broiler production unit is analyzed. Chicken coup bedding with rice bran and shavings is employed as the substrate for the generation of energy, aiming at the production of clean and renewable energy in the form of biogas and retrieval of biofertilizers. It is a sustainable model for the treatment of wastes generated by the poultry industry. Research comprised a case study through a half-structured interview. Current techniques were employed as a criterion for the evaluation of the project's economical viability: Net present price (NPP), Return internal rate (RIR), Profit index (PI), Relationship Costs Benefits (B/C), Internal rate of modified return (IRMR), Uniform Annual equivalent value (UAEV) and payback discount (PBd) by determining the minimum attractivity rate (MAR) of 9.57% per year. Results of viability analysis showed the following rates: NPP=R\$ 178,304.15; RIR=13.17%; PI=1.22; B/C=3.36; IRMR=10.81%; UAEV=R\$ 22,869.86; PBd=10.65 years for biogas produced from chicken coup bedding with rice bran. In the case of shavings, the following results were obtained: NPP=R\$ 147,007.60; RIR=12.55%; PI=1.18; B/C=2.36; IRMR=10.81%; UAEV=R\$ 18,855.67; PBd=11.57 years. Both projects were positive, although the generation of biogas from chicken coup bedding with rice bran was the better option.

Keywords: Biogas. Chicken coup bedding. Economic viability. Production of chickens.

Autor correspondente:Sulma Vanessa Souza: souzavanessasvs@gmail.com

Recebido em: 03/03/2020

Aceito em: 01/09/2020

¹ Doutoranda em administração pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande, MS, Brasil.

² Pós-Doutor em Finanças pela FEA/USP. Docente de Finanças e do Programa de Mestrado em Agronegócios da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados (MS), Brasil.

³ Doutora em zootecnia. Professora Associada da Universidade Federal da Grande Dourados pela Faculdade de Ciências Agrárias, Curso de Zootecnia, Dourados, MS, Brasil.

⁴ Mestrando em Ciências Contábeis pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande (MS), Brasil.

⁵ Pós-Doutor em Zootecnia pela UNESP. Docente associado da UNESP/FEIS e orientador nos programas de pós-graduação em Desenvolvimento Regional e de Sistemas Produtivos (UEMS) e Mestrado Profissional em Administração (FCAV/UNESP), Brasil.

INTRODUÇÃO

A produção de frango é considerada como uma atividade de significativa relevância para o agronegócio brasileiro (PARANHOS *et al.*, 2019), devido a sua importância econômica e social (SOUZA *et al.*, 2019). Atualmente, o país é considerado como o maior exportador de carne de frango e o terceiro maior produtor mundial (ABPA, 2020).

Em relação a sua produção, estima-se que haja um crescimento em torno de 40% até meados de 2050 (AVISITE, 2012); essa tendência justifica-se em função do aumento da população mundial. Com o propósito de alimentar essas pessoas, a produção de alimento tende a elevar-se em torno de 70%; e em relação à carne de frango, estima-se um aumento de 200 milhões de toneladas ao ano (FAO, 2017).

Em consonância, verifica-se um aumento expressivo na geração dos resíduos orgânicos com a criação dos frangos de corte (ARSHAD *et al.*, 2018). Denominado de cama de frango, esse resíduo consiste em um material utilizado na criação dos animais, que inicialmente é colocado como forro do piso dos aviários, com o objetivo de evitar o contato direto das aves com a superfície terrestre, absorver as excretas geradas durante o ciclo de criação, além de incorporar restos de ração, penas, assim como água proveniente dos bebedouros (PALHARES, 2004).

Diversos materiais podem ser utilizados para este fim, sendo os mais comuns a maravalha, casca de arroz e casca de amendoim (HERNANDES *et al.*, 2002). A escolha do material a ser utilizado como cama dependerá da localização dos aviários e matérias-primas disponíveis, além de sua qualidade como material absorvente.

Atualmente, a destinação final desse resíduo é a fertilização de culturas agrícolas, devido a sua composição em nitrogênio, fósforo e potássio (RAHMAN *et al.*, 2017). Todos os nutrientes depositados na cama colaboram para que o substrato inicial seja enriquecido, proporcionando assim um excelente meio para o crescimento microbiano.

Outra possibilidade de uso da cama, que atende à necessidade de correta disposição como resíduo e também representa agregação de valor à atividade principal, é o seu uso como substrato para fermentação em biodigestores.

Neste processo fermentativo, o material orgânico complexo é decomposto por vários grupos de micro-organismos anaeróbios até que alcance formas estáveis da matéria orgânica, liberando o biogás durante estas transformações. Ao final do processo, tem-se a produção de energia (biogás), recuperação de material (biofertilizante) e uma efetiva gestão de resíduo (AZIZ *et al.*, 2019).

Sendo assim, com a implantação de um biodigestor, o produtor tende a se beneficiar de diversas formas, tais como reduzir seus gastos com energia elétrica, dado que o custo com este insumo é apontado como um dos principais desafios do avicultor, além de reciclar o material residual de sua granja de modo a diminuir o impacto ambiental de sua atividade (ROSHANI *et al.*, 2012).

A digestão anaeróbia atualmente é um método de tratamento de resíduos bastante utilizado e em expansão na Europa (OLIVEIRA; NEGRO, 2019). Em relação ao Brasil, verifica-se que o país dispõe de um grande potencial e há várias possibilidades para sua produção e uso (OLIVEIRA; NEGRO, 2019); entretanto, sua massificação ainda enfrenta algumas limitações, tais como elevado custo de implantação e longo período de recuperação do investimento (MAFACIOLLI, 2012). Outro fator é a indisponibilidade de tecnologias locais de biogás, que pode se tornar um desafio para sua implantação como fonte de energia (KAMP; FORN, 2016).

Mediante esse panorama, o desenvolvimento de estudos sobre a produção desse tipo de energia faz-se necessário (OLIVEIRA; RAMALHO, 2006), principalmente no caso do setor rural brasileiro, uma vez que

a fonte predominante de biogás para geração de eletricidade no Brasil ainda é oriunda de resíduos sólidos urbanos (96,77%) contra a proveniente de dejetos animais (1,73%) (FREITAS *et al.*, 2019).

Nesta perspectiva, objetivou-se analisar a viabilidade econômica da implantação de um biodigestor em uma unidade produtora de frango de corte, utilizando-se como substrato para a geração de energia a cama de frango, gerada a partir de dois materiais base (casca de arroz e maravalha). É pertinente aludir para a importância da promoção de estudos sobre novas formas de produção de energia e de aproveitamento de resíduos, pois além de promover a sustentabilidade rural e o desenvolvimento local, esta prática tende a propiciar melhor qualidade de vida aos produtores rurais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

Este estudo se pautou em uma abordagem quali-quantitativa. Quanto aos fins, é caracterizada como descritiva. De acordo com Vergara (1998, p. 45), “a pesquisa descritiva expõe características de determinada população ou de determinado fenômeno. Pode também estabelecer correlações entre variáveis e definir sua natureza”.

Esta pesquisa foi realizada por meio de um estudo de caso, sendo desenvolvido em uma propriedade produtora de frango de corte em sistema *Dark House*, localizada no município de Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. Na visão de Gil (2002, p. 54), “o estudo de caso consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento”; em consonância, Beuren (2004, p. 84) “destaca a importância desse tipo de estudo por reunir informações numerosas, detalhadas e ricas a respeito de uma situação, auxiliando num maior conhecimento e numa possível resolução de problemas acerca do assunto estudado”.

As informações foram coletadas por meio de uma entrevista semiestruturada realizada com o avicultor integrado, mediante o uso de um questionário contendo perguntas abertas. A partir desses dados, foram efetuados orçamentos com empresas que fornecem equipamentos para o investimento em fontes de energias renováveis.

De posse desses dados organizados, elaborou-se planilhas de custos e fluxos de caixa, com o propósito de aplicar os métodos de avaliação econômica: VPL, TIR, IL, B/C, TIRM, VAUE e *Payback* descontado, cujo detalhamento é realizado na subseção 2.3.

2.2 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA A SER IMPLANTADO

O projeto a ser implantado nesta propriedade foi definido a partir da quantidade de cama de frango produzida ao ano, estimada em 720 toneladas para as condições de produção desse sistema. Para essa estimativa, foram considerados: a criação de seis lotes de frangos ao ano e os dois tipos de material base mais utilizados como cama para a produção de frangos de corte na região do Mato Grosso do Sul, como a casca de arroz e maravalha.

A partir daí, foram estipulados os parâmetros básicos para o projeto do biodigestor, tais como i) o local de implantação; ii) o volume diário de material orgânico a ser processado; iii) o modelo de biodigestor a ser utilizado; iv) o tamanho da lagoa para armazenamento de biofertilizante; v) o tipo de sistema de captação de água; vi) a quantidade de biogás produzido, conforme detalhamento realizado na sequência:

- Local a ser instalado: o sistema foi projetado para ser instalado a 100 metros de distância dos aviários, facilitando assim a operação de carga do biodigestor e o uso do biogás;
- Volume de material orgânico a ser processado: de acordo com a produção total de cama de frangos *in natura*, estimou-se um total de duas toneladas diárias (esta estimativa foi baseada na produção anual de 720 toneladas e no número de dias do ano, considerando que o biodigestor receberia cargas diariamente), para a composição do substrato a ser utilizado para fermentação no biodigestor;
- Modelo de biodigestor: o modelo proposto foi o Canadense, sendo este definido conforme orientação de empresas fabricantes de biodigestor;
- Lagoa: o projeto inclui uma lagoa para estocagem de biofertilizante com capacidade de 1.000 m³ a ser esvaziada a cada 15 dias. Sua aplicação na pastagem será realizada a partir de um sistema de fertirrigação com placa solar (carretel com mangueira) que funcionará por meio do uso de uma moto bomba elétrica (a biogás);
- Sistema de captação de água: as camas de frango que servirão como substratos para a fermentação no biodigestor deverão ser diluídas em água até que alcancem a concentração de sólidos em torno de 4 a 5%, permitindo assim o fluxo deste material no interior do biodigestor, além de garantir condição de anaerobiose. Com base nas concentrações de Sólidos Totais (ST) das camas, estimou-se que a cama de frangos proveniente da casca de arroz precisará em média de 35 a 40 m³ de água diariamente, enquanto a de maravalha de 33 a 37 m³ de água, para a formação dos substratos.

Mediante a necessidade de água no processo, optou-se pela captação da água da chuva, considerando-se o índice pluviométrico para o município de Dourados (MS) (1.414 mm ao ano) (INMET, 2019) e a área disponível para captação das chuvas (telhados dos aviários), sendo possível captar em média 3.400 m³ de água ao ano. Com esse total de captação, possui autonomia aproximada entre 85 a 103 dias de abastecimento dos biodigestores, considerando o mínimo e o máximo uso de água. Para os dias restantes, será necessária a utilização do uso de água da rede de abastecimento do produtor (vale destacar que não foi considerado esse custo no fluxo de caixa, pois o avicultor dispõe de um poço artesiano em sua propriedade).

O sistema de captação de água será formado por: 6 caixas d'água, com volume individual de 20.000 litros de armazenamento. Esse sistema é composto por: calha semicircular de PVC, suporte de fixação, abraçadeira, bocal terminal, caixa de passagem e condutor de evacuação. Sua instalação ocorrerá em localização estratégica de modo a eliminar a utilização de moto bomba para o transporte da água captada até o biodigestor.

- Construção de galpão para armazenamento da cama de frango: foi incluída no projeto a aquisição de um galpão de estrutura metálica para armazenamento da cama de frango (630 m²). Ao desalojar o lote de frango, o produtor irá retirar a cama do aviário e armazenar nesse galpão, onde, diariamente, serão retiradas em torno de duas toneladas desta cama para ser preparada a carga que entrará no biodigestor.
- Quantidade de biogás a ser produzido: A produção de biogás é dependente do teor de material orgânico presente no resíduo, sendo assim, quanto maior for a contribuição de excretas e restos de ração nas camas, maiores serão as produções de biogás. Para maior acurácia dos dados de produção, as camas de frango utilizadas como base deste trabalho tiveram determinadas as suas concentrações de ST e Sólidos Voláteis (SV), seguindo metodologia da Apha (2012).

Com base nos teores de ST, foram previstas as diluições dos substratos para a fermentação e com base nos SV estimados os rendimentos de biogás. A cama de frango formada por casca de arroz foi proveniente da criação de 10 lotes, enquanto a de maravalha de três lotes, resultando assim em teores de SV de 76,3 e 74,2%, respectivamente. Assim, para estimativa das produções de biogás foram considerados os seguintes potenciais de produção: 262,8 e 279,5 l/kg de SV adicionado ao biodigestor, para as camas de casca de arroz e maravalha, respectivamente, com base nos dados de Palhares (2004).

Na sequência, foi possível dimensionar o grupo gerador adequado a ser utilizado, dado que toda energia produzida pelo sistema será disposta na rede elétrica da concessionária de energia local. O esquema do projeto a ser implantado é apresentado na Figura 1.

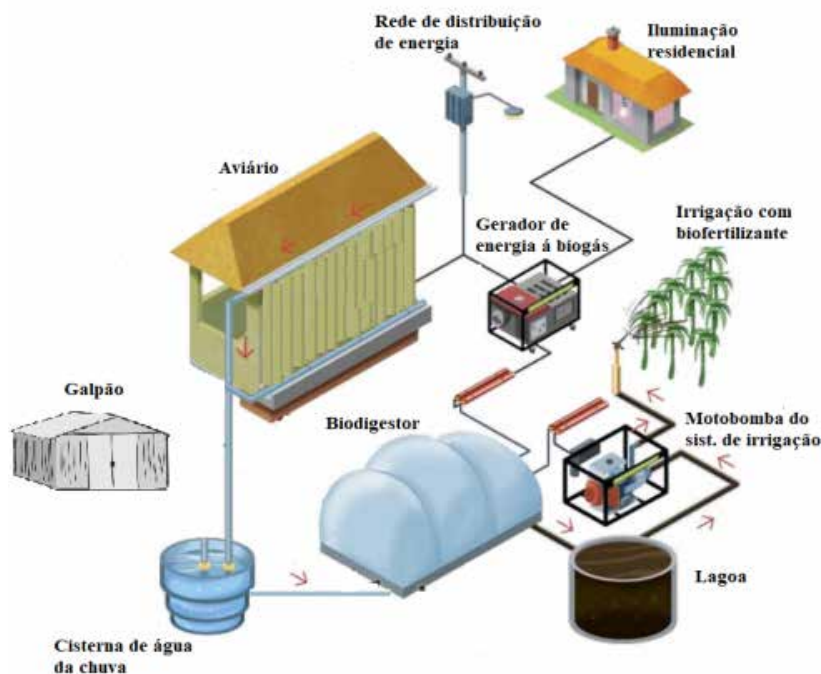


Figura 1. Composição do projeto a ser implantado: galpão, captação de água, biodigestor, lagoa e sistema de fertirrigação.

Fonte: Adaptado de SuperRede (2012).

2.3 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS DE CAPITAL

Para efetuar o respectivo estudo, considerou-se um horizonte de tempo de exploração de 15 anos, com investimento a ser feito integralmente no ano zero. A análise de viabilidade econômica foi realizada com base nas seguintes etapas: i) elaboração do fluxo de caixa incremental para o produtor; ii) definição da Taxa Mínima de Atratividade (TMA); e iii) aplicação de técnicas de avaliação de investimentos. O detalhamento das técnicas utilizadas é apresentado nos itens a seguir:

- a) Taxa Mínima de Atratividade (TMA): é a taxa mínima de retorno a ser alcançada pelo projeto de investimento para que o mesmo não seja rejeitado (KASSAI *et al.*, 2000). Nesse estudo, a TMA foi determinada pelo Modelo de Precificação de Ativos Financeiros Ajustado Híbrido (AH-CAPM).

Esse modelo foi escolhido porque minimiza as deficiências do Modelo de Precificação de Ativos Financeiros (CAPM) em suas primeiras aplicações (LINTNER, 1965; MOSSIN, 1966). O Modelo CAPM Ajustado Híbrido (AH-CAPM) é dado pela seguinte expressão de cálculo:

$$TMA = Rf_g + R_c + \beta C_{LG} [\beta_{GG} (R_{MG} - Rf_g)] (1 - R^2) \quad (1)$$

Onde: TMA = Taxa Mínima de Atratividade; Rf_g = Taxa livre de risco global; R_c = Risco país; β = Beta do país; βC_{LG} = Beta desalavancado médio de empresas comparáveis no mercado global; R_{MG} = Retorno do mercado global; R^2 = Coeficiente de determinação.

A aplicação deste modelo (AH-CAPM) foi realizada a partir das seguintes premissas, conforme o Quadro 1.

Quadro 1. Diretrizes utilizadas para realizar o cálculo da TMA

Índice	Metodologia de cálculo	Valor	Fonte/data coleta
Rfg: Taxa Livre de Risco global	Retorno sobre o investimento livre de risco. Neste estudo utilizou o valor do T-BONDS (título emitido pelo Tesouro Americano) com prazo de resgate de 30 anos.	2,24%	http://br.investing.com Em: 21/01/2020
Rc: Risco país	Para o risco país utilizou-se a taxa EMBI + Brasil mensurado pelo banco norte-americano JP Morgan.	2,09%	http://ipeadata.gov.br Em: 21/01/2020
βC_{LG} : Beta do país	Regressão entre o índice de mercado de ações locais (IBOVESPA) e o índice de mercado global (MSCI ACWI).	0,8536	MSCI ACWI - <i>Morgan Stanley Capital International</i> (http://msci.com)
β : Beta desalavancado	Beta desalavancado do setor <i>Farming/Agriculture</i> calculado por Aswath Damodaran.	0,63	http://pages.stern.nyu.eu Em: 21/01/2020
R_{MG} : Retorno do mercado global	Como <i>proxy</i> do retorno do mercado global utilizou-se o MSCI ACWI - <i>All Country World Index</i>	12,06%	http://msci.com de 2005 a 2019
Coeficiente de determinação (R^2): (http://ipeadata.gov.br)	Regressão entre a volatilidade das ações do mercado local (IBOVESPA) e variação do risco país (índice EMBI + Brasil)	0,0084	http://br.investing.com Período de 04/1994 a 01/2020

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A partir das diretrizes propostas no Modelo AH-CAPM, obteve-se o valor da Taxa Mínima de Atratividade do produtor ():

$$TMA = 2,24\% + 2,09\% + 0,8536 [(0,63 \times (12,06\% - 2,24\%))] \times (1 - 0,0084) = 9,57\% \text{ ao ano.}$$

b) Valor Presente Líquido (VPL): “representa o valor de um projeto em termos de sobra de recursos após a recuperação do capital investido hoje” (BERK; DEMARZO, 2010, p. 91). Como critério de aceitação de um projeto, o VPL deve ser maior que zero; caso o VPL seja menor que zero, rejeita-se o projeto de investimento, haja vista o retorno não recuperar o capital investido (GITMAN, 2010).

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TMA)^t} - I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1 + TMA)^t} \quad (2)$$

Onde: FC_t = fluxo (benefício) de caixa de cada período; TMA = Taxa Mínima de Atratividade; I_0 = investimento previsto no momento zero; I_t = valor do investimento previsto em cada período subsequente.

- c) Taxa Interna de Retorno (TIR): a partir dessa técnica é possível identificar a real taxa de retorno que um determinado investimento irá proporcionar em determinado período (BERK; DEMARZO, 2010). A tomada de decisão pela TIR é dada por: $TIR > TMA$, o projeto é economicamente viável; $TIR < TMA$, o projeto é economicamente inviável (GITMAN, 2010). A TIR é determinada através da seguinte expressão:

$$TIR = I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1 + TMA)^t} - I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TMA)^t} \quad (3)$$

Onde: I_0 = montante do investimento no momento zero (início do projeto); I_t = montantes previstos de investimento em cada momento subsequente; TMA = Taxa Mínima de Atratividade; FC = fluxos previstos de entradas de caixa em cada período de vida do projeto (benefícios de caixa).

- d) Índice de Lucratividade (IL): esse índice é mensurado pela “relação entre o valor presente dos fluxos de caixa positivos (entradas) e o valor presente dos fluxos de caixa negativos (saídas)”. Dessa forma, o projeto é tido como viável quando seu valor for superior a 1 e deve ser rejeitado se o índice for inferior a 1 (KASSAI *et al.*, 2000, p. 78; BRAGA, 2011). Seu cálculo é efetuado a partir da fórmula abaixo:

$$IL = \frac{\text{Valor presente dos benefícios}}{\text{Valor presente dos desembolsos de caixa}} \quad (4)$$

- e) Razão Benefício/Custo (B/C): essa técnica demonstra “quanto se ganha por unidade de capital investido” (SOUZA; CLEMENTE, 2012, p. 63). Um investimento é tido como viável quando seu B/C é maior do que 1. Ao analisar-se mais de um projeto, será considerado o mais viável o que apresentar o maior valor de B/C (REZENDE; OLIVEIRA, 2008). A relação B/C é determinada a partir da fórmula:

$$B/C = \frac{VB(TMA)}{VC(TMA)} \quad (5)$$

Onde: B/C = relação Benefício/Custo; VB (i) valor presente a taxa i, taxa de desconto do projeto, representada pela rentabilidade mínima requerida, da sequência de benefícios; VC (i) valor presente a taxa i dos custos do projeto.

- f) Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRM): é considerada por Barbieri *et al.* (2007, p. 131) como o “indicador mais aceitável para estimar a taxa de retorno de um projeto de investimento” haja vista ser uma versão aperfeiçoada do método da TIR (SOUZA *et al.*, 2019). Para ser aceito, o projeto deve apresentar TIRM maior do que sua TMA (BRIGHAM *et al.*, 2001). A TIRM é obtida mediante o cálculo abaixo:

$$TIRM = \frac{\sum_{j=0}^n \left[\frac{Y_j}{(1+TR)^{n-j}} \right]}{\sum_{j=0}^n \left[\frac{C_j}{(1+TMA)^j} \right]} = (1 + TIRM)^n \quad (6)$$

Onde: Y_j = Fluxo de caixa positivo no período j ; C_j = Fluxo de caixa negativo no período j ; TR = Taxa de Reinvestimento; TMA = Taxa Mínima de Atratividade.

- g) Valor uniforme anual equivalente (VAUE): aponta o quanto um determinado investimento tende a lucrar anualmente a mais do que sua Taxa Mínima de Atratividade (KOPITTKE; CASAROTTO FILHO, 2000). A partir dessa técnica um projeto deve ser aceito quando seu VAUE for positivo, dentre dois ou mais projetos, o mais recomendado é o que obter maior VAUE (REZENDE; OLIVEIRA, 2001).

$$VAUE = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TMA)^t} \times \frac{TMA \times (1+TMA)^t}{(1+TMA)^t - 1} \quad (7)$$

Onde: FC_t = fluxo de caixa do projeto; TMA = Taxa Mínima de Atratividade; n = tempo de vida do projeto.

- h) *Payback* Descontado (PBd): “o período de *payback* descontado é definido como o número de anos necessário para recuperar o investimento dos fluxos líquidos de caixa descontados” (BRIGHAM; EHRHARDT, 2012, p. 425). Diferentemente do *payback* simples, ele considera o valor do dinheiro no tempo (SOUZA *et al.*, 2019). Sendo definido pela fórmula seguinte:

$$Payback = \text{mínimo } \{j\} \sum_{k=1}^j \frac{FC_k}{(1+TMA)^k} \geq FC_0 \quad (8)$$

Onde: FC_k = Fluxo de caixa do projeto no tempo k ; TMA = Taxa Mínima de Atratividade; FC_0 = Fluxo de caixa do projeto no tempo zero.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 INVESTIMENTOS FIXOS PARA IMPLANTAÇÃO DO BIODIGESTOR

Os investimentos iniciais deste projeto envolvem a construção de um biodigestor, uma lagoa com capacidade para armazenar 1.000 m³ de dejetos, instalação de um sistema de captação de água da chuva, construção de um galpão para armazenamento da cama de frango, entre outros, conforme detalhamento realizado na Tabela 2.

Tabela 2. Investimento fixo para a instalação do sist. de produção de biogás

(Continua)

INVESTIMENTO FIXO	TOTAL
Sistema de Biodigestor	
Geomembrana (vinibiodigestor), lagoa para estocagem de biofertilizante com capacidade de 1.000 m ³ , queimador do biogás excedente, purificador de biogás, sistemas de válvulas, sistema de tubulação, sistema completo de recirculação, projeto e ART (anotação de responsabilidade técnica) do projeto.	R\$ 327.860,00

(Continua)

INVESTIMENTO FIXO	TOTAL
Subtotal	R\$ 327.860,00
Construção, terraplanagem e assessoria	
Grupo Gerador 120 Kva	R\$ 150.000,00
Terraplanagem e obra civil	R\$ 38.000,00
Sistema de coleta de água de chuva	R\$ 17.632,98
Construção de cerca em torno do sistema Vinibiodigestor	R\$ 33.135,35
Construção de cobertura para bomba	R\$ 450,00
Galpão estrutura metálica - para armazenamento da cama de frango (630 m ²)	R\$ 120.651,00
Mão de obra	R\$ 30.000,00
Assessoria e projeto	R\$ 3.000,00
Subtotal	R\$ 401.204,23
Sistema de Fertirrigação	
Carretel enrolador com painel solar e aspersionador (mangueira 300 metros)	R\$ 53.000,00
Moto Bomba 25 CV (elétrica)	R\$ 18.000,00
Trator	0,00
Subtotal	R\$ 71.000,00
Terra nua (m²) 2.630 m²	R\$ 9.205,00
Subtotal	R\$ 9.205,00
Total	R\$ 800.934,33

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Além do custo de implantação do projeto, foram considerados os custos com trâmite junto à distribuidora de energia elétrica do município em que o projeto será instalado. Os investimentos iniciais necessários para a construção do respectivo projeto totalizaram R\$800.934,33. No projeto considerou-se a utilização de um trator, entretanto, seu valor não foi estimado, dado que os avicultores, em geral, já possuem este equipamento para fazer a manipulação da cama de frango nos aviários.

3.2 ESTIMATIVA DOS CUSTOS, DESPESAS E RECEITAS

Os custos, despesas e receitas foram determinados para o período de um ano, a partir dos seguintes elementos:

- Mão de obra (MO) e encargos: considerou-se a MO utilizada para alimentar diariamente o biodigestor e realizar sua manutenção (o tempo estimado para efetuar essas duas tarefas é de duas horas), assim como monitorar a aplicação do biofertilizante na plantação e limpeza do carretel. A aplicação ocorrerá a cada 15 dias, sendo os encargos estimados em 41,59% (CONAB, 2010). Considerou-se o piso salarial do trabalhador rural de Mato Grosso do Sul de R\$1.061,90,

vigente para o ano de 2019 (FAMASUL, 2019).

- Custos de manutenção: para obter o valor desse custo considerou-se R\$0,05 por kWh, conforme orientações técnicas advindas do fornecedor do biodigestor.
- Custo com óleo diesel: a ser usado no trator que irá realizar diariamente o deslocamento da cama de frango do galpão até o biodigestor. O tempo necessário para realizar essa tarefa é de duas horas.
- Seguro Operacional: provisão para danos imprevistos, parciais ou totais ao produtor. Essa taxa está referenciada na CONAB (2010), sendo de 0,75% ao ano.
- Imposto sobre a propriedade territorial rural (ITR) pago pelo produtor. Considerando-se apenas o valor da área de implantação do projeto de 2.630 m².
- Depreciação: considerou-se o valor residual dos equipamentos cuja durabilidade é superior ao horizonte da vida útil do projeto e que possam ser reutilizados ou vendidos ao término da sua vida útil. O cálculo da depreciação foi realizado pelo método linear.
- A formação do benefício pautou-se na produção de biogás e de biofertilizantes. Em relação ao biogás, sua receita foi determinada mediante estimativa da capacidade de produção de kWh ao ano assim como pelo preço de energia elétrica praticada no país (Sistema de Bandeiras Tarifárias). Para o biofertilizante, foram estimadas as concentrações de Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K) na sua composição e foram considerados os preços dos fertilizantes químicos comercializados (em escala industrial) contendo esses nutrientes.

3.2 FLUXOS DE CAIXA

Para este projeto, utilizou-se o fluxo de caixa incremental (Tabelas 3 e 4), pois pretende-se utilizar a substituição da energia demandada na propriedade pela energia gerada a partir do biodigestor. Dessa forma, esse tipo de projeto tende a recuperar o capital investido pela economia auferida no consumo de energia elétrica.

Tabela 3. Fluxo de caixa incremental - produção de biogás a partir de casca de arroz

(Continua)

ANO	Ano 0	Ano 1	Ano 5	Ano 10	Ano 15
1. Benefício Total	0,0	R\$ 179.472,57	R\$ 179.472,57	R\$ 179.472,57	R\$ 179.472,57
1.1 Quant. de kWh prod. ¹	0,0	86.870,00	86.870,00	86.870,00	86.870,00
1.2 Receita - energia elétrica	0,0	R\$ 57.805,90	R\$ 57.805,90	R\$ 57.805,90	R\$ 57.805,90
1.3 Receita - biofertilizante	0,0	R\$ 121.666,67	R\$ 121.666,67	R\$ 121.666,67	R\$ 121.666,67
2. Custo Total	0,0	R\$ 74.436,40	R\$ 74.436,40	R\$ 74.436,40	R\$ 74.436,40
2.1 M.O biodigestor ²	0,0	R\$ 4.573,28	R\$ 4.573,28	R\$ 4.573,28	R\$ 4.573,28
2.2 M.O biofertilizante ³	0,0	R\$ 451,06	R\$ 451,06	R\$ 451,06	R\$ 451,06
2.3 Custo de manutenção	0,0	R\$ 4.343,50	R\$ 4.343,50	R\$ 4.343,50	R\$ 4.343,50
2.4 Óleo diesel	0,0	R\$ 26.499,00	R\$ 26.499,00	R\$ 26.499,00	R\$ 26.499,00
2.5 Cons. de kWh - moto bomba ⁴	0,0	R\$ 6.654,30	R\$ 6.654,30	R\$ 6.654,30	R\$ 6.654,30
2.6 Seguro	0,0	R\$ 3.828,14	R\$ 3.828,14	R\$ 3.828,14	R\$ 3.828,14

(Conclusão)

ANO	Ano 0	Ano 1	Ano 5	Ano 10	Ano 15
2.7 ITR ⁵	0,0	R\$ 0,94	R\$ 0,94	R\$ 0,94	R\$ 0,94
2.8 Depreciação	0,0	R\$ 28.086,17	R\$ 28.086,17	R\$ 28.086,17	R\$ 28.086,17
3. Investimento	R\$ 800.934,33	0,0	0,0	0,0	R\$ 72.133,87
4. Benefício - Custo	0,0	R\$ 105.036,18	R\$ 105.036,18	R\$ 105.036,18	R\$ 105.036,18
5. Imposto de Renda	0,0	R\$ 9.870,99	R\$ 9.870,99	R\$ 9.870,99	R\$ 9.870,99
6. Depreciação	0,0	R\$ 28.086,17	R\$ 28.086,17	R\$ 28.086,17	R\$ 28.086,17
7. F.C. do Produto ⁶	-R\$ 800.934,33	R\$ 123.251,36	R\$ 123.251,36	R\$ 123.251,36	R\$ 195.385,22

Nota: (1) Quantidade de kWh produzido pelo biodigestor ao ano. (2) Mão de obra utilizada para alimentar biodigestor e realizar sua limpeza. (3) Mão de obra utilizada para aplicar biofertilizante e realizar limpeza do carretel. (4) Consumo de kWh em R\$ utilizado para funcionamento da moto bomba do sistema de fertirrigação ao ano. (5) Imposto Territorial Rural. (6) Fluxo de Caixa do Produtor. Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Nota-se que a cama de frango de casca de arroz permite que sejam produzidos anualmente 86.870,00 kWh, enquanto a cama de maravalha produz 79.935,00 kWh ao ano (Tabela 4). Dessa forma, a receita anual estimada com energia elétrica foi de R\$57.805,90 (casca de arroz) e de R\$53.191,15 (maravalha). O biofertilizante, por sua vez, apresenta uma receita similar para ambas as camas, correspondente a R\$121.666,67 ao ano.

Tabela 4. Fluxo de caixa incremental para produção de biogás a partir de maravalha

ANO	Ano 0	Ano 1	Ano 5	Ano 10	Ano 15
1. Benefício Total	0,0	R\$ 174.857,82	R\$ 174.857,82	R\$ 174.857,82	R\$ 174.857,82
1.1 Quant. de kWh prod. ⁷		79.935,00	79.935,00	79.935,00	79.935,00
1.2 Receita - energia elétrica	0,0	R\$ 53.191,15	R\$ 53.191,15	R\$ 53.191,15	R\$ 53.191,15
1.3 Receita - biofertilizante	0,0	R\$ 121.666,67	R\$ 121.666,67	R\$ 121.666,67	R\$ 121.666,67
2. Custo Total	0,0	R\$ 74.089,65	R\$ 74.089,65	R\$ 74.089,65	R\$ 74.089,65
2.1 M.O biodigestor ⁸	0,0	R\$ 4.573,28	R\$ 4.573,28	R\$ 4.573,28	R\$ 4.573,28
2.2 M.O biofertilizante ⁹	0,0	R\$ 451,06	R\$ 451,06	R\$ 451,06	R\$ 451,06
2.3 Custo de manutenção	0,0	R\$ 3.996,75	R\$ 3.996,75	R\$ 3.996,75	R\$ 3.996,75
2.4 Óleo diesel	0,0	R\$ 26.499,00	R\$ 26.499,00	R\$ 26.499,00	R\$ 26.499,00
2.5 Cons. de kWh - moto bomba ¹⁰	0,0	R\$ 6.654,30	R\$ 6.654,30	R\$ 6.654,30	R\$ 6.654,30
2.6 Seguro	0,0	R\$ 3.828,14	R\$ 3.828,14	R\$ 3.828,14	R\$ 3.828,14
2.7 ITR ¹¹	0,0	R\$ 0,94	R\$ 0,94	R\$ 0,94	R\$ 0,94
2.8 Depreciação	0,0	R\$ 28.086,17	R\$ 28.086,17	R\$ 28.086,17	R\$ 28.086,17
3. Investimento	R\$ 800.934,33	0,0	0,0	0,0	R\$ 72.133,87
4. Benefício - Custo	0,0	R\$ 100.768,17	R\$ 100.768,17	R\$ 100.768,17	R\$ 100.768,17
5. Imposto de Renda	0,0	R\$ 9.617,18	R\$ 9.617,18	R\$ 9.617,18	R\$ 9.617,18
6. Depreciação	0,0	R\$ 28.086,17	R\$ 28.086,17	R\$ 28.086,17	R\$ 28.086,17
7. F.C. do Produto ¹²	-R\$ 800.934,33	R\$ 119.237,16	R\$ 119.237,16	R\$ 119.237,16	R\$ 191.371,03

Nota: (7) Quantidade de kWh produzido pelo biodigestor ao ano. (8) Mão de obra utilizada para alimentar biodigestor e realizar sua limpeza. (9) Mão de obra utilizada para aplicar biofertilizante e realizar limpeza do carretel. (10) Consumo de kWh em R\$ utilizado para funcionamento da moto bomba do sistema de fertirrigação ao ano. (11) Imposto Territorial Rural. (12) Fluxo de Caixa do Produtor. Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Ao analisar-se as Tabelas 3 e 4, observa-se que a cama de maravalha gera uma receita menor (R\$174.857,82) quando comparada a da cama de casca de arroz (R\$179.472,57), dado que esta última proporciona maior produção de kWh em relação à maravalha.

3.4 VIABILIDADE ECONÔMICA

Para efetuar a análise da viabilidade econômica do projeto de produção de biogás por meio de cama de frango (casca de arroz e maravalha), utilizou-se as seguintes técnicas: VPL, TIR, IL, B/C, TIRM, VAUE e *Payback* descontado, conforme descrito na Tabela 5. Esse estudo buscou utilizar diversas técnicas de viabilidade, partindo do princípio de que a tomada de decisão requer que diversos métodos determinísticos possam ser utilizados de maneira complementar (CASAROTTO FILHO; KOPITITKE, 2007) para que se conheça com maior segurança a aceitabilidade ou não do projeto.

Tabela 5. Resultados dos indicadores de viabilidade econômica

Técnica de avaliação	Cama de casca de arroz	Cama de maravalha
Valor Presente Líquido (VPL)	R\$ 178.304,15	R\$ 147.007,60
Taxa Interna de Retorno (TIR)	13,17%	12,55%
Índice de Lucratividade (IL)	1,22	1,18
Benefício Custo (B/C)	2,41	2,36
Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRM)	11,05%	10,81%
Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE)	R\$ 22.869,86	R\$ 18.855,67
<i>Payback</i> descontado (PDd)	10,65 anos	11,57 anos

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Os projetos propostos neste estudo apresentaram um VPL de R\$178.304,15 (cama de casca de arroz) e de R\$147.007,60 (cama de frango de maravalha), o que aponta para a aceitabilidade destes investimentos, pois se observa que ambos VPL's resultaram em valores positivos (GITMAN, 2010). Em consonância com os resultados apurados neste estudo, Walekhwa *et al.* (2014) obtiveram VPL positivo em todos os cenários de planta de biogás com capacidade de 8 m³ (VPL de \$ 4,535), 12 m³ (VPL de \$ 6,998) e 16 m³ (VPL de \$ 9,542).

Por outro lado, o estudo de Felca *et al.* (2018) resultou em VPL negativo para todos os projetos de uso de energia da biodigestão de lodo analisados: Varginha (- \$ 4,742,583.82), Porto Alegre (- \$ 3,423,288.55), Santa Rita do Sapucaí (- \$ 1,309,624.94), Itajubá - sem aquecimento (- \$ 3,594,339.32) e Itajubá - com aquecimento (- \$ 3,519,693.60).

Quanto à Taxa Interna de Retorno, obteve-se TIR de 13,17% ao ano para a produção de biogás a partir da casca de arroz e de 12,55 % para a da maravalha. Esses resultados sugerem a viabilidade dos projetos, dado que ambas as TIR's apresentaram valores superiores a TMA de 9,57% ao ano (BRUNI; FAMÁ, 2012).

Em relação ao Índice de Lucratividade, foi obtido um valor de 1,22 (casca de arroz) e de 1,18 (maravalha); assim sendo, ambos os projetos podem ser aceitos, pois a regra geral enfatiza que quando o IL for maior do que um, o projeto deve ser aceito, pois é viável; caso o resultado seja inferior a um deve ser rejeitado (ASSAF NETO, 1992).

A utilização da relação B/C apontou a viabilidade do uso da cama de casca de arroz (B/C de 2,41) e de maravalha (B/C de 2,36) para a produção de biogás, haja vista ambas terem auferido valores de B/C superior a um, tendo em vista que esse resultado representa geração de riqueza para o investidor (SILVA *et al.*, 2014).

A Taxa Interna de Retorno Modificada foi calculada com o propósito de se identificar uma taxa mais realista aos respectivos projetos. Seu cálculo resultou em TIRM de 11,05% (casca de arroz) e de 10,81% (maravalha), o que reafirma a aceitabilidade dos projetos, posto que ambas as taxas apresentam-se superiores à TMA.

No que tange a técnica VAUE, ambos os projetos são aceitáveis, haja vista o VAUE obtido tanto na análise econômica da cama de casca de arroz (R\$22.869,86), como na cama de maravalha (R\$18.855,67) apresentarem valores positivos, sendo que, dentre os dois, o mais recomendado é o de cama de arroz, em função de ter apresentando maior VAUE quando comparado à cama de maravalha (REZENDE; OLIVEIRA, 2001). Em relação ao *Payback* Descontado, para ambos os projetos, identifica-se o tempo de retorno do investimento às suas respectivas vidas úteis, em 11,18 anos (casca de arroz) e de 11,88 anos (maravalha).

Como premissa inicial deste estudo, considera-se que o avicultor necessite adquirir todos os equipamentos (Tabela 3). Caso o produtor já possua a estrutura para armazenar a cama de frango (por exemplo, algum galpão ocioso na propriedade) o tempo de retorno do projeto será de 8,14 anos (casca de arroz) e de 8,55 anos (maravalha). Considerando-se que, além do galpão, ele já possua um sistema de fertirrigação, o retorno se reduz para 6,94 anos (casca de arroz) e de 7,28 anos (maravalha).

Estudos como o de Sarmiento *et al.* (2015), Ali e Al-Sa'ed (2018) utilizando o período de *Payback* simples apresentaram um tempo de retorno do investimento relativamente menor: de 3,26 anos e de 3 anos; entretanto, diferentemente deste estudo, ambos consideraram a receita advinda do biofertilizante, mas não apuraram os custos de aplicação deste biofertilizante (mão de obra para aplicação e o equipamento a ser utilizado), assim como o gasto necessário para o funcionamento deste equipamento na estimativa de seus fluxos de caixa.

Já Capatan *et al.* (2012), em seu estudo sobre produção de biogás por meio de dejetos de equinos, consideraram nas entradas dos fluxos de caixa as receitas com a venda de energia elétrica e crédito de carbono, sendo que 94% da geração de suas receitas são provenientes da comercialização desses créditos; todavia, os autores não consideraram em seu investimento fixo o custo para registro e formalização do projeto mediante órgão competente, de modo a tornar-se apto a comercializar o referido crédito de carbono.

Dessa forma, ao considerar a receita gerada pelo biofertilizante e/ou comercialização do crédito de carbono, é essencial que sejam considerados todos os custos e despesas do projeto, para se evitar um período de *Payback* que não condiz com a realidade do investimento.

A partir dos resultados obtidos na aplicação das técnicas de viabilidade até aqui descritas, constata-se que o uso de biodigestor em propriedade avícola é viável economicamente. Resultados de estudos sobre biogás realizados em Uganda (Walekhwa *et al.*, 2014) e no Paquistão (Amjid *et al.*, 2011; Ansari *et al.*, 2011) também concluíram pela viabilidade econômica da produção de biogás em seus respectivos países.

Entretanto, o estudo desenvolvido por Engler *et al.* (2012) sugere que as plantas de biogás no Texas (EUA) são inviáveis, caso sejam considerados apenas os benefícios advindos da substituição de energia elétrica, sendo portanto necessário sinalizar viabilidade também à substituição de fertilizantes. Já Govender *et al.* (2019, p. 154) constataram a “inviabilidade do projeto, atribuída principalmente aos altos custos de capital”.

De acordo com Lonqvist *et al.* (2018), os desafios para a implantação deste tipo de projeto tendem a ser mais intensos em países em desenvolvimento, haja vista a ausência de política institucional, como por exemplo, o de apoio financeiro (PATINVOH; TAHERZADEH, 2019).

Para Marçal *et al.* (2016), essas políticas necessitam contemplar linhas de financiamento que não se restrinjam apenas em fornecer recursos para a aquisição do equipamento, mas também proporcionar capacitação de modo a possibilitar aos interessados “condições para o domínio das técnicas de manejo do equipamento, bem como sua manutenção, para que se obtenha o máximo proveito possível dessa tecnologia” (MARÇAL *et al.*, 2016, p. 150).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de biogás em unidades produtoras de frango de corte apresentou um bom potencial de viabilidade econômica. Esse sistema de geração de energia, além de permitir a redução considerável do principal problema enfrentado atualmente pelo avicultor (alto custo com energia elétrica), promove benefícios ambientais, haja vista apresentar-se como um método eficaz de tratamento dos resíduos advindos da criação das aves.

Optando pela produção de biogás, o produtor deve se atentar ao equipamento que irá utilizar para aplicar o biofertilizante, dado que a escolha do equipamento indevido tende a inviabilizar o projeto. Inicialmente, esse estudo se pautou na utilização de um tanque chorumeira acoplado a um trator para aplicar os biofertilizantes; entretanto, por este equipamento demandar um alto consumo de óleo diesel e de mão de obra (para aplicação do biofertilizante gerado), o projeto apresentou inviabilidade.

Dessa forma, optou-se em realizar o projeto utilizando sistema de fertirrigação, mediante uso de um gerador elétrico (a partir do próprio biogás produzido na propriedade). Esse equipamento, além de não consumir óleo diesel, necessita de reduzida mão de obra para seu funcionamento. Outro ponto a ser mencionado é a importância de o produtor considerar todos os custos e despesas gerados pela produção de biofertilizante, para que os resultados não induzam a um falso período de *Payback*.

Muito mais do que estimular a sustentabilidade energética, o uso de biodigestores tende a promover a sustentabilidade em seu tripé, quais sejam: econômico, dado que o produtor terá diminuição de seus custos com energia elétrica e uma nova possibilidade de aumento de renda pela produção de biofertilizante com aumento dos seus ganhos; ambiental, pois haverá um correto destino aos resíduos; e social, haja vista a utilização desse tipo de equipamento proporcionar qualidade de vida ao avicultor.

Apesar de este estudo ter apresentado viabilidade econômica, sugere-se que trabalhos futuros apresentem a análise de sensibilidade e simulação de Monte Carlo, com vista a analisar o projeto considerando as incertezas e riscos do investimento proposto.

REFERÊNCIAS

ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório anual 2020**. Disponível em: <https://abpa-br.org/abpa-lanca-relatorio-anual-2020/>. Acesso em: 22 dez. 2020.

ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório anual 2017**. 2017. Disponível em: <http://abpa-br.com.br>. Acesso em: 21 dez. 2019.

ALI, R.; AL-SA'ED, R. Economic Feasibility of a Biogas System in a Small Palestinian Poultry Farm. **Advances in science, technology and innovation**, p. 1541-1543, 2018. DOI: 10.1007/978-3-319-70548-4_448.

AMJID, S. S.; BILAL, M. Q.; NAZIR, M. S.; HUSSAIN, A. Biogas, renewable energy resource for Pakistan. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 15, p. 2833-2837, 2011. DOI: 10.1016/j.

rser.2011.02.041.

ANSARI, S. H.; KHAN, M. S.; HAIDER, M. S.; AHMAD, A.; AHMED, M. A. A study on economic feasibility of biogas plant for a small town. **Science International** v. 23, p. 325-326, 2011.

APHA - American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22. ed. Washington, 2012.

ARSHAD, M. *et al.* Electricity generation from biogas of poultry waste: an assessment of potential and feasibility in Pakistan. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p. 1241-1246, 2018. DOI: 10.1016/j.rser.2017.09.007.

ASSAF NETO, A. Os métodos quantitativos de análise de investimentos. **Caderno estudos**, n. 6, São Paulo, 1992.

AVISITE, 2012. Disponível em: <https://www.avisite.com.br/>. Acesso em: 22 dez. 2019.

AZIZ, N. I. H. A.; HANAFIAH, M. M.; GHEEWALAB, S. H. A review on life cycle assessment of biogas production: Challenges and future perspectives in Malaysi. **Biomass and Bioenergy**, v. 122, p. 361-374, 2019. DOI: 10.1016/j.biombioe.2019.01.047.

BARBIERI, J. C. Taxa interna de retorno: controvérsias e interpretações. **Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, ano 2, p. 131-142, 2007.

BERK, J.; DEMARZO, P. **Finanças empresariais essencial**. Tradução Christiane de Brito Andrei. Porto Alegre: Bookman, 2010.

BEUREN, I. M. (org.). **Como Elaborar Trabalhos Monográficos em Contabilidade: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

BRAGA, R. **Fundamentos e técnicas de administração financeira**. São Paulo: Atlas, 2011.

BRIGHAM, E. F.; EHRHARDT, M. C. **Administração financeira: teoria e prática**. 13. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2012.

BRUNI, A. L.; FAMA, R. **Gestão de custos e formação de preços**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CAPATAN, D. C.; CAPATAN, A.; ROSSET, N. R.; HARZER, J. H. Análise da viabilidade financeira da produção de biogás através de dejetos de equinos. **Custos e @gronegocio online**, v. 8, n. 4, p. 25-51, 2012.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKE, B. H. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2007, 468p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Custos de produção agrícola: a metodologia da Conab**. Brasília: Conab, 2010, 58p.

ENGLER, C. R.; E. R.; MCFARLAND, M. J.; LACEWELL, R. D. **Economics and Environmental Impact of Biogas Production as a Manure Management Strategy**. 2012. Disponível em: <http://tammi.tamu.edu/Engler2.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2020.

FAMASUL - Federação da Agricultura e Pecuária de Mato Grosso do Sul. 2019. Disponível em: <https://portal.sistemafamasul.com.br>. Acesso em: 29 dez. 2019.

FAO - Food and Agriculture Organization. **Representante da FAO Brasil apresenta cenário da demanda por alimentos**. 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/90116/>. Acesso em: 18 dez. 2019.

FELCA, A. T. A.; BARROS, R. M.; TIAGO FILHO, G. L.; SANTOS, I. F. S.; RIBEIRO, E. M. Analysis of biogas produced by the anaerobic digestion of sludge generated at wastewater treatment plants in the South of Minas Gerais, Brazil as a potential energy source. **Sustainable Cities and Society**, v. 41, p. 139-153, 2018. DOI: 10.1016/j.scs.2018.04.035.

FREITAS, F. F. *et al.* The Brazilian market of distributed biogas generation: Overview, technological development and case study. **Reviews of Renewable and Sustainable Energy**, v. 101, p. 146-157, 2019.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 12. ed. São Paulo: Pearson, 2010.

GOVENDER, I.; THOPIL, G. A.; INGLES-LOTZ, R. Financial and economic appraisal of a biogas to electricity project. **Journal of Cleaner Production**, v. 214, p. 154-165, 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.12.290.

HERNANDES, R.; CAZETTA, J. O.; MORAES, V. M. B. de. Frações nitrogenadas, glicídicas e amônia liberada pela cama de frangos de corte em diferentes densidades e tempos de confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 1795-1802, 2002.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/>. Acesso em: 19 jan. 2020.

KAMP, L. M.; FORN, E. B. Ethiopia's emerging domestic biogas sector: Current status, bottlenecks and drivers. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 60, p. 475-488, 2016. DOI: 10.1016/j.rser.2016.01.068.

KASSAI, J. R.; KASSAI, S.; SANTOS, A. dos. **Retorno de investimento: abordagem matemática e contábil do lucro empresarial**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2000.

KOPITKE, H. B.; CASAROTTO FILHO, N. **Análise de Investimentos**. São Paulo: Atlas, 2000.

KREUZ, C. L.; SOUZA, A.; CLEMENTE, A. Custos de produção, expectativas de retorno e de riscos do agronegócio mel no planalto norte de Santa Catarina. **Custos e @gronegócio online**, v. 4, n. 1, p. 46-61, 2008.

LINTNER, J. The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. **Review of Economics and Statistics**, v. 47, n. 1, p. 13-37, 1965.

LONNQVIST, T. *et al.* Large-scale biogás generation in Bolivia e A stepwise reconfiguration. **Journal of Cleaner Production**, v. 180, p. 494-504, 2018.

MAFACIOLLI, D. **Produção de biogás através do processo de digestão anaeróbica utilizando dejetos de aves de postura com suplementação de glicerina bruta**. 2012. 73f. Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental) - Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2012.

MARÇAL, N.; SANTOS, A.; MARÇAL, N.; LUCENA, S. R. Gestão ambiental: tecnologia sustentável para o desenvolvimento no sertão Paraibano. **Revista de gestão e sustentabilidade ambiental**, Florianópolis, v. 4, n. 2, p. 139-159, 2016.

MOSSIN, J. Equilibrium in a capital Asset Market. **Econométrica**, v. 34, n. 4, p. 768-783, 1966.

OLIVEIRA, L. G. S. DE; NEGRO, S. O. Contextual structures and interaction dynamics in the Brazilian Biogas Innovation System. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 107, p. 462-481, 2019.

OLIVEIRA, A. J.; RAMALHO, J. **Plano Nacional de Agroenergia 2006-2011**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, 2006, p. 110.

PALHARES, J. C. P. **Uso da cama de frango na produção de biogás**. Concórdia, 2004, p. 1-12. (EMBRAPA-CNPISA. Circular Técnica, 41). Disponível em: www.cnpisa.embrapa.br. Acesso em: 12 jan. 2020.

PARANHOS, A. G. O. *et al.* Methane production by co-digestion of poultry manure and lignocellulosic biomass: kinetic and energy assessment. **Bioresource Technology**. v. 300, p. 1-32, 2019.

PATINVOH, R. J. E.; TAHERZADEH, M. J. Challenges of Biogas Implementation in Developing Countries. **Current Opinion in Environmental Science & Health**. v. 12, p. 30-37, 2019. DOI: 10.1016/j.coesh.2019.09.006.

RAHMAN, M. D. A. *et al.* Optimal ratio for anaerobic co-digestion of poultry droppings and lignocellulosic-rich substrates for enhanced biogas production. **Energy for Sustainable Development**. v. 39, p. 59-66, 2017.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. de. **Análise econômica e social de projetos florestais: matemática financeira, formulação de projetos, avaliação de projetos, localização de projetos, análise de custo-benefício**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2008. 386p.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. de. **Análise econômica e social de projetos florestais**. Viçosa: UFV, 2001. 389p.

ROSHANI, A.; SHAYEGAN, J.; BABAEE, A. Methane production from anaerobic co-digestion of poultry manure. **Journal of Environmental Studies**, v. 38, n. 62, p. 22-24, 2012.

SARMENTO, Z. R. S.; NAZARIO, C. A. S.; CARNEIRO, P. H. G.; NAZÁRIO, S. L. S. Aproveitamento do potencial energético da cama de frango para uso na atividade avícola. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 11., 2015, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Cneg & Inovarse, 2015. p. 1-15.

SILVA, D. A. L. *et al.* Análise de viabilidade econômica de três sistemas produtivos de carvão vegetal por diferentes métodos. **Revista Árvore**, v. 38, n. 1, p. 185-193, 2014.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

SOUZA, S. V.; ALMEIDA, M. G.; SABBAG, O. J.; OLIVEIRA, L. E. N. Sustentabilidade social na produção de frango de corte em sistema *Dark house*: um estudo multi caso. **Informe Gepec**, v. 23, n. 2, p. 84-101, 2019.

SOUZA, S. V.; GIMENES, R. M. T.; BINOTTO, E. Economic viability for deploying hydroponic system in emerging countries: A differentiated risk adjustment proposal. **Land Use Policy**, v. 83, p. 357-369, 2019.

SUPER REDE. 2012. Disponível em: <https://superbanco.wordpress.com/about/>. Acesso em: 21 jan. 2020.

VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

WALEKHWA, P. N.; LARSB, D.; MUGISHAA, J. Economic Viability of Biogas Energy Production from Family-sized Digesters in Uganda. **Biomass and Bioenergy**, v. 70, p. 6-39, 2014.