

# GESTÃO DE ENERGIA LIMPA PARA O AGRONEGÓCIO: análise financeira da viabilidade de implantação de energia fotovoltaica e bioenergia

*CLEAN ENERGY MANAGEMENT FOR AGRIBUSINESS: financial viability analysis for deploying bioenergy and photovoltaic energy*

Renato de Oliveira Rosa<sup>1</sup>

Pedro Affonso Andries de Barros Santa Lucci<sup>2</sup>

Yasmin Gomes Casagrande<sup>3</sup>

Alberto de Barros Aguirre<sup>4</sup>

Denise Barros de Azevedo<sup>5</sup>

## RESUMO

Os empreendimentos do agronegócio se mostram cada vez mais competitivos e em busca de redução dos custos como forma de aumentar a margem de lucro. Os custos com a energia têm forte impacto em empresas rurais. Destarte é importante conhecer a matriz energética do país, estudar outras fontes de energia viáveis, renováveis e limpas, tais como a energia solar fotovoltaica, que realiza quimicamente a conversão de raios solares em energia elétrica, ou o biogás obtido na decomposição de matéria orgânica. Realizou-se esta pesquisa com objetivo de avaliar a viabilidade econômica em médio prazo, fontes de energia renováveis em empreendimentos rurais como meio de reduzir custos. A metodologia foi dividida em três etapas: i) coleta de dados; ii) tratamento; iii) análise de resultados. Na primeira, realizou-se pesquisa quantitativa com coleta de dados, por meio de pesquisa bibliográfica em revistas especializadas, e pesquisa documental na coleta de dados secundários junto a órgãos que atuam no cenário energético. As variáveis estudadas foram energia fotovoltaica e bioenergia via dejetos de suínos, apresentando-se como valiosas alternativas, em matéria de investimento e sustentabilidade.

**Palavras-chave:** Energia Renovável, Energia Fotovoltaica, Bioenergia.

## ABSTRACT

- 
- 1 Graduado em Administração e Processos Gerenciais e Mestrando em Administração; Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS; Endereço: Av. Costa e Silva, s/n° - Bairro Universitário, CEP: 79070-900, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil; E-mail: adm.renato.rosa@gmail.com;
  - 2 Graduado em Administração; Graduando em Ciências Contábeis; Mestrando em Administração; Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS; Endereço: Av. Costa e Silva, s/n° - Bairro Universitário, CEP: 79070-900, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil; E-mail: pedro\_affonso06@hotmail.com;
  - 3 Pós-doutora em Administração; Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS; Endereço: Av. Costa e Silva, s/n° - Bairro Universitário, CEP: 79070-900, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil; E-mail: yasmin\_casagrande@yahoo.com.br.
  - 4 Pós-doutor em Administração pela Universidade de São Paulo - USP; Professor Associado da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS; Endereço: Av. Costa e Silva, s/n° - Bairro Universitário, CEP: 79070-900, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil; E-mail: abaguirr@terra.com.br;
  - 5 Pós-doutora em Administração; Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS; Endereço: Av. Costa e Silva, s/n° - Bairro Universitário, CEP: 79070-900, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil; E-mail: deniseazevedo1972@gmail.com.

Recebido para publicação em 20/05/2019 e aceito em 30/03/2021

Agribusiness ventures are increasingly competitive and in search of cost reduction as a way to increase profit margin. Energy costs have a strong impact on rural enterprises. Therefore, it is important to know the energy matrix of the country, to study other viable, renewable and clean energy sources, such as solar photovoltaic energy which chemically performs the conversion of solar rays into electricity, or biogas obtained from the decomposition of organic matter. This study aimed at assessing the medium-term economic viability in renewable energy sources in rural enterprises as means to reduce costs. The methodology was divided into three stages: i) data collection; (ii) treatment; iii) analysis of results. In the first one, quantitative research was carried out with data collection, through bibliographic research in specialized magazines, and documentary research in the collection of secondary data from institutions that act in the energy scenario. The studied variables were photovoltaic energy and bioenergy from swine manure, presented as valuable alternatives, in terms of investment and sustainability. **Keywords:** Renewable Energy, Photovoltaic Energy, Bioenergy.

## Introdução

Os empreendimentos do agronegócio estão cada vez mais competitivos e em busca de redução dos custos como forma de aumentar à margem de lucro. Com empreendimentos rurais não é diferente. Por meio do aprimoramento das técnicas de produção aliadas ao livre acesso às informações e tecnologias o produtor rural pode alcançar a eficiência produtiva.

A energia elétrica exerce forte impacto no custo de produção e possui alternativas viáveis a serem estudadas, pois é um bem de natureza estratégica que, além de caro, no ambiente rural concorre com interrupções e ineficiências que podem culminar na perda da produção.

Nesse sentido, torna-se importante conhecer a matriz energética do país, estudar outras fontes de energia viáveis, renováveis e limpas. Dentre elas estão a eólica, geradas a partir da força dos ventos; a solar fotovoltaica que realiza quimicamente a conversão de raios solares em energia elétrica; ou o biogás obtido na decomposição de matéria orgânica. Desse modo, conhecer as fontes de energia e, possivelmente, encontrar uma capaz de substituir a energia obtida das linhas de distribuição por uma energia gerada no próprio empreendimento. Isso pode garantir a segurança energética, reduzindo custos e o impacto socioambiental negativo causado com a construção de novas usinas hidrelétricas.

Segundo a IEA (Agência Internacional de Energia), há três gerações de energias renováveis, sendo as tecnologias de primeira geração, emergidas a partir da revolução industrial, que compreendem a energia hídrica, energia a combustão e a energia geotérmica; as de segunda geração que compreendem a energia solar fotovoltaica, eólica e bioenergia, iniciadas nos anos de 1980 por conta da crise energética; e as de terceira geração que compreendem a energia solar por concentração, sistemas maremotriz, sistema geotérmico avançado e sistema integrado de bioenergias. Todas encontram-se em fase de estudos e desenvolvimento (IEA, 2007).

Realizou-se esta pesquisa com o objetivo de estudar fontes de energias renováveis de segunda geração, que melhor atendam às necessidades e possibilidades do empreendimento rural. Foi feita uma análise da viabilidade financeira por meio do custo de implantação, tempo médio de retorno do capital investido, valor presente líquido e a taxa interna de retorno do investimento através da busca de dados secundários. Nesse sentido, a investigação pretende apontar dentre as

variáveis estudadas, qual a fonte de energia oferece melhor retorno sobre o capital investido para o agronegócio na atualidade e que agreguem em responsabilidade socioambiental.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Desenvolvimento sustentável

O termo desenvolvimento sustentável gera ambiguidade de acordo com vários autores (LÉLÉ, 1991; FABER, 2006; BARBIERI, 2007). Pelo termo ser formado com significados contraditórios, haja vista que, desenvolvimento é sinônimo de crescimento e o termo sustentável possui uma interpretação voltada para a ecologia, sendo que em várias situações ambos se desencontram (BARBIERI, 2007).

Em 1987, na 42ª reunião da ONU, foi introduzido pela primeira vez o termo desenvolvimento sustentável, preconizando que o desenvolvimento deve responder às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer suas necessidades (BRUNDTLAND, 1987). Essa ideia passou a ser desenvolvida por pesquisadores ao longo dos anos, que estudaram o impacto desse conceito nas diversas percepções como na performance, na produção mais limpa e na conservação natural (HUBBARD, 2009; MIREK; WITKOWSKI, 2017; RAMOS et al., 2018)

Barbieri e Simantob (2007) trazem uma perspectiva moderna sobre o tema. De acordo com os autores, todos os segmentos da sociedade devem participar desse esforço para tornar o desenvolvimento sustentável uma realidade. Isso, principalmente, pelos que desempenham um papel central, tais como a comunidade científica, agricultores, empresários, trabalhadores.

O artigo tem como foco o desenvolvimento sustentável energético, o qual é a utilização da energia necessária para prover o desenvolvimento sem comprometer o potencial das gerações futuras de realizá-lo. Diante disso, é crescente a valorização e o desenvolvimento de novas tecnologias utilizadas na produção de energias proveniente de fontes renováveis.

### Formas de Energia Limpa

Para o desenvolvimento do tema, buscou-se entender o retorno financeiro de duas formas célebres e bem difundidas de energia limpa no agronegócio. Para realizar uma comparação esta seção do referencial teórico é de suma importância, é possível entender a diferença da Energia Solar Fotovoltaica e o Biogás.

### Energia Solar Fotovoltaica

Para o desenvolvedor da primeira célula solar, “fotovoltaica” é o conjunto de tecnologias que viabilizam a conversão direta dos raios solares em eletricidade por meio do dispositivo chamado “célula solar” (LORENZO, 1994).

Portanto, sistema fotovoltaico é a conexão das placas coletoras, em que ficam alocadas as células solares, inversor de potência, capaz de converter a corrente contínua em corrente alternada, e baterias quando houver interesse em armazenar a energia. A célula solar é o coração de um painel de energia fotovoltaica, responsável pela conversão da radiação solar em energia elétrica, processo que se realiza quimicamente. Após a conversão, a energia gerada passa pelo conversor e é encaminhada para a rede de distribuição ou para as baterias caso haja (SALÉS, 2008).

Essa forma de energia requerer proporcionalmente uma área muito menor que a exigida na produção hidráulica de energia. Segundo Salés, (2008), para cada metro quadrado de coletor instalado evita-se a inundação de 56 metros quadrados de terras férteis utilizadas na construção de novas usinas hidrelétricas. Em relação à incidência de raios solares, o sistema se apresenta conveniente. O Brasil é um dos países mais propícios no mundo para o uso de sistemas fotovoltaicos para eletrificação rural (RIBEIRO et al., 1999).

## **Biogás**

O biogás é o produto do processamento dos dejetos suínos no biodigestor, é uma câmara que realiza a fermentação de matéria orgânica, produzindo além de biogás, o biofertilizante (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002). O metano (gás incolor e combustível) é o principal componente energético, altamente inflamável. Após ser purificado pode ser utilizado para combustão, geração de energia elétrica, aquecimento e resfriamento (CERVI et al., 2010, SUNADA et al., 2012).

A energia gerada a partir de biodigestores é uma das soluções mais promissoras para o produtor rural, pois promovem o tratamento do resíduo e retornam parte da energia que seria perdida ao sistema produtivo por meio da queima do gás (ORRICO et al., 2007; SANTOS et al., 2007).

## **Técnicas de Orçamento de Capital**

Esta seção do referencial teórico traz as bases teóricas para a realização de uma análise de viabilidade econômica, trazendo três técnicas de análise do orçamento de capital: período de *payback*, valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR) (GITMAN, 2010).

Para realizar tal análise, foi feita a realização de estimativas dos valores que serão aplicados para a implantação, operação e manutenção dos materiais e equipamentos. Além disso, para as receitas produzidas em determinado período de tempo na montagem do fluxo de caixa (em anos) e determinar resultados alcançados pelo empreendimento. É possível também comparar com as demais alternativas de investimento de maior segurança e liquidez, como os fundos de renda fixa, para finalmente se concluir sobre a viabilidade ou não de um projeto.

De acordo com Gitman (2010), o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR) são as técnicas mais utilizadas para a realização de orçamento de capital. Portanto, estão presentes neste artigo.

## **Período do Payback**

O período de *payback* é o tempo de retorno do investimento inicial em um projeto (GITMAN, 2010). De acordo com Ross (2008), é um tipo de medida de “ponto de equilíbrio”, ou seja, o tempo necessário para haver um equilíbrio contábil, mas não no sentido econômico.

É um ótimo método para se verificar o tempo mínimo de retorno. No entanto, não leva em conta o valor do dinheiro no tempo nem sua desvalorização. Também não considera as entradas de fluxo de caixa após a recuperação do investimento, ou seja, não auxilia na estimativa do lucro (GITMAN, 2002). Apesar dessa limitação, muitas empresas o adotam como filtro das inúmeras decisões de investimento (ROSS, 2008).

A regra do período de *payback* é geralmente usada em decisões relativamente menos importantes e de projetos de baixo valor (GITMAN, 2010; ROSS, 2008). Por outro lado, é muito

## Figura 1. Fórmula do Payback (GITMAN, 2002).

$$PB = \frac{\text{Investimento Inicial}}{\sum FC_{\text{Ano}}}$$

Onde:

$PB$  = Tempo de retorno do investimento em anos

Investimento Inicial = custo do investimento inicial, em R\$

$FC$  = fluxo de caixa ao ano, em Reais.

utilizado simplesmente para analisar a recuperação do investimento quanto maior for o tempo de *payback* maior será a possibilidade de que ocorra mais riscos, assim, quanto menor o período de *payback* menor será a exposição do risco (GITMAN, 2010).

### Valor Presente Líquido (VPL)

Baseado em Gitman (2002), o Método VPL consiste em trazer para o tempo presente os valores estimados no fluxo de caixa do projeto, após a definição da taxa mínima de atratividade (TMA), que nada mais é que o retorno esperado pelo investidor, em outras palavras, o percentual mínimo de retorno para que ele opte pelo projeto.

O autor Ross (2008) resume o conceito de valor presente líquido (VPL) como a diferença entre valor de mercado de um investimento e seu custo. Um investimento deverá ser aceito se o VPL for positivo, quando existe ganho de capital, e rejeitado se o VPL for negativo, quando existe perda de capital (ROSS, 2008).

## Figura 2. Fórmula do Valor Presente Líquido (GITMAN, 2002).

$$VPL = -X_0 + \frac{X_1}{(1+TR)} + \frac{X_2}{(1+TR)^2} + \dots + \frac{X_n}{(1+TR)^n}$$

Onde:

$VPL$  = Valor Presente Líquido       $TR$  = Taxa de retorno esperado

$X_0$  = Investimento inicial       $X_n$  = Saldo operacional do Caixa no período

A taxa mínima de atratividade que é representada em percentual deve ser no mínimo equivalente ou superior à rentabilidade obtida em aplicações de melhor risco de investimento. Foi utilizada a taxa SELIC, cujo valor anualizado em fevereiro de 2017 era de 12,83% ao ano, por tanto aplicou-se a (TMA) como 12,83% ao ano.

Utilizou se aqui a taxa SELIC como referência, pois, ela é o parâmetro para remuneração de títulos públicos, como para o Título do Tesouro Direto e títulos de renda fixa. Atingida a taxa média de atratividade o investidor, deverá observar que quanto maior o VPL mais interessante é o projeto, pois significa que as entradas são maiores que as saídas.

### Taxa Interna de Retorno

A TIR, proposta por Keynes (1936), é uma taxa de desconto que aplicada ao fluxo de caixa, tornam iguais o valor presente das despesas e o valor presente do retorno do investimento de um projeto. De acordo com Gitman (2010), a taxa interna de retorno (TIR) é a técnica mais usada e sofisticada de orçamento de capital.

Resumindo essa técnica, é a taxa de desconto que faz com que o VPL de um determinado investimento seja nulo (ROSS, 2008). O investimento é aceito se a TIR é maior que o retorno exigido, caso ocorra o contrário deverá ser rejeitado (GITMAN, 2010; ROSS, 2008). Esse critério garante que a empresa receba no mínimo o retorno requerido (GITMAN, 2010).

### Figura 3. Fórmula da Taxa Interna de Retorno (KEYNES, 1936).

$$TIR = \sum FC (1+i)^{-n} = 0$$

Onde:

*TIR* = Taxa Interna de Retorno

*FC*: fluxo de caixa

*i*: taxa de juros

*n*: número de períodos, em anos.

O melhor dentre os investimentos é aquele que apresenta maior TIR. No entanto, para uma análise mais eficaz a taxa interna de retorno deve ser comparada com a taxa mínima de atratividade. Para Gitman (2002), os investimentos com TIR maior que o TMA são considerados rentáveis e passíveis de análise. Na mesma linha, Hummel e Taschner (1995) apontam que se a TIR for menor que a TMA, a alternativa deverá ser rejeitada.

## MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia foi dividida em três etapas. i) coleta de dados; ii) tratamento; iii) análise de resultados. Na primeira, realizou-se pesquisa quantitativa com coleta de dados, por meio de pesquisa bibliográfica em revistas especializadas e pesquisa documental na coleta de dados secundários junto a órgãos que atuam no cenário energético (BAUER & GASKEL, 2002).

A coleta de dados por meio de pesquisa bibliográfica foi realizada para conhecer as fontes de energia renováveis aplicáveis aos objetivos propostos. A coleta de dados por meio de pesquisa documental foi utilizada para identificar o panorama das matrizes elétricas em quatro realidades distintas (BARDIN, 2004).

No tocante à avaliação de viabilidade financeira, realizou-se também pesquisa bibliográfica para identificar na literatura as ferramentas de apoio à avaliação e tomada de decisões, de onde selecionados os métodos *payback*, valor presente líquido VPL e taxa interna de retorno TIR. Bem como utilizou-se a pesquisa documental para conhecer condições de financiamento, taxas de juros, legislação pertinente e custos de instalação (SAMANEZ, 2002).

Na segunda etapa, realizou-se o tratamento de dados no intuito de definir duas variáveis com maior aplicabilidade no empreendimento rural médio. Buscou-se conhecer as vantagens, desvantagens, as barreiras e custo de implantação, respeitando a igualdade na capacidade produtiva entre as duas variáveis.

Na terceira etapa, realizou-se a análise de resultado para a escolha da variável ideal baseada na melhor razão entre quatro parâmetros. São elas: i) Econômica: caracterizada pela escolha da opção mais viável de implantação, calculada a partir do custo de implantação, retorno de investimento e custo de oportunidade; ii) Social: caracterizada pelo menor índice ou maior contenção do impacto social causados à população; iii) Ambiental: caracterizada pela nulidade ou contenção do impacto causado ao meio ambiente; iv) Tecnológica: verificou-se a variável na qual a tecnologia não apresentasse uma barreira de entrada quanto à instalação ou operação.

Após definidas as variáveis com maior aplicabilidade realizou-se a comparação para verificar se essa alternativa se mostra economicamente competitiva frente à energia elétrica, já distribuída pela concessionária local. Os dados utilizados foram de fontes secundárias. Destaca-se que qualquer esforço de comparação estrita entre as alternativas apresentará imprecisão, por menor que seja. Cada região e cada tipo de empreendimento rural possui características que privilegiam determinadas fontes de energias, o que impossibilita a construção de parâmetros de seleção.

## Resultados e Discussão

Apresentadas as variáveis, eletricidade a partir do biogás de dejetos suínos e a partir de sistema fotovoltaico, será realizada a estimativa de custo de implantação, receita gerada a partir da economia na aquisição de energia da distribuidora, custos de operação e depreciação. De posse dessas informações e de ferramentas como valor presente líquido, taxa interna de retorno e *payback*, é possível verificar a viabilidade econômico-financeira de cada um dos investimentos e mais a frente realizar a comparação de qual o mais atrativo entre eles. A taxa mínima de atratividade para o período da realização do estudo foi de 12,83%.

### O Biodigestor

Para realizar a análise de viabilidade econômica é necessário conhecer o custo de implantação e também o fluxo de caixa, que está diretamente relacionado com capacidade produtiva de biogás, que por sua vez está relacionada à quantidade de suínos envolvidos na produção. Portanto, para obter as estimativas considerou-se uma população de 500 suínos.

### Produção do Biogás

De acordo com Oliver et al. (2008), a produção diária de dejetos suínos é de 4 kg de por animal. A diluição é realizada à proporção de uma parte de esterco para uma, mais um terço de água, que resulta em 9,2 litros. O autor aponta que, após a transformação, esse volume pode ser transformado em 0,356 m<sup>3</sup> de biogás e que o período de retenção dos dejetos suínos no biodigestor é de 35 dias.

Oliveira (1994) apresenta valores aproximados, com média de 8,6 litros de dejetos líquidos dia, equivalente a 0,27m<sup>3</sup>/mês ou 0,312m<sup>3</sup> de biogás no período de processamento do biodigestor. No entanto, como essa literatura é a mais antiga e as tecnologias de produção tendem a amadurecer, considerou-se os valores apresentados por Oliver (2008).

Segundo Fonseca (2009), esse tipo de produção deve apresentar um cálculo para o adequado dimensionamento da capacidade do biodigestor, utilizando a volumetria diária de chorume e o tempo de retenção:

## Figura 4. Cálculo da Volumetria diária de chorume (FONSECA, 2009).

$$VB=VC \times TRH$$

*VB = Volume do biodigestor (m<sup>3</sup>);*

*VC = Volume de carga diária (matéria orgânica + água) (m<sup>3</sup>/dia),*

*TRH = tempo de retenção hidráulica (dias).*

Portanto, tem-se que na construção de um tanque biodigestor o volume necessário para atender os 9,2 litros diários de dejetos, acumulados por 35 dias, é de 322 litros ou 0,322 m<sup>3</sup>/animal. Sendo assim, o volume requisitado para um tanque em uma propriedade de 500 suínos é de 161m<sup>3</sup> e a produção diária de biogás será de 178m<sup>3</sup>, conforme (Tabela 1).

**Tabela 1. Volume necessário para o tanque no ciclo de 35 dias.**

Animais	Necessidade em m <sup>3</sup> /tanque	Biogás (m <sup>3</sup> /dia)
1	0,322	0,356
100	32,2	35,6
300	96,6	106,8
500	161	178

*Fonte: Dados da Pesquisa.*

### Geração de Energia

Para auferir a energia produzida, foi utilizado como referência o gerador fabricado para operar a biogás da marca ER-BR, modelo GMWM50 de 50KVA, potência efetiva média de 45kVA. A energia gerada em kWh é obtida através da conversão das unidades de medida kVA para kWh que atuam na razão de 1kVA para 0,8kW/h. Portanto o conjunto moto gerador operando a 45kVA tem capacidade de geração de 36kWh.

Segundo dados da fabricante (ER-BR), o consumo de biogás no sistema escolhido é de 17Nm<sup>3</sup>/h, o equivalente a 20m<sup>3</sup> em condições razoáveis de altitude, temperatura e umidade. Observada a disponibilidade de 178m<sup>3</sup> de biogás por dia a uma taxa de geração de 1.8kWh/m<sup>3</sup> tem-se uma produção diária de 320,4kW/h operando 9 horas por dia.

### Receitas

A receita do projeto é medida através da quantidade de kWh produzida anualmente com a queima do biogás no conjunto moto gerador (Tabela 2), multiplicado pelo valor do kWh ofertado pela distribuidora (Tabela 3).

No Brasil, o custo de energia elétrica é subsidiado para os consumidores que se enquadrem na modalidade rural, tendo seu preço bastante reduzido. Em 2016, segundo dados da ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, o valor do Mwh nacional para esta modalidade foi cotado em R\$325,40, multiplicado esse valor pela produção anual estimada do biodigestor, de 115.334

Kwh. Obteve-se um valor anual economizado de R\$ 37.532,94, o que será considerado receita para fins de realização de fluxo de caixa.

**Tabela 2. Produção anual de energia elétrica e seus insumos.**

Descrição	Quantidade	Unidade de medida
Produção diária de biogás	178	m <sup>3</sup>
Consumo de biogás no gerador por hora	20	m <sup>3</sup>
Geração de energia elétrica por hora	36	kWh
Horas de utilização por dia	8,9	h
Geração diária de energia elétrica	320,4	kWh
Horas de utilização por ano	3.249	h
Geração anual de energia elétrica	115.344	kWh

Fonte: Dados da Pesquisa.

**Tabela 3. Valor da tarifa de energia em Mwh por região (ANEEL, 2017).**

Brasil	Centro Oeste	Nordeste	Norte	Sudeste	Sul
R\$ 325,40	R\$ 355,09	R\$ 311,67	R\$ 344,52	R\$ 337,22	R\$ 304,71

Fonte: Dados da Pesquisa.

### Custo de implantação

Conhecida a dimensão necessária para o biodigestor processar o volume diário de dejetos produzidos, pode-se apurar o custo de implantação (Tabela 4).

**Tabela 4. Custo de implantação de um biodigestor**

Investimento	Valor (R\$)
Aquisição do grupo gerador	35.000,00
Construção do biodigestor	18.500,00
Casa de máquinas e instalações em alvenaria	4.300,00
Adaptação da instalação elétrica	3.750,00
Projeto	1.450,00
<b>Total</b>	<b>63.000,00</b>

Fonte: Dados da Pesquisa.

A estimativa do custo de implantação foi realizada levando em consideração os preços alcançados através de pesquisa em meios especializados informais, que contemplaram o projeto, execução e equipamentos. Não se levou em consideração o emprego de mão de obra de funcionários da granja. O valor se aproximou bastante com os apresentados na literatura para os sistemas de mesmo porte, como no estudo de caso realizado por Dalponte (2004).

### Origem do Capital

A fonte de recursos utilizada na confecção dessa estimativa foi o de capital próprio, não muito comum em investimentos desse porte dada a variação das taxas de juros e modalidades de

créditos de produtor para produto. A opção também evita que os juros do financiamento causem distorções sobre taxa mínima de atratividade, comprometendo a tomada de decisões.

Atualmente, linhas de créditos subsidiadas como o PRONAF - Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar e o PRONAMP - Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural para propriedades com faturamento anual bruto de até R\$360 mil e R\$500 mil, respectivamente. Ofertam créditos com taxas de 5,5% e 7,5% ao ano para esse tipo de investimento o Ministério da Agricultura e Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES). Já o Banco do Brasil oferta uma linha de crédito chamada ABC (Agricultura de Baixo Carbono) para investimento em práticas que contribuam com a redução na emissão de gases, a taxas de 8,5% ao ano, todas em março de 2017.

### Depreciação

A depreciação foi realizada linearmente, realizando a divisão do valor do bem pelo tempo de vida útil em anos, chegando a uma taxa de 5% ao ano para bens com 20 anos de vida útil e de 6,67% para bens com vida útil de 15 anos (Tabela 5).

**Tabela 5. Depreciação Linear**

Equipamento/Material	Valor (R\$)	Vida útil (ano)	Depreciação (R\$/ano)
Construção do biodigestor e instalações	18.500,00	20	925,00
Casa de máquinas e instalações em alvenaria	4.300,00	25	172,00
Adaptação da instalação elétrica	3.750,00	15	249,98
Grupo gerador	35.000,00	15	2.333,10
Total	61.550,00		3.680,08

Fonte: Dados da Pesquisa.

### Custos de operação

Os custos foram divididos em fixos e variáveis, o custo variável é por conta do custo de operação do gerador, quanto mais operar, mais manutenções serão necessárias. Já o custo fixo foi atribuído ao funcionário encarregado de operar o gerador e realizar a limpeza dos tanques.

#### Custo Variável

O gerador deverá operar 8,9 horas diárias por 365 dias ao ano, totalizando 3.249 horas de trabalho ao ano e é apontada aqui uma estimativa de custo de manutenção. Como qualquer motor a combustão estacionário a manutenção preventiva dos componentes é exigida em horas, como por exemplo, a troca de óleo lubrificante deve ocorrer a cada 100 horas de operação, o que exigirá 32,49 trocas ao ano, a troca de filtro de óleo a cada 400 horas, entre outras.

Também há a manutenção corretiva, como troca de rolamentos entre outras imprevisíveis. Estimada a manutenção preventiva acrescida de uma margem para a manutenção corretiva é estimado um valor médio de R\$ 6.189,35 para esse conjunto gerador e tempo de operação.

#### Custo Fixo

O custo fixo refere-se exclusivamente, à mão de obra do operador do sistema, foi realizado o rateio do custo de um funcionário já existente no empreendimento. Com salário de R\$1mil adicionado dos encargos de R\$528,89 obtemos um custo de R\$ 9,55 a hora. Dedicada 1 hora diária ao acionamento e limpeza do sistema, tem-se um custo de R\$ 286,50 mensal ou R\$ 3.438,00 anual com mão de obra voltada para o biodigestor.

### Tempo de Retorno do Investimento

De posse dos dados apresentados, torna-se possível realizar a projeção financeira aplicada aos cinco primeiros anos do investimento (Tabela 6), no total, para começar operando, foi necessário o investimento de R\$63 mil entre projeto, construção e equipamentos. A taxa mínima de atratividade definida foi de 12,83% ao ano.

**Tabela 6. Fluxo de caixa do projeto de um biodigestor do Ano 0 ao Ano 05**

Lançamentos	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Receita Operacional						
(+) receita com energia		37.532,94	39.972,58	42.570,80	45.337,90	48.284,86
Custo Operacional		13.307,43	13.933,20	14.599,66	15.309,43	16.065,34
(-) custo fixo		3.438,00	3.661,47	3.899,47	4.152,93	4.422,87
(-) custo variável		6.189,35	6.591,65	7.020,11	7.476,42	7.962,38
(-) depreciação		3.680,08	3.680,08	3.680,08	3.680,08	3.680,08
Lucro Bruto		24.225,52	26.039,38	27.971,14	30.028,47	32.219,53
(-) imposto de renda		1.938,04	2.083,15	2.237,69	2.402,28	2.577,56
Lucro Líquido		22.287,47	23.956,23	25.733,45	27.626,20	29.641,97
(+) depreciação		3.319,74	3.319,74	3.319,74	3.319,74	3.319,74
Disponíveis		25.607,21	27.275,97	29.053,19	30.945,94	32.961,71
(=) Fluxo de Caixa	-63.000,00	25.607,21	27.275,97	29.053,19	30.945,94	32.961,71
(=) Recursos acumulados	-63.000,00	25.607,21	52.883,18	81.936,37	112.882,31	145.844,02

Fonte: Dados da Pesquisa.

Foi aplicada uma taxa anual de 6,5% aos custos, buscando simular o efeito da inflação sobre as despesas. Já em relação à receita com energia, que não acompanha o processo inflacionário, foi realizada a média de reajuste anual dos últimos dez anos para o grupo tarifário RURAL, que também alcançou média de 6,5%. O valor presente líquido (VPL), ferramenta que calcula o valor do investimento no tempo (Figura 2), levando em consideração o incremento da taxa mínima de atratividade (TMA), nesse caso 12,83%, foi de R\$ 38.467, valor em que o retorno supera o esperado.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) apontou percentual de 32,08%. Sabendo que quanto maior a TIR maior a lucratividade do projeto, esse caso apresenta ótimo potencial, ficando acima da taxa mínima de atratividade. O *payback* calculado a partir do fluxo de caixa do projeto resultou em 29 meses ou 2 anos e 5 meses. Importante salientar que o *payback* não considera o valor do dinheiro no tempo como o VPL, portanto é uma estimativa que não deve ser vislumbrada isoladamente.

### O Sistema Fotovoltaico

Para realizar uma justa comparação de viabilidade entre o sistema biodigestor e o sistema fotovoltaico será fixada como parâmetro a mesma quantidade de energia produzida pelo biodigestor, conforme relatado acima, que foi de 9.600kWh/mês, conseqüentemente, obtendo a mesma receita anual. Importante citar que o custo de implantação para todo território brasileiro deverá ser aproximado. No entanto é evidente que a produção está diretamente relacionada às condições do tempo e incidência de raios solares, variando a cada local a dimensão necessária para o sistema produzir a média de energia esperada.

É tomada como referência a cidade de Rio Verde, no estado de Goiás, pois além de obter boa incidência de raios solares durante o ano, possui localização geográfica centralizada, topografia plana. É também a cidade com o quarto maior PIB do estado, tendo sua economia voltada para o agronegócio. A cidade possui uma ótima estrutura agroindustrial, sendo o maior produtor de soja do estado e também de importância reconhecida na bovinocultura, suinocultura e avicultura (IBGE, 2013).

### **Custo de implantação**

A potência necessária para que um sistema fotovoltaico possa produzir média de 9.600kWh/mês naquela cidade é calculada em 75,19kWp (quilo watt pico), com necessidade de 289 placas fotovoltaicas com potência nominal de 260Wp cada. O valor apresentado corresponde à aquisição, instalação e ligação à rede elétrica (sistema funcionando). Porém pode se fazer necessária a preparação da área que o receberá. A área mínima ocupada pelo sistema com 289 placas é de aproximadamente 600m<sup>2</sup>.

O método mais viável para a acomodação de um sistema dessa proporção em um empreendimento rural deverá ser ao solo, elevado por estrutura metálica, podendo ser necessária a realização de terraplanagem ou adaptação da vegetação. No entanto, por variáveis como utilização de mão de obra própria ou a não necessidade de alteração do local, esse custo não será incrementado na análise.

Segundo orçado com essa especificação, o sistema instalado e conectado à rede elétrica, deverá custar de R\$ 315.798,00 a R\$ 375.950,00 dependendo do fornecedor e condições de negociação. Para realizar os cálculos de viabilidade de investimento, será utilizada a média desses dois valores, ou seja, R\$ 345.874,00 (Tabela 7).

**Tabela 7. Custo de implantação de um sistema fotovoltaico**

<b>Investimento</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Placas solares (298un x 260kw)	R\$ 269.010,00
Inversor de potência (3 un. x 25kw)	R\$ 63.000,00
Adaptação da rede elétrica	R\$ 4.500,00
Projeto e instalação	R\$ 6.500,00
Outras despesas de implantação	R\$ 2.864,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 345.874,00</b>

*Fonte: Dados da Pesquisa.*

### **Depreciação**

A depreciação contábil ocorre com a necessidade de reinvestimento em equipamentos por conta do desgaste constante ou obsolescência que pode ocorrer ao final de sua vida útil, no sistema fotovoltaico, esse tempo é de 25 anos, já no caso dos inversores esse tempo é de 10 anos (Tabela 8).

**Tabela 8. Depreciação de bens**

Equipamento/Material	Valor (R\$)	Vida útil (ano)	Depreciação (R\$/ano)
Placas solares (298un x 260kw)	R\$ 279.300,00	25	R\$ 11.172,00
Inversor de potência (3 um x 25kw)	R\$ 63.000,00	10	R\$ 6.300,00
Total	R\$ 342.300,00		R\$ 17.472,00

Fonte: Dados da Pesquisa.

### Custos de operação

Em razão de o sistema fotovoltaico ser um sistema estacionário de conversão química, não ocorrerá desgaste excessivo e nem haverá consumo de insumo que produziria custo de natureza variável. Portanto serão estimados apenas o custo fixo, em razão da necessidade de manutenção preventiva que corresponde à inspeção visual e limpeza dos painéis.

O custo fixo refere-se, exclusivamente, à mão de obra de um encarregado, foi realizado o rateio do custo de um funcionário já existente no empreendimento. Com salário de R\$1 mil adicionado dos encargos de R\$528,89, obtém-se um custo de R\$ 9,55 à hora. Dedicada 1 hora diária exclusivamente à inspeção visual e limpeza do sistema, tem-se um custo de R\$ 286,50 mensal ou R\$ 3.438,00 anual com mão de obra voltada para o sistema fotovoltaico.

**Tabela 9. Fluxo de caixa do projeto de um sistema fotovoltaico do Ano 0 ao Ano 05**

DRE	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Receita Operacional						
(+) receita com energia		37.532,94	39.972,58	42.570,80	45.337,90	48.284,86
Custo Operacional		20.910,00	21.133,47	21.371,47	21.624,93	21.894,87
(-) custo fixo		3.438,00	3.661,47	3.899,47	4.152,93	4.422,87
(-) custo variável		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(-) depreciação		17.472,00	17.472,00	17.472,00	17.472,00	17.472,00
Lucro Bruto		16.622,94	18.839,11	21.199,33	23.712,97	26.389,99
(-) imposto de renda		1.329,84	1.507,13	1.695,95	1.897,04	2.111,20
Lucro Líquido		15.293,10	17.331,98	19.503,39	21.815,93	24.278,79
(+) depreciação	0,00	17.472,00	17.472,00	17.472,00	17.472,00	17.472,00
Disponíveis	0,00	32.765,10	34.803,98	36.975,39	39.287,93	41.750,79
(=) Fluxo de Caixa	-345.874	32.765,10	34.803,98	36.975,39	39.287,93	41.750,79
(=) Recursos acumulados	-345.874	32.765,10	67.569,09	104.544,47	143.832,41	185.583,20

Fonte: Dados da Pesquisa.

**Tabela 10. Fluxo de caixa do projeto do Ano 16 ao Ano 20**

DRE	Ano 16	Ano 17	Ano 18	Ano 19	Ano 20
Receita Operacional					
(+) receita com energia	96.528,75	102.803,12	109.485,33	116.601,87	124.180,99
Custo Operacional					
(-) custo fixo	8.841,99	9.416,72	10.028,81	10.680,68	11.374,92
(-) custo variável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(-) depreciação	17.472,00	17.472,00	17.472,00	17.472,00	17.472,00
Lucro Bruto	70.214,76	75.914,40	81.984,52	88.449,19	95.334,07
(-) imposto de renda	5.617,18	6.073,15	6.558,76	7.075,94	7.626,73
Lucro Líquido	64.597,58	69.841,25	75.425,76	81.373,26	87.707,35
(+) depreciação	17.472,00	17.472,00	17.472,00	17.472,00	17.472,00
Disponíveis	82.069,58	87.313,25	92.897,76	98.845,26	105.179,35
(=) Fluxo de Caixa	82.069,58	87.313,25	92.897,76	98.845,26	105.179,35
(=) Recursos acumulados	861.566,43	948.879,68	1.041.777,44	1.140.622,70	1.245.802,04

Fonte: Dados da Pesquisa.

### Tempo de Retorno do Investimento

A fim de verificar o tempo de retorno para esse investimento, foi realizada a projeção financeira a partir do fluxo de caixa aplicada aos vinte primeiros anos do investimento (Tabela 9). No total para obter um sistema com essa especificação operando, será necessário investimento de R\$345.874,00 entre projeto, aquisição e instalação do sistema. Foi utilizada aqui também a taxa mínima de atratividade de 12,83% ao ano.

Foi aplicada uma taxa anual de 6,5% aos custos com mão de obra, buscando simular o reajuste inflacionário sobre salários. Já em relação à receita com energia, continuou-se com a média de reajuste anual dos últimos dez anos para o grupo tarifário RURAL, que foi de 6,5%, da mesma forma utilizada no investimento do biodigestor.

O valor presente líquido (VPL) (Figura 2), levando em consideração o incremento da taxa mínima de atratividade (TMA), neste caso 12,83% foi de R\$ 3.419,11 (Três mil, quatrocentos e dezenove reais e onze centavos). Esse valor é o ponto no qual o retorno supera o esperado e ocorreu apenas no vigésimo ano de operação.

A Taxa interna de retorno (TIR), após elaboração dos cálculos, apontou percentual de 32,08%. Sabendo que quanto maior a TIR maior a lucratividade do projeto, esse caso apresenta ótimo potencial, ficando acima da taxa mínima de atratividade.

O *payback* calculado a partir do fluxo de caixa do projeto ficou em 29 meses ou 2 anos e 5 meses. Importante salientar que o *payback* não considera o valor do dinheiro no tempo como o VPL. É uma estimativa que não deve ser vislumbrada isoladamente. A Taxa interna de retorno (TIR) apontou percentual de 12,95%. Sabendo que quanto maior a TIR maior a lucratividade do projeto, esse caso apresenta bom potencial, se analisado o tempo de depreciação ficando acima da taxa mínima de atratividade. O *payback* calculado a partir do fluxo de caixa do projeto foi de 101 meses ou 8 anos e 5 meses.

## Considerações finais

Objetivou-se com este trabalho, apresentar a análise financeira da viabilidade da implantação de duas fontes de energia renováveis no agronegócio brasileiro: energia fotovoltaica e bioenergia. Para tal, levou-se em consideração que os investimentos deveriam apresentar rentabilidade igual ou superior a investimentos considerados seguros, sendo, nesse caso, de 12,83% ao ano.

Verificou-se que com custo inicial de apenas R\$63.000,00 o biodigestor pode produzir a mesma quantidade de energia e oferecer um tempo de retorno do investimento de 29 meses. Enquanto no sistema fotovoltaico o custo de implantação foi quase cinco vezes e meia superior, R\$345.874,00 apresentando *payback* de 101 meses.

Em relação ao valor presente líquido dos investimentos, no sistema fotovoltaico o valor só ficou positivo no vigésimo ano do projeto. Levando-se em conta que o sistema tem vida útil de vinte cinco anos e que o VPL inclui a taxa mínima de atratividade requerida pelo investidor, o resultado se torna razoável. Em contrapartida, o sistema biodigestor apresenta valor presente líquido positivo já ao final do terceiro ano. Outro indicador é a taxa interna de retorno, em que o biodigestor atingiu 32,08% no quinto ano, resultado que impressiona mais que os 12,95% alcançados pelo sistema fotovoltaico no vigésimo ano.

Constatou-se que os dois casos apresentam viabilidade financeira, porém nota-se que todos os indicadores apontam o sistema biodigestor como investimento de rentabilidade muito superior. Tornando a implantação do sistema fotovoltaico financeiramente viável, porém impraticável.

No entanto, cabe ressaltar que os dados utilizados foram baseados apenas em pesquisa bibliográfica, documental e coleta de dados. Quanto à produtividade, os valores apresentados foram estimativas para valores reais, alcançados com base em cálculos realizados a partir de fórmulas e dados disponíveis na literatura. Quanto à questão de viabilidade, existe a limitação de que a produtividade do biodigestor foi baseada na criação de 500 suínos que não foram apreçados no projeto, assim, a viabilidade de implantação deve ser analisada caso a caso de acordo com a disponibilidade de recursos em cada empreendimento.

Às demais, cabem ressaltar que as fontes de energias renováveis não devem ser analisadas apenas como alternativas de interesse econômico, mas também como uma necessidade socioambiental imediata. Sabendo que um sistema fotovoltaico dessa dimensão evitaria a inundação de aproximadamente 33km<sup>2</sup> de terras férteis na construção de novas usinas hidrelétricas ou que o biodigestor evitaria anualmente a liberação de aproximadamente 35 toneladas de metano na atmosfera, faz-se necessário reavaliar o significado para a palavra viabilidade.

## Referências

ALMEIDA, G.S.M. Pesquisa e desenvolvimento de um sistema termoeletrico do tipo linear fresnel reflector. (Dissertação de Mestrado em Energias Renováveis). Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa. Lisboa. Portugal. Disponível em: <[https://run.unl.pt/bitstream/10362/9121/1/Almeida\\_2013.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/9121/1/Almeida_2013.pdf)> Acesso em: 28 de maio.2019.

BARBIERI, J. C., SIMANTOB, M. A. (Org.). Organizações inovadoras sustentáveis: uma reflexão sobre o futuro das organizações. São Paulo: Atlas 2007.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70. 2004.

BAUER, M. W. E GASKEL, G. *Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático*. (3. ed.). Rio de Janeiro: Vozes. 2002.

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO (BNDES). Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/pronamp-investimento>> Acesso em: 28 de maio. 2019.

BORGES, F. Q. *Matrizes elétricas na economia mundial: um estudo sobre os posicionamentos na Alemanha, Estados Unidos e China*. *Contribuciones a la Economía*, Disponível em: <[www.eumed.net/ce/2013/matriz-electrica.html](http://www.eumed.net/ce/2013/matriz-electrica.html)> Acesso em: 28 de maio. 2019.

BRUNDTLAND, G. H. (Ed) *Our Common Future: The World Commission on Environment and Development*. Reino Unido: Oxford University Press 1987.

DALPONTE, D. *Avaliação do uso de dejetos suínos em biodigestor, na produção de biogás e na geração de energia*. (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina. Florianópolis. Brasil 2004.

FILHO, V.C.P. *Análise experimental de um sistema solar com concentrador cilindro parabólico*. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina. Florianópolis. Brasil. 2013.

FONSECA, F. S. T.; ARAÚJO, A. R. A.; HENDGES, T. L. *Análise de Viabilidade Econômica de Biodigestores na Atividade Suinícola na Cidade de Balsas - MA: um estudo de caso*. *Anais do Congresso da Sociedade Brasileira de Economia Administração e Sociologia Rural (SOBER)*, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, 47, 2009.

GITMAN, L. J. *Princípios de administração financeira*. São Paulo: Harbra 2002.

GITMAN, L. J. *Princípios de administração financeira* (A. V. Hastings; J. J. Salim; trad.) São Paulo: Pearson Prentice Hall. 2010.

HUBBARD, G. *Measuring organizational performance: Beyond the triple bottom line*. *Business Strategy and the Environment*, v. 18, n. December 2006, p. 177–191, 2009.

HUMMEL, P. R. V.; TASCHNER, M. R. B. *Análise e decisão sobre investimentos e financiamentos: engenharia econômica: teoria e prática*. São Paulo: Atlas 1995.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Renewables in Global Energy Supply: An IEA Fact Sheet*. Disponível em: <[https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/renewable\\_factsheet.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/renewable_factsheet.pdf)> Acesso em: 28 de maio. 2019.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Energia no Mundo - Matrizes e Indicadores 2016. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/boletins-de-energia>> Acesso em: 28 de maio.2019

MIREK, Z.; WITKOWSKI, Z. Theory and Practice in Nature Conservation – Where to Seek Sustainability? Papers on Global Change IGBP, v. 24, n. 1, p. 67–82, 2017.

OLIVER, A. P. M.; SOUZA NETO, A. A.; QUADROS, D. G.; VALLADARES, R. E. Manual de treinamento em biodigestão. Salvador: Instituto Winrock – Brasil 2008.

PRADO, R.T.A.; GONÇALVES, O.M. Gerenciamento de demanda e consumo de energia para aquecimento de água em habitações de interesse social: Resumo. São Paulo: Universidade de São Paulo. 1992

RAMOS, A. R. et al. A lean and cleaner production benchmarking method for sustainability assessment: A study of manufacturing companies in Brazil. Journal of Cleaner Production, v. 177, p. 218–231, 2018.

ROSS, S. A., WESTERFIELD, R. W., JORDAN, B. D. Princípios de administração financeira; (A. M. A. F. Minardi; A. Z. Sanvicente, trad.) São Paulo: Atlas 2008.

SAMANEZ, C. P. Matemática Financeira: Aplicações à Análise de Investimentos. São Paulo: PrenticeHall 2002.