

Teixeira, A. de B.; Lizot, A.; Dranka, G.G.; Trentin, M.G.; Lima, J.D. de.

## **Economic feasibility analysis of photovoltaic distributed generation applied to a layer poultry farming**

Reception of originals: 04/11/2023  
Release for publication: 07/20/2023

### **Alberto de Bortoli Teixeira**

Graduado em Engenharia Elétrica pela UTFR-PB  
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR-PB  
Endereço: Via do Conhecimento, S/N, Km 01, Pato Branco/PR  
CEP: 85503-390  
E-mail: [albertoteixeira@alunos.utfpr.edu.br](mailto:albertoteixeira@alunos.utfpr.edu.br)

### **Mauro Lizot**

Doutor em Engenharia de Produção pela UTFPR-PG  
Instituição: Universidade Federal do Paraná – UFPR  
Endereço: Av. Prefeito Lothário Meissner, 623 - Jardim Botânico, Curitiba - PR  
CEP: 80210-170  
E-mail: [mauro.lizot@unochapeco.edu.br](mailto:mauro.lizot@unochapeco.edu.br)

### **Géremi Gilson Dranka**

Doutor em Engenharia Industrial e de Sistemas pela Universidade do Minho - Portugal  
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR-PB  
Endereço: Via do Conhecimento, S/N, Km 01, Pato Branco/PR  
CEP: 85503-390  
E-mail: [geremidranka@utfpr.edu.br](mailto:geremidranka@utfpr.edu.br)

### **Marcelo Gonçalves Trentin**

Doutor em Engenharia de Produção pela UFRGS  
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR-PB  
Endereço: Via do Conhecimento, S/N, Km 01, Pato Branco/PR  
CEP: 85503-390  
E-mail: [marcelo@utfpr.edu.br](mailto:marcelo@utfpr.edu.br)

### **José Donizetti de Lima**

Doutor em Engenharia de Produção pela UFRGS  
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR-PB  
Endereço: Via do Conhecimento, S/N, Km 01, Pato Branco/PR  
CEP: 85503-390  
E-mail: [donizetti@utfpr.edu.br](mailto:donizetti@utfpr.edu.br)

## **Abstract**

Electricity consumption has grown in recent years in poultry farms, requiring a detailed analysis for the implementation of own generation systems. With this, the present work had as main objective to analyze the economic viability of an investment project of a distributed photovoltaic micro generation system for a broiler aviary, composed of four chicken coops and served by the local three-phase network (75 kVA). To achieve the objectives proposed in the work, an economic viability analysis was carried out comparing own resources versus financing through the Extended Multi-Index Methodology (MMIA) and the Monte Carlo Simulation (SMC). For the development of the analysis, the computational tool \$SAVEPI®

Teixeira, A. de B.; Lizot, A.; Dranka, G.G.; Trentin, M.G.; Lima, J.D. de.

was used, which makes it possible to clearly and objectively evaluate the investment scenario as well as the application of the methodologies used in this work. With the indices observed from the application of the EMIM, starting from a budget made in the amount of approximately R\$ 250,000.00, the following parameters were obtained for the own resources modality: low return, high level risks and sensitivities, the use of MCS is recommended. In a simulated way, in the financing condition, it was obtained: low return, medium-high risks and high sensitivities, being advisable the use of MCS. The application of the MCS provided stochastic subsidies to better support decision making. The results that stand out from the MCS were a minimum NPV of R\$ 113,420.33 for the financing modality and R\$ 44,013.19 for own resources. Considering the benefits of this rural financing, it is advisable to implement this project in the financing modality. Using the EMIM and the MCS, it was possible to have a more accurate verification of all the financial indexes of the project.

**Keywords:** Distributed Generation. Expanded Multi-index Methodology. Monte Carlo Simulation. \$AVEPI.

## 1. Introdução

O desenvolvimento fabril e econômico, aliado ao consumo de energia elétrica tem crescido nos últimos anos. Sabendo da perspectiva da demanda energética e escassez de fontes não renováveis, faz-se necessário a pesquisa de viabilidade técnica e econômica na implantação de novas fontes de energia (DRANKA et al., 2020). Nesse aspecto, a geração fotovoltaica torna-se uma opção viável de energia para agregar à matriz energética (OLIVEIRA et al., 2021).

No contexto brasileiro, o crescimento efetivo da Geração Distribuída (GD) começou em 2012. Isso se deve pela Resolução 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) apresentada em (ANEEL, 2012), que possibilitou a compensação da energia elétrica injetada na rede da concessionária por meio da utilização de créditos de energia. Dessa forma, a procura pela instalação de sistemas fotovoltaicos vem aumentando a cada ano devido aos possíveis benefícios financeiros (ROSA; GASPARIN, 2016).

Além das resoluções normativas, alguns subsídios e incentivos governamentais surgiram para auxiliar produtores rurais a diminuir os custos de produção. Dentre eles, o Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – IAPAR EMATER – IDR Paraná tornou público em dezembro de 2020, o edital referente ao cadastro de empresas especializadas na área de venda e instalação de sistemas fotovoltaicos no Programa Paraná Energia Rural Renovável – RENOVAPR (SAAPR, 2022). O principal objetivo desse programa é apoiar os agricultores, aumentando a disponibilidade de energia na zona rural, diminuindo os custos de produção e consequentemente aumentando a competitividade no mercado (IDR, 2020).

Teixeira, A. de B.; Lizot, A.; Dranka, G.G.; Trentin, M.G.; Lima, J.D. de.

Para análise de investimentos podem ser utilizadas diferentes metodologias. Souza e Clemente (2022), detalham a Metodologia Clássica (MC), a qual faz uma análise dos índices de retorno de um Projeto de Investimento (PI). Entretanto, esses autores observam que a análise fornecida por esta metodologia é bastante limitada. Dessa forma, Souza e Clemente (2015) desenvolveram a Metodologia Multi-índice (MMI), a qual apresenta além de uma análise do retorno esperado para um PI, uma visão geral dos riscos inerentes ao investimento, e, por fim, faz uma ponderação entre os riscos associados e o retorno prospectado.

Nessa temática de estudo, Lima et al. (2015) desenvolveram a Metodologia Multi-índice Ampliada (MMIA). Nesta metodologia são observados os mesmos índices da MMI, contudo, é acrescida a dimensão sensibilidades que consistem em analisar a elasticidades dos parâmetros de entradas do projeto. Além dessas abordagens determinísticas, pode ser utilizada a Simulação de Monte Carlo (SMC), para realizar uma abordagem estocástica (GULARTE et al., 2017; SILVA et al., 2019; NESPOLO et al., 2022; PACASSA et al., 2022).

Observando a abordagem adotada pelas empresas especializadas em instalação de sistemas fotovoltaicos, os procedimentos para a determinação da viabilidade econômica iniciam-se identificando o consumo total da unidade consumidora, bem como o entendimento das componentes tarifárias atreladas a ela. Dessa forma, as empresas dimensionam o sistema definindo a quantidade de módulos fotovoltaicos e a potência do inversor que deverá ser utilizado, assim, os custos para a implantação do sistema podem ser definidos.

Com o custo total pode-se determinar o investimento inicial ( $FC_0$ ) e com o dimensionamento do sistema tem-se o Fluxo de Caixa em ( $FC_j$ ) em kWh, que pode ser convertido para valores monetários. Com o intuito de analisar diferentes possibilidades de adquirir este PI, será realizada uma projeção considerando um possível financiamento para o consumidor em questão e também utilizando recursos próprios.

Existem diversos fatores que influenciam nos custos das atividades rurais (BATTISTUSSI et al., 2014; LIZOT et al., 2018a; LIZOT, TROJAN, AFONSO, 2021; LIZOT et al., 2024). Dentre eles pode-se citar a ração, o preço do frango, a escolha do sistema de iluminação adequado ao conforto animal e humano (OLIVEIRA et al., 2014), o custo da mão de obra, vacinas, desinfetantes e o custo da energia elétrica (CARVALHO et al., 2008). Fundamentado nisso, o presente artigo apresenta uma análise com a finalidade de diminuir os custos relacionados a um destes fatores, a energia elétrica.

Partindo do exposto, o presente artigo tem como objetivo analisar a viabilidade de implantação de um sistema de geração distribuída fotovoltaica em uma granja de aves de postura na região de Marmeleiro, no Estado do Paraná. O estudo foi realizado utilizando a **Custos e @gronegocio on line** - v. 19, n. 1, Jan/Mar - 2023. [www.custoseagronegocioonline.com.br](http://www.custoseagronegocioonline.com.br)

Teixeira, A. de B.; Lizot, A.; Dranka, G.G.; Trentin, M.G.; Lima, J.D. de.

MMIA e a SMC. Será utilizado o *software web* de acesso livre \$AVEPI<sup>®</sup> para a geração dos indicadores dessas metodologias, cuja análise será realizada por meio de um relatório completo que apresenta os riscos e possibilidades de retorno observados durante a simulação do PI. Desse modo, objetiva-se obter uma adequada análise de investimento, subsidiando o investidor na tomada de decisão deste PI, bem como auxiliando em decisões futuras de empreendimentos.

O estudo está estruturado em cinco seções, iniciando-se com a contextualização e apresentação da problemática e justificativa na introdução. Na segunda seção, são abordadas as análises de viabilidade técnica, regulatória e de sustentabilidade ambiental e social, análise de viabilidade econômica de projetos de investimento em ativos reais e alguns estudos correlatos relacionados à temática estudada. Na terceira seção, contemplam-se os procedimentos metodológicos da pesquisa. Na quarta seção, apresentam-se os resultados e as análises do estudo realizado e na quinta seção, as considerações finais da pesquisa.

## 2. Referencial Teórico

Nesta seção, aborda-se a análise de viabilidade técnica, a análise de viabilidade econômica de projetos de investimento em ativos reais e alguns estudos correlatos relacionados às temáticas estudadas.

### 2.1. Análise de viabilidade técnica

A energia elétrica é de grande importância para a produção avícola, pois é necessária desde a aquisição dos ovos até a incubação (ROSA et al., 2017). Com relação a energia elétrica, os custos são em torno de 1,1% do total dos custos e, apesar de ser baixo, sua diminuição pode aumentar a renda do produtor. A avicultura é um dos setores brasileiros com alto consumo energético (ARCARO et al., 2018). Vale ressaltar, por exemplo, que a escolha do sistema de iluminação deve levar em consideração além dos aspectos financeiros a questão do conforto animal e humano (OLIVEIRA et al., 2014). Relacionado a isso, pode-se melhorar o rendimento da produção em aviários com a instalação de painéis fotovoltaicos, ao reduzir os custos com energia elétrica.

Com o sistema fotovoltaico, a energia elétrica é gerada no local de instalação e utilizada no mesmo, ou compensada na forma de créditos de energia. A energia solar fotovoltaica é captada pelos painéis fotovoltaicos e convertida em eletricidade, sendo então

Teixeira, A. de B.; Lizot, A.; Dranka, G.G.; Trentin, M.G.; Lima, J.D. de.

uma fonte inesgotável, renovável e não poluente (DEINA et al., 2023). Atrelado a isso, os impactos ambientais são reduzidos. Os benefícios desse sistema não são apenas sustentáveis como também econômicos, beneficiando a sustentabilidade social (ARCARO et al., 2018; LIZOT et al., 2018b; FERREIRA et al., 2020).

## 2.2. Análise de viabilidade econômica de projetos de investimento em ativos reais

As principais metodologias para análises de investimentos são: Metodologia Clássica (MC), a Metodologia Multi-índice (MMI) e a Teoria das Opções Reais (TOR). Todas elas utilizam indicadores de retorno, sendo o Valor Presente Líquido (VPL) um indicador em comum (SOUZA; CLEMENTE, 2015). A Metodologia Multi-índice utiliza índices de riscos, além de usar índices de retorno como na Metodologia Clássica (LIZOT et al., 2017). Em conjunto com essas metodologias, pode-se utilizar a SMC a fim de avaliar variações estocásticas no horizonte de análise, fornecendo um resultado mais realístico.

Buscando uma melhor análise dos riscos envolvidos, foi criada a Metodologia Multi-Índice Ampliada (MMIA), que além de utilizar valores de retorno e de riscos existentes na MMI, a sensibilidade também é analisada (NESPOLO et al., 2022), vinculados ao orçamento (THESARI; LIZOT; TROJAN, 2021). Para esse índice, são utilizados os Valores-Limite e os Limites de Elasticidade. A Figura 1, demonstra uma ideia mais clara da diferença entre as metodologias apresentadas.

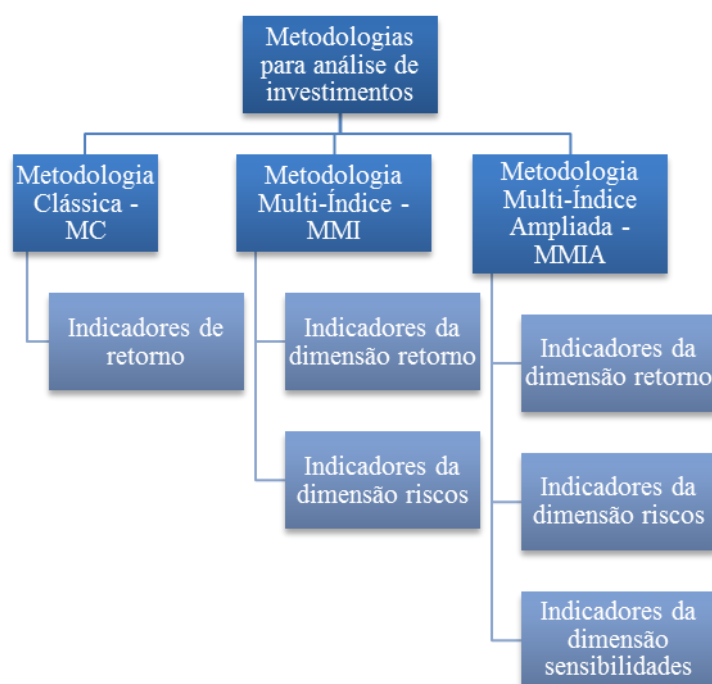
Na MMIA, os indicadores de retorno são: Valor Presente (VP), Valor Presente Líquido (VPL), Valor Presente Líquido Anualizado (VPLA), Índice Benefício Custo (IBC), Retorno Adicional sobre Investimento (ROIA) e índice ROIA/TMA, sendo a TMA a Taxa Mínima de Atratividade. Os índices de riscos são: *Payback/N* (ou *Payback* fin para projetos dotados de financiamentos externos a empresa) é a relação entre a expectativa de tempo de retorno e o horizonte de planejamento (LIMA et al., 2013), TMA/TIR, sendo TIR a Taxa Interna de Retorno, este índice representa o risco do projeto, Grau de Comprometimento de Receita (GCR), Risco de Gestão (RG) e Risco do Negócio (RN). Por último, o grupo com índices de sensibilidade abrange: Limites de Elasticidade (LEs):  $\Delta\%TMA$  (variação máxima admitida pela TMA antes de tornar o PI inviável),  $\Delta\%FC_0$  (acréscimo suportado pelo  $FC_0$ ) e  $\Delta\%FC_j$  (redução máxima permitida pelo FC); Valores-Limites (VLs):  $VL_{TMA}$ ,  $VL_{FC_0}$  e  $VL_{FC_j}$  (LIMA et al., 2015; LIMA; SOUTHER, 2022; PACASSA et al., 2022).

Existe a abordagem determinística e a estocástica na Metodologia Multi-Índice Ampliada. Na abordagem determinística os parâmetros de entrada são constantes. Já na

Teixeira, A. de B.; Lizot, A.; Dranka, G.G.; Trentin, M.G.; Lima, J.D. de.

abordagem estocástica, pelo menos um parâmetro de entrada é probabilístico, ou seja, são valores aleatórios de acordo com uma distribuição de probabilidade adequada ao comportamento da variável em análise (GULARTE et al., 2017; PIOVESAN et al., 2021; NESPOLO et al., 2022). Para esta última abordagem, é recomendada a aplicação da Simulação de Monte Carlo (SMC). A SMC utiliza valores além dos indicadores da MMIA, o VaR (5%) ou *Value at Risk* (valor mínimo esperado, ao nível de 5%), CVaR (5%) ou *Conditional Value at Risk* (valor médio no nível de 5%) e as probabilidades de o VPL estar entre certos valores ou ser menor do que zero, o que implica na inviabilidade do projeto (ou empreendimento).

Para simular os valores esperados de retorno, riscos e sensibilidade de um projeto, é utilizada uma ferramenta computacional, com o nome de \$AVEPI<sup>®</sup>, elaborada por LIMA et al. (2017). Essa ferramenta permite a aplicação da Metodologia Clássica (MC), da Metodologia Multi-índice (MMI), da Metodologia Multi-índice Ampliada (MMIA), da Simulação de Monte Carlo (SMC) e da Teoria das Opções Reais (TOR).



**Figura 1: Metodologias para Análise de Investimento em Ativos Reais**

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Uma síntese comparativa dessas metodologias, com respectivas dimensões e indicadores é apresentada no Quadro 1. Todas estas metodologias estão implementadas no

Teixeira, A. de B.; Lizot, A.; Dranka, G.G.; Trentin, M.G.; Lima, J.D. de.

aplicativo web de acesso livre \$AVEPI<sup>®</sup> (DRANKA et al., 2020; LIMA et al., 2017; PIOVESAN et al., 2021; TOMAZINI et al., 2021; LIMA; SOUTHER, 2022).

O investidor deve escolher adequadamente a abordagem de avaliação de um investimento (DAMODARAN, 2018). A abordagem adotada deve ser compatível com a natureza do empreendimento avaliado e os dados disponíveis. Para auxiliar nessa escolha, Lizot et al. (2017), Dranka et al. (2020), Guares et al. (2021) e Petri (2021), recomendam a utilização dos modelos matemáticos apresentados no Quadro 1.

**Quadro 1: Metodologias, Dimensões e Indicadores para a Análise de Viabilidade Econômica**

<b>MMI/MMIA/RETORNO</b>	Valor Presente (VP)	$VP = \sum_{j=1}^N \frac{FC_j}{(1 + TMA)^j}$
	Valor Presente Líquido (VPL)	$VPL = \sum_{j=0}^N \frac{FC_j}{(1 + TMA)^j}$
	Valor Presente Líquido Anualizado (VPLA)	$VPLA = \frac{VPL \cdot TMA \cdot (1 + TMA)^N}{(1 + TMA)^N - 1}$
	Índice Benefício Custo (IBC) ou Índice de Liquidez (IL)	$IBC = \frac{\sum_{j=0}^N \frac{FC_j}{(1 + TMA)^j}}{ FC_0 }$
	Retorno Adicional sobre o Investimento (ROIA)	$ROIA = \sqrt[N]{IBC} - 1$
	TIRM ou ROI	$TIRM = (1 + TMA) \cdot (1 + ROIA) - 1$
	Índice ROIA/TMA	$\text{Índice ROIA/TMA} = ROIA/TMA$
<b>MMI/MMIA/RISCOS</b>	Payback ou Payback Fin	$\text{Payback} = \min\{k\}, \text{ tal que: } \left\{ \sum_{j=1}^k \frac{FC_j}{(1 + TMA)^j} \geq  FC_0  \right\}$
	Taxa Interna de Retorno (TIR)	$\sum_{j=0}^N \frac{FC_j}{(1 + TIR)^j} = 0$
	Índice Payback/N	$\text{Índice Payback/N} = \text{Payback/N}$
	Índice TMA/TIR	$\text{Índice TMA/TIR} = TMA/TIR$
<b>MMIA/SENSIBILIDADES: LIMITES DE ELASTICIDADES (LEs)</b>	$\Delta\%TMA$	$\Delta\%TMA = \frac{TIR}{TMA} - 1$
	$\Delta\%FC_0$	$\Delta\%FC_0 = IBC - 1$
	$\Delta\%FC_j$ (j = 1, 2, ..., N)	$\Delta\%FC_j = 1 - \frac{1}{IBC}$
<b>MMIA/SENSIBILIDADES: VALORES-LIMITES (VLs)</b>	$VL_{TMA}$	$VL_{TMA} = TMA \cdot (1 + \Delta\%TMA) = TIR$
	$VL_{FC_0}$	$VL_{FC_0} = FC_0 \cdot (1 + \Delta\%FC_0) = VP$
	$VL_{FC_j}$ (j = 1, 2, ..., N)	$VL_{FC_j} = FC \cdot (1 - \Delta\%FC_j)$
		$P(VPL < 0) =$

Teixeira, A. de B.; Lizot, A.; Dranka, G.G.; Trentin, M.G.; Lima, J.D. de.

<b>SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO (SMC)</b>	Probabilidade de insucesso financeiro: $P(VPL < 0)$ via teorema central do limite	$\sum_{k=\overline{VPL}-5 \cdot S_{VPL}}^0 \left( \frac{VPL + 5 \cdot S_{VPL}}{10,000} \right) \cdot \frac{1}{S_{VPL} \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{k - \overline{VPL}}{S_{VPL}} \right)^2}$
	Valor em Risco – $VaR_{5\%}$	$VaR_{5\%}(VPL) = \overline{VPL} + Z_{5\%} \cdot S_{VPL} \cong X_{5\%}$
	VaR Condicional – $CVaR_{5\%}$	$CVaR_{5\%}(VPL) = \text{média dos VPLs, tal que: } VPL < VaR_{5\%}$
<b>Teoria das Opções Reais (TOR)</b>	Valor da Opção Real (VOR)	$VOR = VPL_{\text{Expandido}} - VPL_{\text{Traditional}}$

Fonte: Adaptada de Lima e Southier (2022), Dranka et al. (2020) e Guares et al. (2021).

### 2.3. Revisão de Literatura

A análise de viabilidade econômica tem se tornado comum no setor de agronegócio e na avaliação da geração de energia fotovoltaica. Dessa forma, faz-se necessário a busca por referenciais teóricos que apresentem pesquisas correlatas a esses temas. No Quadro 2 são apresentadas algumas pesquisas com foco na avaliação econômica de sistemas fotovoltaico ou de projetos relacionados a ciência e tecnologia avícola.

**Quadro 2: Publicações relacionadas aos temas do estudo**

<b>Autores (ano)</b>	<b>Veículo de publicação</b>	<b>Abordagem(ns) utilizada para a análise de viabilidade econômica</b>	<b>Principais resultados: achados mais importantes</b>
Rediske et al. (2022)	<i>Environmental Progress &amp; Sustainable Energy</i>	Os autores analisam viabilidade de um projeto fotovoltaico considerando o período da pandemia do COVID-19, partindo das variações tarifárias e valores que devem ser considerados no projeto.	Constatou-se que deve haver mais de um cenário otimista, em se tratando de incidência solar entre outros fatores. Observou-se que em muitos casos os investidores esperam por melhores condições para investir.
Nespolo et al. (2022)	Revista em Agronegócio e Meio Ambiente	A finalidade dessa investigação científica foi analisar a viabilidade econômica da instalação de um sistema fotovoltaico em uma pequena propriedade rural, localizada na região Sudoeste do Paraná com suporte da MMIA e da SMC	O projeto apresentou grau de retorno médio, níveis de riscos e sensibilidades baixos.
Silva et al. (2019)	Custos e @gronegócio online	Essa pesquisa analisou a viabilidade econômica da automatização do processo de embalagem e selagem em um frigorífico de aves de uma agroindústria via MMIA e SMC com suporte do \$AVEPI	Os resultados apontam para viabilidade econômica do projeto, pois espera-se uma rentabilidade de grau médio e risco de grau baixo-médio.
Gava (2019)	Monografia	O trabalho objetivou observar a viabilidade econômica, por meio da MMIA com uso do \$AVEPI <sup>®</sup> , a implantação de um sistema fotovoltaico em uma empresa do setor moveleiro no estado do Paraná.	Como resultado identificou-se a viabilidade econômica com um risco médio de implantação, demonstrando-se ser um bom investimento.
Dranka et al. (2018)	IEEE Latin America	Essa pesquisa fez uso da MMIA, avaliando os riscos atrelados à implementação de	Obteve-se uma maior viabilidade em cidades que



Teixeira, A. de B.; Lizot, A.; Dranka, G.G.; Trentin, M.G.; Lima, J.D. de.

	<i>Transactions</i>	sistemas fotovoltaicos em diferentes cidades brasileira	apresentam tarifas de energia com maior valor agregado.
Bernardi et al. (2017)	Custos e @gronegocio online	O objetivo desta pesquisa foi analisar a viabilidade econômica da implantação de uma estrutura de armazenagem e processo de segregação de milho em uma agroindústria de rações para frangos de corte com suporte da MMIA	O projeto apresentou viabilidade econômica amparada nas expectativas de retorno de grau médio e de riscos de nível baixo, sendo minimizados pelos limites de elasticidade.
Lima et al. (2016)	Custos e @gronegocio online	Este estudo analisou a viabilidade econômica da implementação de automatização no processo de embalar e selar frangos em um frigorífico com suporte da MMIA	Os resultados encontrados prospectam a viabilidade do projeto, o qual apresentou retorno de grau médio-alto, riscos de nível baixo-médio e baixa sensibilidade

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

No estudo Rediske et al. (2022), considerando as mudanças presentes no mercado devido à pandemia do COVID-19, foi realizada uma análise de viabilidade para o setor residencial brasileiro para cada um dos 27 estados. Além disso, como comparativo foram utilizados os anos de início e fim da pandemia como parâmetro de análise sendo eles 2019 e 2020, respectivamente. Neste trabalho, observou-se um aumento da viabilidade econômica no setor elétrico, também constatou-se que com financiamento a tendência é que seja mais viável a implantação.

Também na pesquisa de Dranka et al. (2018), é apresentado um estudo de viabilidade econômica em investimentos na geração distribuída fotovoltaica em uso doméstico. O estudo utiliza a MMIA e a Simulação de Monte Carlo (SMC), flutuando o estudo entre valores determinísticos e estocásticos. Assim, pôde-se analisar com profundidade a viabilidade destes projetos de investimentos (PI) em diferentes regiões do país. No estudo, observou-se que a viabilidade está atrelada principalmente com o valor da tarifa de energia do estado em questão.

O estudo de Gava (2019) utilizou a MMIA e o software \$AVEPI<sup>®</sup> para realizar a análise de viabilidade. Utilizando essa ferramenta e metodologia o autor conseguiu obter um resultado aprofundado de todos os parâmetros importantes para o investimento, sendo eles, o retorno, risco e sensibilidades. O investimento mostrou-se viável com um risco considerado como médio considerando a escala proposta por Lima et al. (2015).

Baseando-se nos estudos apresentados no Quadro 2 foi desenvolvida a metodologia do projeto, aplicando alguns conhecimentos que foram identificados por meio da leitura e interpretação dos resultados de cada um dos referenciais teóricos.

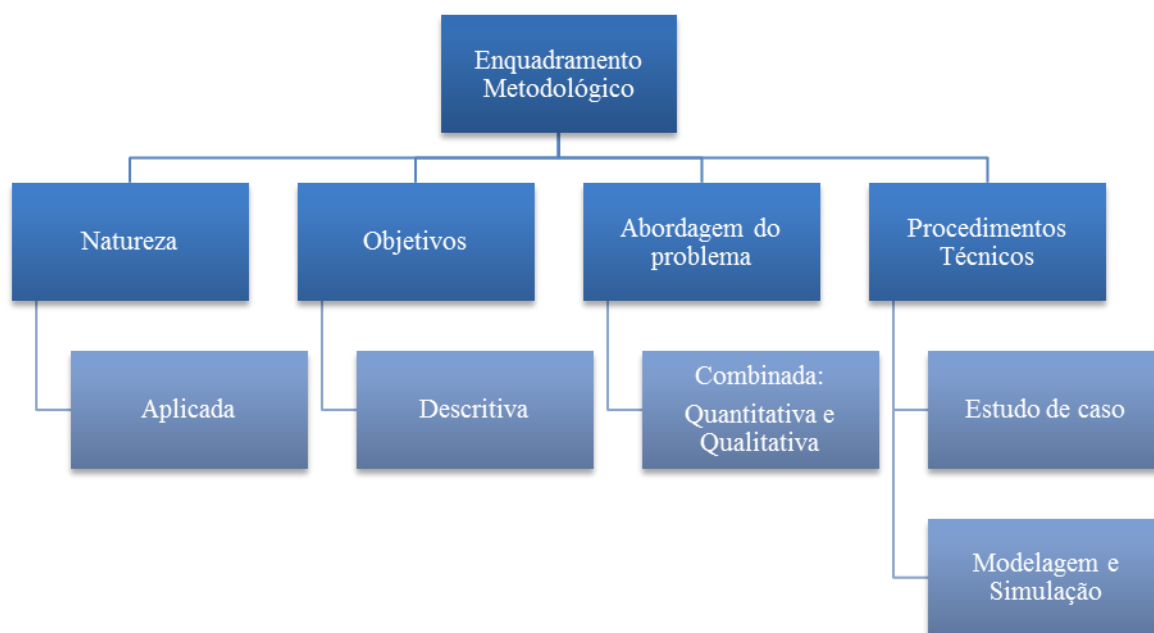
### 3. Procedimentos Metodológicos

Neste tópico será apresentada a classificação da pesquisa e os métodos utilizados para desenvolvê-la, bem como a apresentação dos passos que devem ser realizados na análise de viabilidade deste tipo de projetos de investimentos (PI).

#### 3.1. Classificação da Pesquisa

O trabalho em questão trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, pois pretende-se realizar o projeto, dessa forma, toda a pesquisa tem um cunho de análise para execução. A abordagem enquadra-se na forma quantitativa, considerando que os resultados serão provenientes de cálculos e estes serão necessários para avaliar o desempenho do projeto. Por fim, o trabalho em questão trata-se de um estudo de caso, pois nele será analisado a viabilidade de instalação de um sistema de energia fotovoltaica para sua implementação real, baseando-se em desenvolvimento em softwares.

Na Figura 2 ilustra-se uma síntese do enquadramento metodológico adotado para a condução da presente pesquisa. Analisando a pesquisa desenvolvida e comparando com os com o exposto na Figura 2, pode-se definir o enquadramento metodológico do trabalho.



**Figura 2: Enquadramento metodológico da pesquisa**

Fonte: Adaptado de Piovesan *et al.* (2021).

Assim, de acordo com o exposto na Figura 2, a pesquisa caracteriza-se como natureza aplicada, aplicando metodologias para a análise do investimento. Já os objetivos são descritivos, desenvolvendo uma descrição da metodologia empregada. A abordagem do problema é combinada, por empregar a análise em meio à realidade do investidor, analisando o investimento por meio de características reais vivenciadas pelo mesmo. Por fim, os procedimentos técnicos são caracterizados como um estudo de caso, realizado por meio de simulações.

### 3.2. Materiais e Métodos

Inicialmente, com o intuito de entender o processo de implantação de sistemas fotovoltaicos, foi feita uma busca na literatura por trabalhos que tratam desse tema, bem como uma pesquisa nas resoluções propostas pela ANEEL. Nesta pesquisa por referenciais teóricos, observou-se que existem basicamente dois tipos de ligações de sistemas como *on-grid* e *off-grid*, que são sistemas conectados na rede e sistemas autônomos, respectivamente, como visto em (BOHN, 2019).

Para ambos os casos, faz-se necessário o levantamento dos custos de implantação para analisar a viabilidade do projeto. Neste contexto, considerando um sistema *on-grid* onde a unidade consumidora (UC) continua conectada à rede da concessionária e também tem a capacidade de gerar sua própria energia, foram obtidos os custos de implantação a partir do orçamento de uma empresa local, que dimensionou o sistema de geração e considerou todos os demais materiais que deveriam ser aplicados à instalação.

Considerando um sistema *on-grid* onde a unidade consumidora (UC) continua conectada à rede da concessionária, mas também tem a capacidade de gerar sua própria energia, deve-se realizar o levantamento de custos de implantação considerando aspectos de custo. Os valores foram obtidos a partir do orçamento de uma empresa local, que dimensionou o sistema de geração e considerou todos os demais materiais que deveriam ser adotados para a instalação.

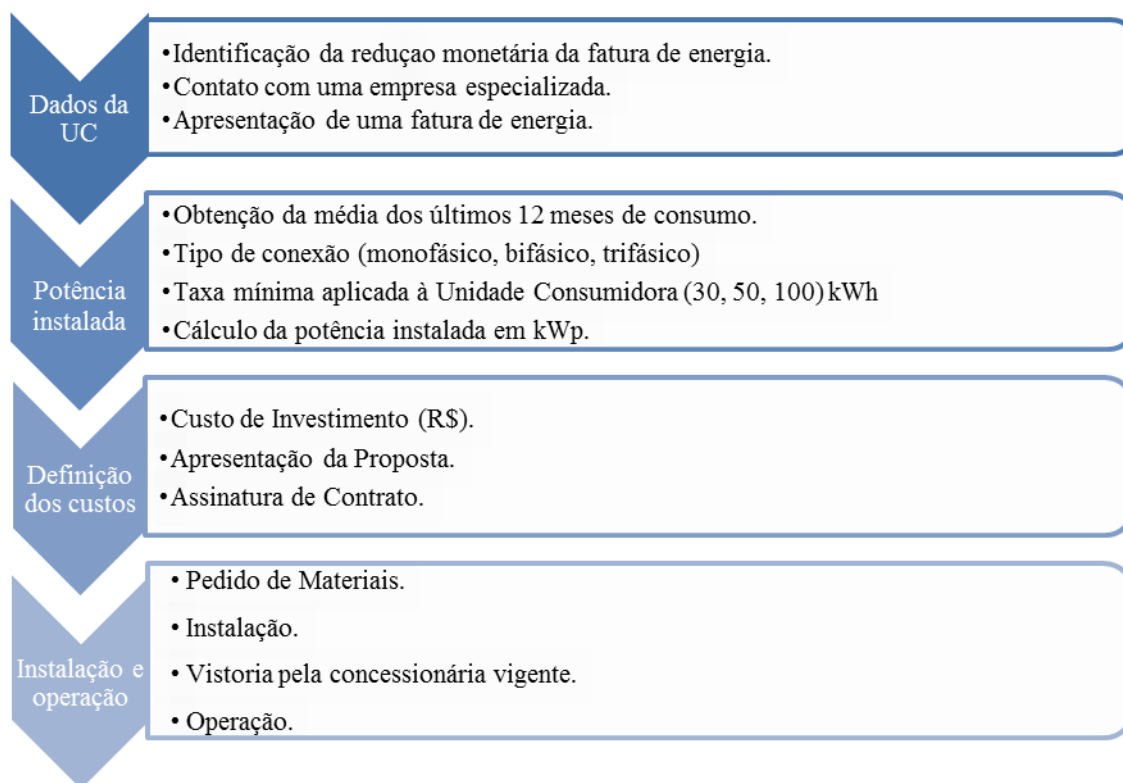
O processo de obtenção de um sistema de geração distribuída fotovoltaica geralmente segue uma sequência de acontecimentos apresentados na Figura 3.

Partindo das etapas apresentadas na Figura 3, os dados de geração e valor investido foram conseguidos juntamente à empresa, assim, com todos os valores em mãos é possível realizar a análise de viabilidade do PI.

Teixeira, A. de B.; Lizot, A.; Dranka, G.G.; Trentin, M.G.; Lima, J.D. de.

A Figura 4 apresenta as fases e etapas adotadas para a condução da pesquisa. Assim, a análise de viabilidade econômica ocorre por meio da aplicação da Metodologia Multi-índice Ampliada – MMIA (LIMA et al., 2015) e da Simulação de Monte Carlo – SMC (LIMA et al., 2017), ambas com suporte da ferramenta computacional de acesso livre \$AVEPI® (LIMA et al., 2017; LIMA; SOUTHER, 2022).

Baseando-se na Figura 4, pode-se apresentar o que será desenvolvido em cada fase do projeto. Na fase 1, com o PI já identificado e os dados já obtidos, define-se o horizonte de investimento como sendo 25 anos, pois, de acordo com os dados provenientes da empresa, esse é o tempo de vida do projeto. A taxa mínima de atratividade (TMA) que será utilizada para os cálculos, será a taxa de caderneta de poupança SELIC (BCB, 2022).



**Figura 3: Etapas para Implantação de um Sistema de Geração Distribuída Fotovoltaica on-grid**

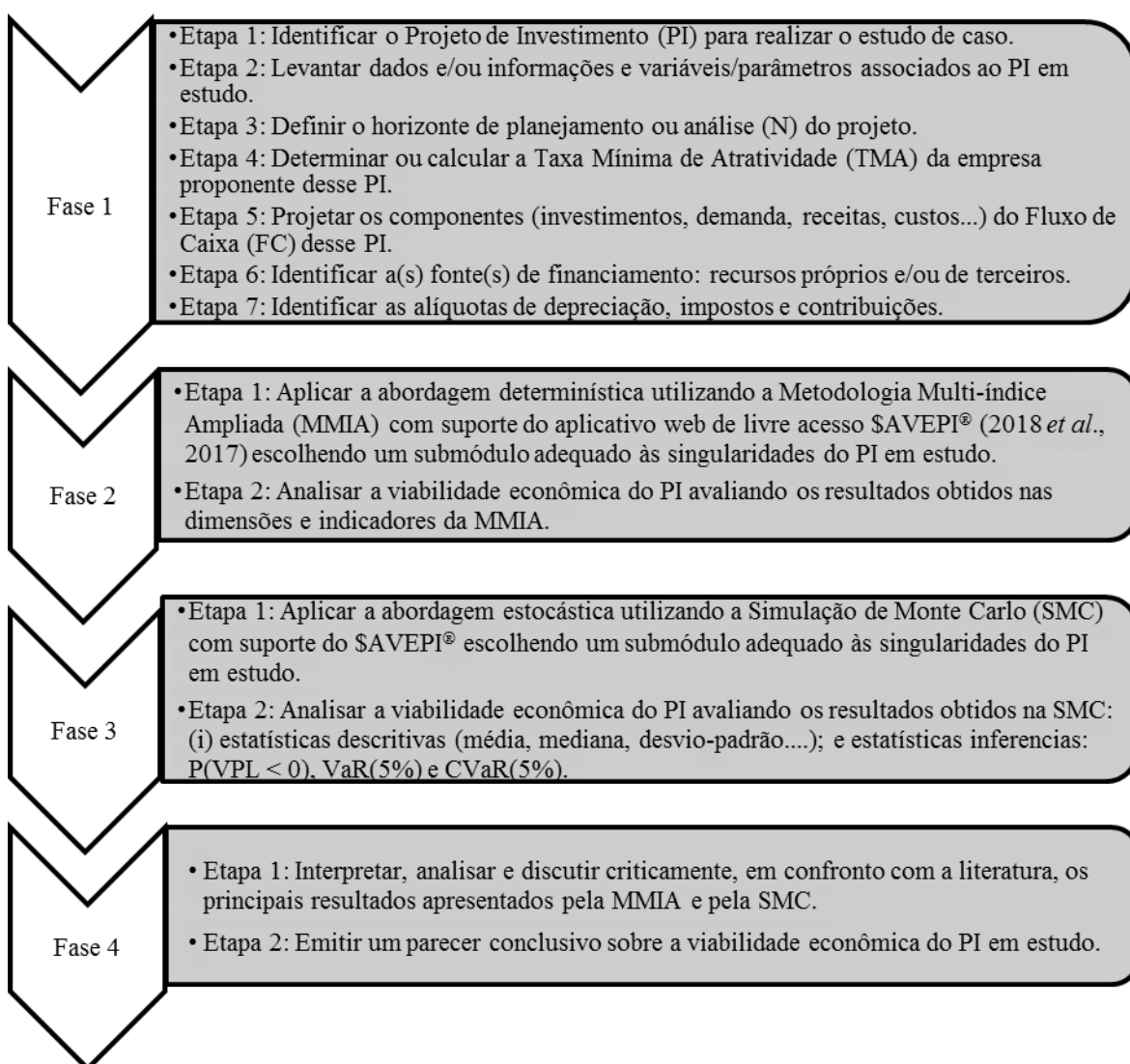
Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Para o investimento em questão, existem financiamentos específicos e também incentivos governamentais. Nesse contexto, podem ser encontrados vários tipos de financiamentos, os quais permitem até 100% de cobertura para o PI, com prazos de financiamento que são em média 10 anos, com prazos de carência que chegam a 3 anos (BNDES, 2022).

Teixeira, A. de B.; Lizot, A.; Dranka, G.G.; Trentin, M.G.; Lima, J.D. de.

Assim, para realizar uma análise de qual a melhor forma de investimento pode ser realizado um comparativo entre recursos próprios versus financiamento. Para isso, deve-se considerar alguns fatores, como por exemplo a depreciação contábil. Esta, por sua vez, equivale a uma depreciação de 10% ao ano no período de 10 anos (FEDERAL, 1998).

Para realizar a análise de viabilidade econômica será utilizada a projeção da geração de energia elétrica durante a vida útil estimada para o projeto. Essa projeção será feita utilizando o software MS-Excel<sup>®</sup>, o qual irá auxiliar também no armazenamento desses dados. Além disso, será necessário converter os valores em kWh obtidos da geração de energia para valores monetários considerando o custo do kWh presente na UC.



**Figura 4: Framework para análise de viabilidade econômica do PI em estudo**

Fonte: Adaptado de Piovesan *et al.* (2021).

Teixeira, A. de B.; Lizot, A.; Dranka, G.G.; Trentin, M.G.; Lima, J.D. de.

Na fase 2, após obter o fluxo de caixa (FC<sub>j</sub>) proveniente da geração de energia convertida em real (R\$), além do investimento inicial (FC<sub>0</sub>), poderá ser analisada a viabilidade econômica deste PI. Esta por sua vez será feita utilizando a MMIA, pois, para todo PI é importante ter conhecimento dos riscos e retornos atrelados ao projeto, assim, como visto em Lima et al. (2015), a MMIA possibilita ter um amplo conhecimento do PI, sendo assim, ela torna-se a metodologia de análise mais adequada.

Contudo, mesmo com a MMIA, pode-se continuar com alguma incerteza em relação ao investimento. Assim, na fase 3, será utilizada a Simulação de Monte Carlo (SMC), pois, dessa forma poderão ser utilizadas variações nos parâmetros de entrada, analisando as perdas e retorno do projeto com mais detalhes.

Vale ressaltar, que todos os cálculos dos indicadores da MMIA e da SMC serão computados como suporte da plataforma digital \$AVEPI<sup>®</sup>. Ela também possibilita a comparação entre investimentos com recursos próprios ou através da opção de financiamento.

Por fim, na fase 4, será feito um parecer conclusivo, analisando todos os índices da MMIA e os resultados obtidos via SMC. Com isso, objetiva-se obter subsídios para auxiliar o investidor com a decisão do investimento em questão.

#### **4. Resultados e Discussão**

Os resultados da análise irão levar em consideração a proposta concedida pela empresa. Partindo do dimensionamento e considerações realizados pela mesma, será proposta uma nova análise utilizando a MMIA e novos parâmetros importantes que não estão presentes na proposta comercial. Uma vez que esses parâmetros influenciam diretamente no desempenho do projeto, objetiva-se alcançar uma análise mais próxima ao real do PI.

##### **4.1. Descrição da propriedade e do projeto de investimento**

O local no qual será desenvolvido o projeto é uma granja de aves de postura localizado no município de Marmeleiro – Paraná. O ambiente conta com 4 galinheiros de 100 m de comprimento cada, sendo que o principal produto comercializado são os ovos. Além disso, o produtor tem uma equipe de 5 a 10 empregados que realizam todo o manejo da produção, como limpeza e alimentação.

Teixeira, A. de B.; Lizot, A.; Dranka, G.G.; Trentin, M.G.; Lima, J.D. de.

O local é atendido por uma rede trifásica com um transformador particular de 75 kVA.

Dessa forma, a implantação de um sistema de energia fotovoltaica torna-se mais prático, pois as necessidades básicas já estão presentes no local.

Considerando que o local apresenta o espaço necessário para a implantação deste projeto, foi feito um orçamento para uma instalação de solo, no local entre os aviários, pois, devido as normas sanitárias, a fixação dos painéis não pode ser realizada no telhado. Sendo assim, os valores estimados são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1: Dados sobre o Investimento Inicial ( $FC_0$ ) orçado**

Item	Quantidade
Módulo Fotovoltaico 445 W - JÁ - Mono - Half Cell	144
Inversor 60,0 kW RENO - 60 k - PLUS - 380 V/60 Hz	1
Kit Estruturas de Solo	72
Kit Aterramento (2un)	12
Haste de Aterramento	3
Disjuntor CC 2P 600VCC/16A BN	12
DPS CC 2P - 16A / 1000V-40kA-CLAMPER	12
Cabo Solar 1,8kV 4,0mm (Vermelho)	240
Cabo Solar 1,8kV 4,0mm (Preto)	240
Cabo CA 35,0mm (Cobre)	3
Cabo CA 16,0mm (Cobre)	1
String Box CC	1
String Box CA	1
Transformador Trifásico a seco 75 kVA 380/220V	1
Brita para cobertura de solo	2
Lona para cobertura de solo	2
Kit Conector Macho/Fêmea MC4	1
Disjuntor CA 3P 175A	1
DPS 2754VAC / 20-40kA	1
Placa de advertência	1

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

A Tabela 1 apresenta a lista de materiais referente ao orçamento do projeto. Além dos materiais existe também o custo da mão de obra, incluindo trabalhos relacionados à obra civil, projeto elétrico e instalação. O valor unitário de cada componente não é apresentado, mas, o valor repassado ao cliente foi determinado a partir de um acordo entre as partes, sendo que o valor final do projeto foi de R\$ 250.000,00, considerando todos os elementos do projeto.

Na Tabela 2 são apresentados alguns custos relacionados ao projeto que poderão surgir conforme o período de operação. Vale ressaltar que a limpeza deve ser realizada duas vezes por ano, pois trata-se de um local com bastante poeira de acordo com os especialistas da empresa e uma verificação do local de instalação.

**Tabela 2: Dados sobre os Custos de Operação e Manutenção (CO&M) estimados**

Item	Quantidade	Valor unitário (R\$/Módulo)	Valor total (R\$/Semestre)
Limpeza dos Módulos	144	0,96	150,00
<b>TOTAL (ao ano)</b>			<b>300,00</b>

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

A avaliação de viabilidade econômica em sistemas fotovoltaicos é feita realizando a projeção de geração de energia elétrica anual. Neste contexto, observando a fatura de energia do cliente, para o cálculo estimado de geração foi considerado R\$ 0,43 por kWh, com um acréscimo anual de 8% no valor da fatura de energia, considerando os valores do kWh até o ano de 2021 (COPEL, 2022). Este é o valor médio de acréscimo anual do valor do kWh.

Além disso, considerando os dados fornecidos pelo fabricante dos módulos fotovoltaico e, utilizando o site da CRECESB para obter a irradiação solar para a região, pode-se determinar que cada módulo gera em média 60 kWh por mês. Foi considerada também uma depreciação linear do módulo durante os anos. Com essas informações, na Tabela 3 é apresentada a geração média por mês do sistema de acordo com o dimensionamento comercial do projeto.

**Tabela 3: Dados sobre as Receitas (R) esperadas**

Item	Quantidade (kWh/mês)	Valor unitário (R\$/kWh)	Valor total (R\$/mês)
Kit Fotovoltaico 64,080 kWp	8640,0	0,43	3715,2
<b>TOTAL</b>			<b>3715,2</b>

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Considerando a geração mensal apresentada na Tabela 3 e o acréscimo anual de 8% ao ano vista na proposta, foi realizado um fluxo de caixa para o horizonte de análise de 25 anos, este por sua vez é apresentado na Tabela 4.

**Tabela 4: Fluxos de Caixa (FC) Projetados**

Período (Ano)	Fluxo de Caixa (FC)
0	-R\$ 250.000,00
1	R\$ 44.295,29
2	R\$ 47.528,83
3	R\$ 50.716,44
4	R\$ 53.858,11
5	R\$ 56.953,84
6	R\$ 60.003,63
7	R\$ 63.007,49
8	R\$ 65.965,40
9	R\$ 68.877,38



Teixeira, A. de B.; Lizot, A.; Dranka, G.G.; Trentin, M.G.; Lima, J.D. de.

10	R\$ 71.743,42
11	R\$ 74.563,53
12	R\$ 77.337,70
13	R\$ 80.065,92
14	R\$ 82.748,22
15	R\$ 85.384,57
16	R\$ 87.974,98
17	R\$ 90.519,46
18	R\$ 93.018,00
19	R\$ 95.470,61
20	R\$ 97.877,27
21	R\$ 100.238,00
22	R\$ 102.552,79
23	R\$ 104.821,64
24	R\$ 107.044,55
25	R\$ 109.221,53

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Para a elaboração do Fluxo de Caixa (FC) apresentado na Tabela 4 foi considerada a geração anual de energia elétrica esperada, o valor unitário de 0,43/kWh e um acréscimo no valor da tarifa de energia igual a 8% ao ano além da inflação prevista, ou seja, um aumento real esperado. Este é o valor adotado pela empresa na elaboração do orçamento, o qual foi mantido pois o foco principal é na aplicação da MMIA e da SMC. Vale ressaltar que na projeção do FC foi considerada a perda de eficiência técnica do sistema (NESPOLO et al., 2022).

Assim, na Figura 5, é apresentado o FC descontado a partir do FC destacado na Tabela 4. Para realizar a descapitalização do FC foi utilizada a taxa SELIC como base de cálculo. No período de análise esta se encontrava em 12,75% ao ano (BCB, 2022).

Teixeira, A. de B.; Lizot, A.; Dranka, G.G.; Trentin, M.G.; Lima, J.D. de.

Ano	Eficiência	Fluxo de geração anual (KWh/ano)	Fluxo de geração anual	Fluxo de caixa descontado	Fluxo de caixa acumulado
0	R\$ 1,00	-	-	-R\$ 250.000,00	-R\$ 250.000,00
1	R\$ 0,99	R\$ 103.012,30	R\$ 44.295,29	R\$ 39.286,29	-R\$ 210.713,71
2	R\$ 0,99	R\$ 102.344,60	R\$ 47.528,83	R\$ 37.387,30	-R\$ 173.326,42
3	R\$ 0,98	R\$ 101.676,90	R\$ 50.716,44	R\$ 35.383,36	-R\$ 137.943,05
4	R\$ 0,97	R\$ 101.009,20	R\$ 53.858,11	R\$ 33.326,13	-R\$ 104.616,92
5	R\$ 0,97	R\$ 100.341,50	R\$ 56.953,84	R\$ 31.256,49	-R\$ 73.360,43
6	R\$ 0,96	R\$ 99.673,80	R\$ 60.003,63	R\$ 29.206,41	-R\$ 44.154,02
7	R\$ 0,95	R\$ 99.006,11	R\$ 63.007,49	R\$ 27.200,46	-R\$ 16.953,56
8	R\$ 0,95	R\$ 98.338,41	R\$ 65.965,40	R\$ 25.257,12	R\$ 8.303,56
9	R\$ 0,94	R\$ 97.670,71	R\$ 68.877,38	R\$ 23.389,86	R\$ 31.693,43
10	R\$ 0,94	R\$ 97.003,01	R\$ 71.743,42	R\$ 21.608,10	R\$ 53.301,53
11	R\$ 0,93	R\$ 96.335,31	R\$ 74.563,53	R\$ 19.917,94	R\$ 73.219,47
12	R\$ 0,92	R\$ 95.667,61	R\$ 77.337,70	R\$ 18.322,83	R\$ 91.542,30
13	R\$ 0,92	R\$ 94.999,91	R\$ 80.065,92	R\$ 16.824,13	R\$ 108.366,43
14	R\$ 0,91	R\$ 94.332,21	R\$ 82.748,22	R\$ 15.421,51	R\$ 123.787,94
15	R\$ 0,90	R\$ 93.664,51	R\$ 85.384,57	R\$ 14.113,38	R\$ 137.901,32
16	R\$ 0,90	R\$ 92.996,81	R\$ 87.974,98	R\$ 12.897,17	R\$ 150.798,49
17	R\$ 0,89	R\$ 92.329,11	R\$ 90.519,46	R\$ 11.769,57	R\$ 162.568,06
18	R\$ 0,88	R\$ 91.661,41	R\$ 93.018,00	R\$ 10.726,77	R\$ 173.294,83
19	R\$ 0,88	R\$ 90.993,72	R\$ 95.470,61	R\$ 9.764,62	R\$ 183.059,45
20	R\$ 0,87	R\$ 90.326,02	R\$ 97.877,27	R\$ 8.878,73	R\$ 191.938,18
21	R\$ 0,86	R\$ 89.658,32	R\$ 100.238,00	R\$ 8.064,64	R\$ 200.002,82
22	R\$ 0,86	R\$ 88.990,62	R\$ 102.552,79	R\$ 7.317,85	R\$ 207.320,67
23	R\$ 0,85	R\$ 88.322,92	R\$ 104.821,64	R\$ 6.633,92	R\$ 213.954,59
24	R\$ 0,85	R\$ 87.655,22	R\$ 107.044,55	R\$ 6.008,52	R\$ 219.963,10
25	R\$ 0,84	R\$ 86.987,52	R\$ 109.221,53	R\$ 5.437,44	R\$ 225.400,54

**Figura 5: Análise Econômica do Orçamento Considerando Recursos Próprios**

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Observando a Figura 5 relacionada à análise comercial do investimento, verifica-se na coluna “Fluxo de Caixa Acumulado” um *Payback* descontado 8 anos para um investimento baseando-se em recursos próprios. Vale ressaltar que este valor é aproximado, pois, os dados podem apresentar variações durante os anos. De forma geral, é o procedimento básico para obtenção da viabilidade econômica para este tipo de investimento, sendo muito semelhante com a Metodologia Clássica (MC) apresentada em Souza e Clemente (2022).

Contudo, tendo o conhecimento de fatores que influenciam neste tipo de investimento, bem como métodos de análise mais aprofundados, foi proposto uma nova forma de análise de investimento utilizando a MMIA e alguns dados relevantes para esta tomada de decisão com o intuito de identificar a diferença entre a proposta comercial com um estudo mais refinado para subsidiar a decisão do investidor.

## **4.2. Apresentação dos resultados determinísticos obtidos pela aplicação da MMIA**

Baseando-se na proposta apresentada observa-se que o *Payback* descontado previsto para este investimento é de cerca de 8 anos, considerando recursos próprios e acréscimos ao valor da fatura de energia ao longo dos anos. Contudo, é necessário realizar uma análise mais aprofundada a respeito deste projeto.

Primeiramente, a variação de 8% ao ano na fatura de energia pode não ser uma estimativa adequada devido a dificuldades de previsão da inflação para o mesmo período. Além disso, no orçamento da empresa não foram considerados os custos de manutenção e operação do sistema nos cálculos de viabilidade, que, de acordo com uma busca na região pode-se estimar o custo de R\$ 150,00 pela limpeza dos painéis, e esta, por ser em um local onde ocorre alta incidência de poeira é aconselhada a ser realizada duas vezes ao ano, assim como apresentado na Tabela 2.

Também, é importante observar as garantias do fabricante. Estas por sua vez, apontam uma garantia de 10 anos para o inversor e 25 anos com 83,89% de eficiência para os painéis fotovoltaicos. Entretanto, o inversor trata-se de um sistema eletrônico e a partir do período de garantia pode haver falhas. Observando que o valor deste equipamento é uma porcentagem considerável do projeto, bem como a sua troca é extremamente necessária para a operação, deve-se considerar o valor em um ano pré-determinado. Os dados para este estudo são apresentados na Figura 6.

Ano	Eficiência	Fluxo de geração anual (KWh/ano)	Troca do inversor	Fluxo de manutenções	Fluxo de geração anual	Fluxo de Caixa
0	1	-	-	-	-	-R\$ 250.000,00
1	0,9936	103012,30	-	-R\$ 300,00	R\$ 44.295,29	R\$ 43.995,29
2	0,9871	102344,60	-	-R\$ 300,00	R\$ 44.008,18	R\$ 43.708,18
3	0,9807	101676,90	-	-R\$ 300,00	R\$ 43.721,07	R\$ 43.421,07
4	0,9742	101009,20	-	-R\$ 300,00	R\$ 43.433,96	R\$ 43.133,96
5	0,9678	100341,50	-	-R\$ 300,00	R\$ 43.146,85	R\$ 42.846,85
6	0,9614	99673,80	-	-R\$ 300,00	R\$ 42.859,74	R\$ 42.559,74
7	0,9549	99006,11	-	-R\$ 300,00	R\$ 42.572,63	R\$ 42.272,63
8	0,9485	98338,41	-	-R\$ 300,00	R\$ 42.285,51	R\$ 41.985,51
9	0,9420	97670,71	-	-R\$ 300,00	R\$ 41.998,40	R\$ 41.698,40
10	0,9356	97003,01	-	-R\$ 300,00	R\$ 41.711,29	R\$ 41.411,29
11	0,9292	96335,31	-	-R\$ 300,00	R\$ 41.424,18	R\$ 41.124,18
12	0,9227	95667,61	-R\$ 29.387,00	-R\$ 300,00	R\$ 41.137,07	R\$ 11.450,07
13	0,9163	94999,91	-	-R\$ 300,00	R\$ 40.849,96	R\$ 40.549,96
14	0,9098	94332,21	-	-R\$ 300,00	R\$ 40.562,85	R\$ 40.262,85
15	0,9034	93664,51	-	-R\$ 300,00	R\$ 40.275,74	R\$ 39.975,74
16	0,8970	92996,81	-	-R\$ 300,00	R\$ 39.988,63	R\$ 39.688,63
17	0,8905	92329,11	-	-R\$ 300,00	R\$ 39.701,52	R\$ 39.401,52
18	0,8841	91661,41	-	-R\$ 300,00	R\$ 39.414,41	R\$ 39.114,41
19	0,8776	90993,72	-	-R\$ 300,00	R\$ 39.127,30	R\$ 38.827,30
20	0,8712	90326,02	-	-R\$ 300,00	R\$ 38.840,19	R\$ 38.540,19
21	0,8648	89658,32	-	-R\$ 300,00	R\$ 38.553,08	R\$ 38.253,08
22	0,8583	88990,62	-	-R\$ 300,00	R\$ 38.265,97	R\$ 37.965,97
23	0,8519	88322,92	-	-R\$ 300,00	R\$ 37.978,85	R\$ 37.678,85
24	0,8454	87655,22	-	-R\$ 300,00	R\$ 37.691,74	R\$ 37.391,74
25	0,8390	86987,52	-	-R\$ 300,00	R\$ 37.404,63	R\$ 37.104,63

**Figura 6: Fluxo de Caixa do PI Considerando Manutenções e Trocas de Equipamento**

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Na Figura 6, a coluna eficiência baseia-se em uma depreciação linear dada pela equação,

$$\eta = -0,00644 \cdot ano + 1$$

Assim, para cada ano haverá uma queda de eficiência em relação ao ano anterior. Além disso, na coluna de “Fluxo de Geração anual (kWh/ano)” é apresentada a geração anual considerando a depreciação. Os valores da troca do inversor no 12<sup>o</sup> ano e das manutenções foram baseados em uma busca comercial na região. Além disso, a coluna do fluxo de geração anual considera a geração do sistema utilizando o valor unitário de kWh igual a R\$ 0,43 sem acréscimos durante o horizonte de análise. Por fim, na coluna fluxo de caixa, é feita a soma da geração anual com os custos de manutenção e troca de inversor. Esta última coluna deve ser utilizada como o Fluxo de Caixa (FC) não uniforme dentro do \$AVEPI<sup>®</sup>.

A Figura 7 apresenta a tela de entrada de dados (*input*) no \$AVEPI<sup>®</sup> com os valores estimados para o PI em estudo, os quais são necessários para a geração dos indicadores da MMIA. A Tabela 5 apresenta os resultados esperados para os indicadores das três dimensões da MMIA (retorno, riscos e sensibilidades). Por outro lado, a Tabela 6 promove um confronto

Teixeira, A. de B.; Lizot, A.; Dranka, G.G.; Trentin, M.G.; Lima, J.D. de. entre essas três dimensões, facilitando o processo de tomada de decisão sobre o investimento em estudo (LIMA et al., 2015; PIOVESAN et al., 2021; NESPOLO et al., 2022).

The screenshot shows the data entry interface for the \$AVEPI software. It is organized into several sections:

- Top Section:** Three input fields for 'Taxa Mínima de Atratividade (TMA, %)' (12.75), 'Impostos + Contribuições (IR+CSLL,%)' (7.5), and 'Horizonte de Planejamento (N)' (25).
- Project Selection:** A section for 'Projeto A' with three options: 'Recursos Próprios' (checked), 'Financiamento' (checked), and 'Leasing' (unchecked).
- Financial Parameters:**
  - 'Investimento Inicial (FC<sub>0</sub>)': 250000
  - 'Valor Residual (VR)': 0
  - 'Fluxo de Caixa (FC<sub>t</sub>)': (empty field)
  - 'Depreciação Linear (DL<sub>t</sub>)': 25000
  - 'Prazo Depreciação (P<sub>d</sub>)': 10
  - 'FC constante?': (unchecked)
  - 'Depreciação constante?': (checked)
- Financing Information:**
  - 'Percentual Financiável (%)': 90
  - 'Prazo máximo': 10
  - 'Taxa de Juros (%)': 7
  - 'Carência': 3
  - 'Sistema de Amortização': Radio buttons for SAC (selected), PRICE, and Outro.
  - 'Com capitalização?': (unchecked)
- Bottom Section:** Two buttons: 'Limpar' and 'Calcular'.

**Figura 7: Tela de Entrada de Dados no \$AVEPI® para a Aplicação da MMIA**

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos resultados obtidos via \$AVEPI®.

A taxa TMA utilizada foi baseada na SELIC (BCB, 2022) no momento da pesquisa, também, os impostos considerados foram baseados nas taxas impostas aos agricultores. O horizonte de planejamento é 25 anos por conta da vida útil garantida pelo fabricante para os painéis fotovoltaicos.

A análise avaliará uma comparação entre as modalidades de execução do PI via recursos próprios e financiamento. Para isso, é informado o investimento inicial (FC<sub>0</sub>) proveniente da proposta comercial apresentada, o valor residual (VR) que se refere ao preço de venda do ativo, neste caso ele equivale a R\$ 0,00, pois não existe um valor de venda desse ativo. Para o FC será considerado os valores apresentados na Figura 8. As depreciações foram baseadas na planilha fornecida pela receita federal (SRF, 1998). O financiamento baseou-se no que foi apresentado pelo BNDES no plano de investimento em ativos de tecnologia para a zona rural que foi chamado de Inovagro (BCB, 2022).

Na Tabela 5, são apresentados os índices obtidos a partir da aplicação da MMIA com suporte da plataforma digital \$AVEPI®. Nela encontra-se a comparação do investimento nas modalidades recursos próprios e financiamento.

**Tabela 5: Dimensões e indicadores da MMIA**

DIMENSÃO	INDICADOR	VALOR ESPERADO “RECURSOS PRÓPRIOS”	VALOR ESPERADO “FINANCIAMENTO + TMA”
RETORNO	Valor Presente Líquido – <b>VPL</b> (R\$)	44.196,81	105.739,00
	Valor Presente Líquido Anualizado – <b>VPLA</b> (R\$)	5.930,33	14.188,05
	Índice Benefício/Custo – <b>IBC</b>	1,1768	1,4230
	Retorno Adicional sobre o Investimento – <b>ROIA</b> (%)	0,65	1,42
	Índice <b>ROIA/TMA</b> (%)	5,12	11,14
RISCOS	<b>Payback</b> descontado ou <b>Payback</b> Fin (anos)	14	9
	Taxa Interna de Retorno – <b>TIR</b> (%)	15,52	18,45
	Índice <b>Payback/N</b> (%)	56,00	36,00
	Índice <b>TMA/TIR</b> (%)	82,17	69,11
SENSIBILIDADES Limites de Elasticidades (LEs)	Varição percentual da TMA – $\Delta\%TMA$	21,69	44,70
	Varição percentual do investimento inicial – $\Delta\%FC_0$	17,68	42,30
	Varição percentual dos fluxos de caixa – $\Delta\%FC_i$	15,02	29,72
SENSIBILIDADES Valores-Limite (VLs)	Valor-limite para a TMA – $VL_{TMA}$ (%)	15,52	18,45
	Valor-limite para o investimento inicial – $VL_{FC_0}$ (R\$)	294.196,81	130.739,00
	Valor-limite para os fluxos de caixa – $VL_{FC_j}$ (R\$)	Valor não constante	Valor não constante

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos resultados obtidos via \$SAVEPI<sup>®</sup>.

Com o conteúdo exposto na Tabela 5 pode-se tirar algumas conclusões a respeito do PI. Inicialmente, o projeto conta com um  $FC_0$  de R\$ 250.000,00, espera-se que o retorno líquido do projeto (VPL) seja de R\$ 44.196,81 e R\$ 105.739,00 para recursos próprios e “Financiamento + TMA”, respectivamente. Além disso, para esse montante, estima-se que o projeto tenha um rendimento anual (VPLA) de R\$ 5.930,33 e R\$ 14.188,05, respectivamente. Já o índice IBC apresentado na Tabela 5, indica o quanto o projeto retorna para cada real investido no projeto. Portanto, quanto maior o seu valor, melhor para o investidor. Além disso, o lucro percentual que representa este retorno (ROIA) apresenta-se cerca de duas vezes maior caso seja feito o “Financiamento + TMA”. Por fim, o índice que estabelece a magnitude do retorno do projeto (ROIA/TMA) mostra o quão lucrativo é o PI, ele também se verifica duas vezes maior quando se opta pelo financiamento e TMA.

Além disso, observando os riscos do projeto, é possível comparar o retorno do investimento via *Payback* (ou *Payback* Fin) utilizando o “Financiamento + TMA” (9 anos) com recursos próprios (14 anos) (LIMA et al., 2013). Também, observa-se que a TIR é muito menor para o caso recursos próprios, considerando que ela representa o valor no qual o VPL é

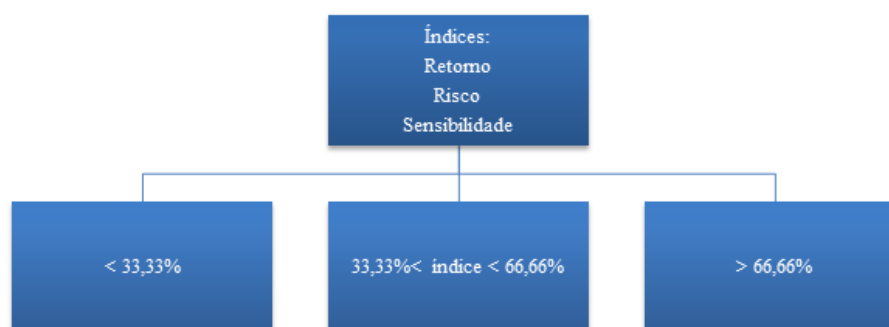
Teixeira, A. de B.; Lizot, A.; Dranka, G.G.; Trentin, M.G.; Lima, J.D. de.

nulo, é esperado que a TIR seja o maior possível, para que a TMA tenha um bom intervalo para variar seu valor. Além disso, o índice *Payback*/N estabelece uma relação com o *Payback* do projeto com o horizonte de planejamento, sendo que seu valor representa o percentual de tempo que o projeto deve gerar lucro para ser viável, assim, espera-se que ele não seja elevado. Já o índice TMA/TIR apresenta o risco do projeto, quanto maior seu valor, mais riscos ele apresenta para o investidor.

Adicionalmente, a MMIA estuda os limites de elasticidade dos índices. A  $\Delta\%TMA$  representa a variação limite da TMA do projeto, sendo que caso seu valor seja positivo ele estabelece o crescimento percentual máximo para que o projeto continue sendo lucrativo, caso negativo representa o quanto ela deve diminuir para que o PI gere lucro. A  $\Delta\%FC_0$  representa a variação do investimento inicial do projeto, caso positivo demonstra o limite máximo para que exista lucro ou caso negativo o montante que deve ser diminuído do  $FC_0$  para que exista viabilidade. Da mesma forma, a  $\Delta\%FC_j$  representa as variações dos fluxos de caixa que o projeto suporta mantendo-se viável.

Para definir o quanto cada índice influencia na tomada de decisão do investidor, em Lima et al. (2015) foi desenvolvida uma escala para facilitar a análise destes valores. O método consiste em comparar os valores percentuais com a escala apresentada na Figura 8. Assim, para cada um dos índices, compara-se o seu valor com os valores da escala. Para a dimensão retorno, caso ela se encontre abaixo de 33,33% o PI é classificado como baixo retorno, se estiver entre 33,33% e 66,66% o retorno torna-se médio e acima de 66,66% o PI tem um alto retorno.

Já para a dimensão riscos, quanto maior o valor do índice pior para o PI. Ele é o inverso da dimensão retorno, e pode ser analisado da mesma forma para as sensibilidades, pois, caso o valor dos índices da dimensão sensibilidade forem muito baixos, significa que para pequenas variações o projeto pode se tornar inviável para o investidor. A Tabela 6 apresenta os índices calculados pelo \$AVEPI<sup>®</sup> para a situação recursos próprios.

**Figura 8: Intervalos de viabilidade para tomadas de decisão Escalas estabelecidas**

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Baseando-se nas amplitudes de cada indicador, utilizando como referência os resultados observados na Tabela 5, juntamente com as informações contidas na Figura 8, pode-se desenvolver a análise apresentada na Tabela 6.

**Tabela 6: Escala de comparação das dimensões da MMIA para recursos próprios**

DIMENSÃO	ÍNDICE	RESULTADO (%)	CATEGORIA
<b>RETORNO</b>	ROIA/TMA	5,12	Baixo
<b>RISCOS</b>	<i>Payback/N</i>	56,00	Médio
	TMA/TIR	82,17	Alto
<b>SENSIBILIDADES*</b>	$\Delta\%$ TMA	21,69	Alta
	$\Delta\%$ FC <sub>0</sub>	17,68	Alta
	$\Delta\%$ FC <sub>j</sub>	15,02	Alta

\*Observe que uma escala reversa de risco é considerada para os índices de sensibilidades em comparação com as dimensões retorno e riscos. Assim, quanto menor o valor para os índices da dimensão sensibilidades, mais facilmente pode ocorrer a inviabilidade econômica (DRANKA et al., 2020; PIOVESAN et al., 2021; GUARES et al., 2021).

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Na Tabela 6, pode-se analisar que o índice de retorno é baixo, sendo um ponto negativo para este investimento. Além disso, os riscos são classificados como médio (*Payback/N*) ou alto (TMA/TIR), e por fim as sensibilidades ( $\Delta\%$ TMA,  $\Delta\%$ FC<sub>0</sub>,  $\Delta\%$ FC<sub>j</sub>) são altas. Observando esses valores, o investidor pode ter dúvida referente a tomada de decisão desse PI. Assim, analisou-se também a modalidade “Financiamento + TMA”. A Tabela 7 apresenta os resultados da aplicação da MMIA para essa modalidade.

Observando a Tabela 7, conclui-se que, diferentemente do investimento com recursos próprios, a dimensão retorno do PI é classificado como médio para o caso do financiamento, também, os riscos diminuem, sendo classificados como médios ou baixos. O mais notável são as sensibilidades, em todos os três índices o PI apresenta melhoras dando ênfase para a  $\Delta$ TMA que possibilita elevadas variações da taxa no horizonte de análise.



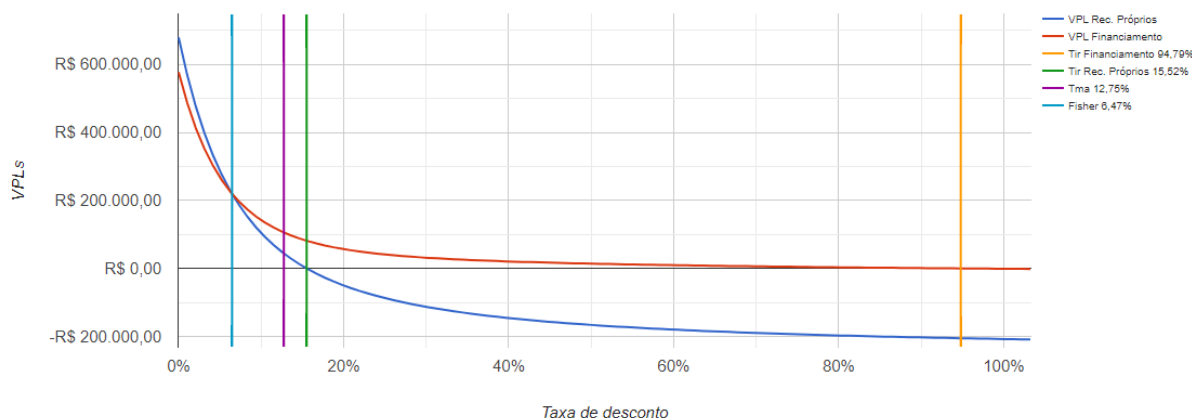
**Tabela 7: Escala de comparação das dimensões da MMIA para “Financiamento + TMA”**

DIMENSÃO	ÍNDICE	RESULTADO (%)	CATEGORIA
RETORNO	ROIA/TMA	11,14	Baixo
	<i>Payback Fin/N</i>	36,00	Médio
RISCOS	TMAR/TIR	69,11	Alto
	$\Delta$ TMA	44,70	Alta
SENSIBILIDADES*	$\Delta$ FC <sub>0</sub>	42,30	Alta
	$\Delta$ FC <sub>i</sub>	29,72	Alta

\*Observe que uma escala reversa de risco é considerada para os índices de sensibilidades em comparação com as dimensões retorno e riscos. Assim, quanto menor o valor para os índices da dimensão sensibilidades, mais facilmente pode ocorrer a inviabilidade econômica (DRANKA et al., 2020; PIOVESAN et al., 2021; GUARES et al., 2021).

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

No \$AVEPI<sup>®</sup> também é gerado um gráfico que permite ter o entendimento da comparação entre as taxas de desconto e o VPL do projeto. Na Figura 9 é apresentado o gráfico em questão.

**Figura 9: VPL versus taxa de desconto**

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos resultados obtidos via \$AVEPI<sup>®</sup>.

Na Figura 9, observa-se que o VPL para ambos os casos torna-se igual no ponto de *Fisher* igual a 6,47%. Contudo a principal informação contida no gráfico é a TMA e a TIR. Em ambos os casos, a TMA é definida como 12,75%, observando o PI com recursos próprios verificamos que a TIR é 15,52%, sendo assim, uma pequena variação na TMA pode inviabilizar o PI. Por outro lado, quando se analisa a relação TMA e TIR para o financiamento percebe-se um amplo espaço para a variação, sendo assim, a TMA neste caso, suporta um elevado acréscimo percentual ao seu valor.

### 4.3. Análise dos resultados determinísticos obtidos via MMIA

O projeto conta com investimento inicial de R\$ 250.000,00. O retorno líquido total (VPL) é de R\$ 44.196,81 para recursos próprios e R\$ 105.739,00 para financiamento, em um horizonte de 25 períodos, ou seja, por período (VPLA) R\$ 5.930,33 para recursos próprios e R\$ 14.188,05 para financiamento. A cada unidade monetária investida, a expectativa de retorno (IBC) é de 1,1768 para recursos próprios se de 1,4230 para financiamento + TMA. O ganho por período é de (ROIA) 0,65% para recursos próprios e de 1,42% para “Financiamento + TMA”, além da TMA anual de 12,75%. O retorno, expresso pelo índice ROIA/TMA, é de 5,12% para recursos próprios e de 11,14% para “Financiamento + TMA” a mais do que o mercado paga (ROIA/TMA). Com isso, o PI se classifica como retorno de nível baixo para a modalidade recursos próprios e de nível médio, de acordo com a escala proposta por Lima et al. (2015).

O PI analisado possui retorno do investimento (*Payback* descontado) em aproximadamente 14 anos para recursos próprios e 9 anos para “Financiamento + TMA”. O índice *Payback/N* é de 56% para recursos próprios e de 36% para “Financiamento + TMA”, ou seja, o PI deve ser promissor em 56% do período estimado para se pagar utilizando recursos próprios e em 36% para “Financiamento + TMA”. O índice TMA/TIR resultou em 82,17% para recursos próprios e em 69,11% para “Financiamento + TMA”, que representa a razão entre o percentual oferecido pelo mercado e o rendimento esperado do PI. Portanto, o investimento é caracterizado como risco de nível alto para recursos próprios e de nível baixo para “Financiamento + TMA”, de acordo com a escala proposta pela MMIA.

A variação máxima admitida pela TMA é de 21,69% para recursos próprios e 44,70% para “Financiamento + TMA” antes de tornar o PI economicamente inviável, sendo o valor-limite igual a 15,52% para recursos próprios e a 18,45% para “Financiamento + TMA” (TIR). O investimento inicial ( $FC_0$ ) suporta um acréscimo de até 17,68% para recursos próprios e de até 42,30% para “Financiamento + TMA”, sendo o Valor-Limite (VL) igual a R\$ 294.196,30 para recursos próprios (VP) e R\$ 130.739,00. Como os valores limites são diferentes (não constantes) para cada um dos 25 períodos, esses não são apresentados na Tabela 5 e nem discutidos. Os valores apresentados podem ser utilizados para monitoramento e controle do projeto, caso ele seja aprovado e melhorado. Além disso, eles melhorarem a percepção dos riscos associados à implantação do PI.

Com os valores dos índices e classificações apresentadas no tópico anterior é possível realizar um parecer conclusivo sobre a análise determinística do PI. Comparando diretamente

Teixeira, A. de B.; Lizot, A.; Dranka, G.G.; Trentin, M.G.; Lima, J.D. de.

os valores presentes na Tabela 6 e Tabela 7 tendo em vista que se trata de uma propriedade que contém uma atividade comercial, é aconselhável investir utilizando o financiamento proposto e deixar o capital restante aplicado na TMA.

Dada as altas sensibilidades apresentadas pelo PI em estudo para as 2 modalidades de execução (recursos próprios e financiamento com aplicação do excedente de capital à TMA de 12,75% ao ano), recomenda-se a aplicação da Simulação de Monte Carlo (SMC). Além disso, o horizonte de análise é consideravelmente alto, sendo assim deve-se analisar a possibilidade da variação na TMA nesses períodos baseando-se em períodos anteriores. Além disso, sabendo que podem existir variações na geração de energia fotovoltaica durante os períodos de operação, bem como oscilações nos valores monetários do kWh no horizonte de análise. Portanto, na sequência é empregado a SMC considerando a TMA e o  $FC_j$  do projeto como variáveis críticas.

#### 4.4. Apresentação dos resultados estocásticos obtidos pela aplicação da SMC

Verificando as possibilidades de variação das entradas do projeto foi proposta uma análise estocástica do PI. Assim, foi utilizada uma variação triangular para a TMA sendo o valor mínimo igual a 4%, valor provável 12,75% e máximo sendo 14,25%. Esses valores formam obtidos com os históricos presentes no Banco Central do Brasil (BCB, 2022).

Também, tendo o conhecimento das características da variação do valor da fatura de energia, sabe-se que não houve diminuição no valor do kWh nos últimos anos, apenas aumento. Dessa forma, foi considerado um aumento de R\$ 0,10 no preço do kWh em relação ao valor presente na fatura de energia atual do investidor. Vale ressaltar que considerar este acréscimo no valor do kWh é diferente de considerar um acréscimo anual de 8% observado na proposta comercial.

Sendo assim, como trata-se de geração de energia, quanto maior o valor monetário da tarifa de energia elétrica (R\$/kWh), melhor para o investimento. Desse modo, para o valor de 0,43 R\$/kWh, o fluxo de caixa será considerado mínimo e para o valor de 0,53 R\$/kWh resultará no Fluxo de Caixa (FC) máximo, também será considerada uma distribuição uniforme para esta entrada. Além disso, tanto o investimento inicial ( $FC_0$ ) quanto o valor residual (VR) serão considerados determinísticos, pois não há variação para esses parâmetros.

Os impostos, taxas de depreciação e dados do financiamento serão mantidos iguais aos valores utilizados na aplicação da MMIA. Vale ressaltar que a SMC não melhora o desempenho do projeto, ela apenas apresenta de maneira probabilística as chances de haver

Teixeira, A. de B.; Lizot, A.; Dranka, G.G.; Trentin, M.G.; Lima, J.D. de.

lucro ou prejuízo no PI. Na sequência, na Tabela 8 são apresentados os tipos de distribuição e os parâmetros estimados para o desenvolvimento da análise.

**Tabela 8: Configuração Adotada para a Aplicação da SMC**

VARIÁVEL	TIPO DE DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADES	PARÂMETROS ESTIMADOS
TMA	Triangular	(4%; 12,75%; 14,25%)
FC <sub>0</sub>	Determinístico	250.000,00
FC <sub>j</sub>	Uniforme	Não constante
Valor residual (VR)	Determinístico	0,00
Horizonte de planejamento (N)		25 anos

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Utilizando os dados fornecidos na Tabela 8 pode-se realizar a análise do PI pela SMC. A Figura 10 apresenta a tela de entrada de dados no \$AVEPI<sup>®</sup> com os valores estimados para o PI em estudo para a aplicação da SMC.

**Figura 10: Tela de Entrada de Dados no \$AVEPI<sup>®</sup> para a Aplicação da SMC**

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos resultados obtidos via \$AVEPI<sup>®</sup>.

Partindo dos parâmetros inseridos no \$AVEPI<sup>®</sup>, foi possível obter os resultados apresentados na Tabela 9. Os indicadores apresentam as probabilidades e amplitudes máximas do VPL do PI.

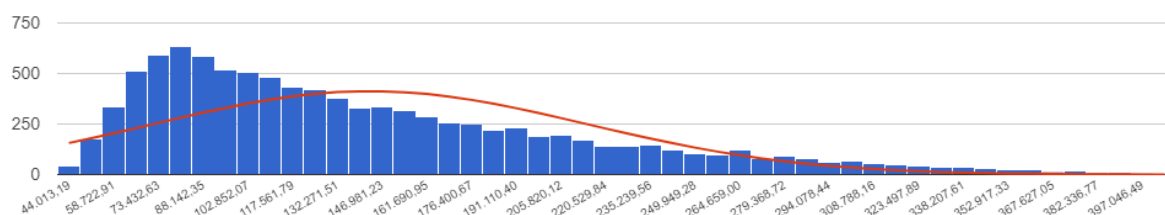
Teixeira, A. de B.; Lizot, A.; Dranka, G.G.; Trentin, M.G.; Lima, J.D. de.

De acordo com a Tabela 9, o valor mínimo do VPL é de R\$ 44.013,19, seu máximo é R\$ 411.756,21 e a expectativa de ganho é de R\$ 146.763,77 (VPL médio). A probabilidade de o projeto ter insucesso financeiro é de 1,95%, ou seja, a possibilidade de sucesso é de 98,05%. Há 95% de chance de o projeto ter pelo menos R\$ 29.797,91 de lucro. A seguir, a Figura 11 apresenta o gráfico com os valores da distribuição normal do VPL, utilizando recursos próprios.

**Tabela 9: Indicadores da SMC para a Modalidade Recursos Próprios**

ESTATÍSTICAS		VPL
DESCRITIVAS	Mínimo	44.013,19
	Máximo	411.756,21
	Amplitude (máximo – mínimo)	367.743,03
	Médio	146.763,77
	Desvio-padrão	71.110,20
	Coefficiente de variação (desvio-padrão/média)	48,45%
	Mediano	127.605,22
INFERENCIAIS	Probabilidade de VPL negativo – $P(VPL < 0)^*$	1,95%
	Valor em Risco – $VaR_{5\%}$	29.797,91
	Valor em Risco Condicional – $CVaR_{5\%}$	Não gerado

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos resultados obtidos via \$AVEPI<sup>®</sup>. \*Utilizando a área sob a curva normal, baseada no teorema central do limite. Vale ressaltar que o método frequentista, o qual é baseado na lei dos grandes números não sinalizou probabilidade de insucesso financeiro no projeto.

**Figura 11: Distribuição do VPL para a Modalidade Recursos Próprios**

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos resultados obtidos via \$AVEPI<sup>®</sup>.

Também, como forma de comparação foi elaborada a análise utilizando o financiamento proposto anteriormente. Na Tabela 10 são apresentados os resultados obtidos a partir de 10.000 simulações.

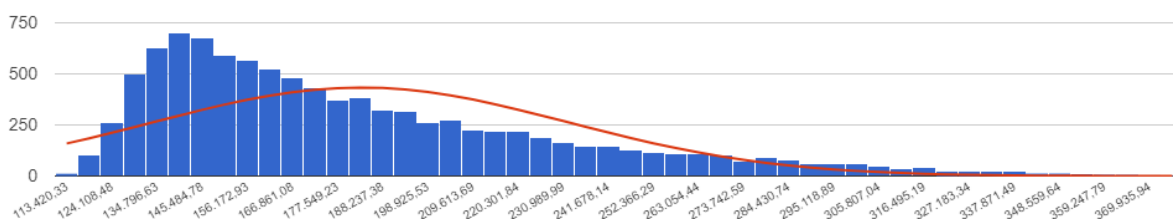
**Tabela 10: Indicadores da SMC para a Modalidade Financiamento**

ESTATÍSTICAS		VPL
DESCRITIVAS	Mínimo	113.420,33
	Máximo	380.624,10
	Amplitude (máximo – mínimo)	267.203,77
	Médio	185.712,94
	Desvio-padrão	79.210,74
	Coefficiente de variação (desvio-padrão/média)	26,50%
INFERENCIAIS	Mediano	171.644,09
	Probabilidade de VPL negativo – $P(VPL < 0)^*$	0,01%
	Valor em Risco – $VaR_{5\%}$	104.768,48
	Valor em Risco Condicional – $CVaR_{5\%}$	Não gerado-

Teixeira, A. de B.; Lizot, A.; Dranka, G.G.; Trentin, M.G.; Lima, J.D. de.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos resultados obtidos via \$AVEPI®.\*Utilizando a área sob a curva normal, baseada no teorema central do limite. Vale ressaltar que o método frequentista, o qual é baseado na lei dos grandes números não sinalizou probabilidade de insucesso financeiro no projeto.

De acordo com a Tabela 10, o valor mínimo do VPL é R\$ 113.420,33, seu máximo cerca de R\$ 380.624,10 e expectativa de ganho de R\$ 185.712,94 (VPL médio). A probabilidade de o projeto ter insucesso financeiro é de 0,01%, ou seja, a possibilidade de sucesso financeiro é de 99,99%. Há 95% de chance de o projeto ter, pelo menos, R\$ 104.768,48 de lucro. A Figura 12 apresenta o gráfico com os valores da distribuição normal do VPL, utilizando financiamento.



**Figura 12: Distribuição do VPL para a Modalidade Financiamento**

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos resultados obtidos via \$AVEPI®.

#### 4.5. Análise dos resultados estocásticos obtidos via SMC

Realizando a análise estocástica baseando-se nas variações da TMA e do FCj considerados, observou-se que o VPL mínimo para ambos os casos resultou em um valor maior que zero, significando que em ambos os casos o projeto é economicamente viável. Entretanto, analisando a curva normal resultante da aplicação da SMC, bem como os índices relacionados a ela, enfatizando o *Value at Risk* (VaR<sub>5%</sub>) dos recursos próprios, observou-se que há uma probabilidade de 5% de o VPL ser inferior à R\$ 44.013,19.

Assim, comparando os demais índices das Tabelas 9 e 10, nos casos de valor médio e mínimo do VPL, o financiamento demonstra-se ser mais lucrativo que a modalidade de recursos próprios, além disso considerando o VaR do financiamento observa-se que com 95% de certeza, o VPL do projeto será de pelo menos R\$ 113.420,33, sendo mais elevado quando comparado com recursos próprios. Dessa forma, providos das análises determinísticas e estocásticas, é possível melhor subsidiar o investidor com a tomada de decisão.

## 5. Conclusões e Pesquisas Futuras

O artigo objetivou subsidiar a tomada de decisão em um investimento de geração distribuída fotovoltaica em um aviário localizado em Marmeleiro no estado do Paraná. Baseando-se nos referenciais teóricos, utilizando a MMIA e a SMC com suporte do \$AVEPI<sup>®</sup>, foi possível definir que o PI em estudo é economicamente viável para o investidor, sendo aconselhável utilizar o financiamento proposto neste artigo, pois o mesmo apresentou um retorno baixo, riscos médio-baixo e sensibilidade alta, porém, com a aplicação da SMC obteve-se um VPL mínimo de R\$ 113.420,33, superior a modalidade recursos próprios.

A pesquisa contribui de forma científica a subsidiar uma tomada de decisão em um possível investimento. Tal estudo pode ser realizado nos mais diferentes tipos de investimentos, sendo este uma base para o entendimento dos procedimentos que devem ser realizados nesse tipo de pesquisa.

Usualmente em propostas comerciais em investimentos na geração distribuída fotovoltaica, a Metodologia Clássica (MC) acaba sendo a mais utilizada. Contudo, a mesma não apresenta resultados satisfatórios quando se analisa os riscos atrelados ao investimento. Dessa forma, o intuito do projeto foi aplicar a MMIA e a SMC, para analisar todos os índices e dimensões que fazem parte de um PI.

Utilizando essas ferramentas para a abordagem determinística, possibilitou ter uma verificação mais precisa sobre todos os índices do projeto. Além disso, a aplicação de uma abordagem estocástica utilizando a Simulação de Monte Carlo (SCM) com o auxílio do \$AVEPI<sup>®</sup> possibilitou definir por completo se o PI é viável ou não para o investidor.

Dessa forma o resultado da pesquisa obteve êxito em subsidiar a tomada de decisão do investidor, bem como apontar os principais riscos atrelados ao projeto.

## 6. Referências

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. *Resolução Normativa No 414/2010 - Procedimentos de Distribuição*. 2012. Disponível em:  
<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=342518>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2022.

ARCARO, L.; MARCELINO, J. A.; BRISTOL, V. M.; GUIMARÃES FILHO, L. P.; YAMAGUSHI, C. K. Estudo da sustentabilidade para implementação de um sistema fotovoltaico para geração de energia elétrica em aviário tipo Dark House. *Custos e Custos e @gronegocio on line* - v. 19, n. 1, Jan/Mar - 2023. ISSN 1808-2882  
[www.custoseagronegocioonline.com.br](http://www.custoseagronegocioonline.com.br)

Teixeira, A. de B.; Lizot, A.; Dranka, G.G.; Trentin, M.G.; Lima, J.D. de. *@gronegocio on line*, v. 14, n. 4, p. 53-79, 2018.

BATTISTUSSI, F.; ANTONELLI, R. A.; BORTOLUZZI, S. C. Apuração e análise de resultados na produção de soja para pequenos produtores rurais. *Custos e @gronegocio on line*, v. 10, n. 3 – Jul/Set - 2014.

BERNARDI, A.; LIMA, J. D. de; TRENTIN, M. G.; OLIVEIRA, G. A. Análise de investimento em segregação de milho: estudo de caso em agroindústria produtora de ração para frangos de corte. *Custos e @gronegocio on line*, v. 13, p. 147-171, 2017.

BCB, Banco Central do Brasil. *Taxa de juros básica – Histórico*. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjurosoriginal>. Acesso em: 20 Junho de 2022.

BNDES, Banco Nacional do Desenvolvimento. *Inovagro*. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/inovagro>. Acesso em: 22 de junho de 2022.

BOHN, C. A. *Influências na geração de energia elétrica em módulos fotovoltaicos revestidos por policarbonato alveolar e compacto*. (2019). 162 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2019.

CARVALHO, F. M.; FIÚZA, M. A.; LOPES, M. A. Determinação de custos como ação de competitividade: estudo de um caso na avicultura de corte. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 32, n. 3, p. 908-913, 2008.

COPEL, Tarifas de energia elétrica. Disponível em: <https://www.copel.com/site/copel-distribuicao/tarifas-de-energia-eletrica/>. Acesso em: 23 de set. de 2022.

DAMODARAN, A. *Introdução à Avaliação de Investimentos: ferramentas e técnicas para a determinação do valor de qualquer ativo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2018.

DEINA, C.; SANTOS, J. L. F.; BIUK, L. H.; LIZOT, M.; CONVERTI, A.; SIQUEIRA, H. V.; *Custos e @gronegocio on line* - v. 19, n. 1, Jan/Mar - 2023. [www.custoseagronegocioonline.com.br](http://www.custoseagronegocioonline.com.br)



Teixeira, A. de B.; Lizot, A.; Dranka, G.G.; Trentin, M.G.; Lima, J.D. de.

TROJAN, F. Forecasting electricity demand by neural networks and definition of inputs by multi-criteria analysis. *Energies*, v. 16, n. 4, p. 1712, 2023.

DRANKA, G. G.; LIMA, J. D. de; BONOTTO, R.; MACHADO, R. Economic and Risk Analysis of Small-Scale PV Systems in Brazil. *IEEE Latin America Transactions*, v. 16, n. 10, p. 2530-2538, 2018.

DRANKA, G. G.; CUNHA, J.; LIMA, J. D. de; FERREIRA, P. Economic evaluation methodologies for renewable energy projects. *AIMS Energy*, v. 8, p. 339-363, 2020.

FERREIRA, D.; KRUGER, S.D.; LIZOT, M.; TROJAN, F. Analysis of economic and financial performance indicators of milk production in family farms in Formosa do Sul – SC. *Custos e @gronegocio on line*, v. 16, Special Edition, p. 2-17, 2020.

GAVA, J. F. *Análise de viabilidade econômica e financeira na implantação de energia solar fotovoltaica* (2019). Monografia (Especialização em Gestão Contábil e Financeira) - UTFPR Pato Branco, p.25. 2019.

GUARES, S. A.; LIMA, J. D. de; OLIVEIRA, G. A. Techno-economic model to appraise the use of cattle manure in biodigesters in the generation of electric energy and biofertilizer. *Biomass and Bioenergy*, v. 150, p. 1-11, 2021.

GULARTE, L. C. P.; LIMA, J. D. de; OLIVEIRA, G. A.; TRENTIN, M. G.; SETTI, Dalmarino. Estudo de viabilidade econômica da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil no município de Pato Branco (PR), utilizando a metodologia multi-índice ampliada. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 22, p. 985-992, 2017.

IDR - Instituto de Desenvolvimento Rural Paraná. *Chamada Pública Energia Solar. 2020*. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Chamada-Publica-Energia-Solar#>. Acesso em: 2 de outubro 2022.

LIMA, J. D. de; SCHEITT, L. C.; BOSCHI, T. de F.; SILVA, N. J. da; MEIRA, A. A. de; DIAS, G. H. Propostas de ajuste no cálculo do Payback de projetos de investimentos financiados. *Custos e @gronegocio online*, v. 9, n. 4 – Out/Dez, p. 162-180. 2013.

**Custos e @gronegocio on line** - v. 19, n. 1, Jan/Mar - 2023.  
[www.custoseagronegocioonline.com.br](http://www.custoseagronegocioonline.com.br)

ISSN 1808-2882

LIMA, J. D. de; TRENTIN, M. G.; OLIVEIRA, G. A.; BATISTUS, D. R.; SETTI, D. A systematic approach for the analysis of the economic viability of investment projects.

*International Journal Engineering Management and Economics*. v. 5, n. 1/2, p. 19-34, 2015.

LIMA, J. D. de; ALBANO, J. C. S.; OLIVEIRA, G. A.; TRENTIN, M. G.; BATISTUS, D. R. Estudo de viabilidade econômica da expansão e automatização do setor de embalagem em agroindústria avícola. *Custos e @gronegocio online*, v. 12, p. 89-112, 2016.

LIMA, J. D. de; BENNEMANN, M.; SOUTHER, L. F. P.; BATISTUS, D. R.; OLIVEIRA, G. A. \$AVEPI – Web System to Support the Teaching and Learning Process in Engineering Economics. *Brazilian Journal of Operations and Production Management*, v. 14, n. 4, p. 469-485, 2017.

LIMA, J. D. de; SOUTHER, L. F. P. *Guia prático para usuário do \$AVEPI®: sistema de análise de viabilidade econômica de projetos de investimento*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR – Campus Pato Branco). Departamento Acadêmico de Matemática (DAMAT) e Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS). 2022.

LIZOT, M.; JÚNIOR, P. P. D. A.; LIMA, J. D. de; MAGACHO, C. S. Aplicação de um modelo de gestão de custos para tomada de decisão no agronegócio familiar. *Custos e @gronegocio online*, v. 14, Edição Especial, p. 290-313, 2018a.

LIZOT, M.; JÚNIOR, P. P. A.; DE LIMA, J. D. de; TRENTIN, M. G.; SETTI, D. Economic analysis of black oats production for grazing and silage using the extended multi-index methodology. *Custos e @gronegocio online*, v. 13, p. 141–155, 2017.

LIZOT, M.; ANDRADE JÚNIOR, P. P.; LIMA, J. D. de; TROJAN, F. Method of cost management for agribusiness on small rural family properties. *Agroalimentaria*, v. 24, p. 41-66. 2018b.

LIZOT, M.; TROJAN, F.; AFONSO, P. Combining Total Cost of Ownership and Multi-Criteria Decision Analysis to Improve Cost Management in Family Farming. *Agriculture*. v. **Custos e @gronegocio on line** - v. 19, n. 1, Jan/Mar - 2023. [www.custoseagronegocioonline.com.br](http://www.custoseagronegocioonline.com.br)

Teixeira, A. de B.; Lizot, A.; Dranka, G.G.; Trentin, M.G.; Lima, J.D. de. 11, n. 2, p. 139, 2021.

LIZOT, M.; AFONSO, P. S. L. P.; TROJAN, F.; MATTEI, T. F.; THESARI, S. S. Reflexos da pandemia do covid-19 nos custos de aquisição de insumos agrícolas: uma investigação empírica com o uso da metodologia Total Cost of Ownership. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 62, n. 1, p. 261334, 2024.

NESPOLO, S.; GAMA, B. C.; GUERRA, V. S.; BATISTA, V. D.; LOPES, V. M.; LIMA, J. D. de. Análise de viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico em uma propriedade rural. *RAMA - Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 15, p. 1-17, 2022.

OLIVEIRA, A. M.; MARIO, M. C.; PACHECO, M. T. T. Fontes renováveis de energia elétrica: evolução da oferta de energia fotovoltaica no Brasil até 2050. *Brazilian Applied Science Review*, v. 5, n. 1, p. 257–272, 2021.

OLIVEIRA, G. A.; TRENTIN, M. G.; LIMA, J. D. de; MOTTA, J. L. P.; CANTELLI, R. P. Lighting in the shackling area: conciliating broiler welfare with labor comfort. *Revista Brasileira de Ciência Avícola / Brazilian Journal of Poultry Science*, v. 16, p. 87-92, 2014.

PACASSA, F.; ZANIN, A.; VILANI, L.; LIMA, J. D. de. Análise de viabilidade econômica da implantação da robotização da ordenha em uma propriedade rural familiar. *Custos e @gronegócio online*, v. 18, p. 363-386, 2022.

PETRI, J. M. *Proposta de um framework de avaliação de projetos de investimento em inovação tecnológica de startup*. 2021. 143 p. Dissertação. (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco. 2021.

PIOVESAN, G. T.; LIMA, J. D. de; OLIVEIRA, G. A. Viabilidade econômica da automação de equipamentos: estudo de caso em fábrica de ração suína utilizando a MMIA. *Custos e @gronegócio online*, v. 17, p. 145-165, 2021.

REDISKE, G.; LORENZONI, L. P.; RIGO, P. D.; SILUK, J. C. M.; MICHELS, L.; MARCHESAN, T. B. The impact of the COVID 19 pandemic on the economic viability of distributed photovoltaic systems in Brazil. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, v. 41, n.5, p. 1–9, 2022.

ROSA, A. R. O.; GASPARIN, F. P. Panorama Da Energia Solar Fotovoltaica No Brasil. *Revista Brasileira de Energia Solar*, v. 7, p. 140–147, 2016.

ROSA, C. O. DA; GARCIA, R. G.; COSTA, J. S. DA; NÄÄS, I DE A.; LIMA, N. D. DA S. Análise econômica da implantação de um sistema de iluminação LED em aviário dark house: um estudo de caso. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, v. 19, n. 1, p. 23-30, 2017.

SAAPR, Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná. *Paraná Energia Rural Renovável*. Disponível em: < <https://www.agricultura.pr.gov.br/Pagina/Parana-Energia-Rural-Renovavel>>. Acesso em: 22 maio. 2022.

SILVA, K. P.; LIMA, J. D. de; MALACARNE, K.; CARICIMI, R. Análise da viabilidade econômica da automação de processo: estudo de caso em uma cooperativa agroindustrial avícola. *Custos e @gronegocio online*, v. 15, p. 537-555, 2019.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. *Decisões financeiras e análises de investimentos: conceitos, técnicas e aplicações*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. *Metodologia multi-índice: um novo olhar sobre a avaliação de planos de negócios*. 1. ed. 150 p. Lisboa: Lisbon International Press, 2022.

SRF, Secretaria da Receita Federal do Brasil. *Instrução normativa SRF nº 162, 31 de dezembro de 1998*. Disponível em:

<http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?idAto=15004&visao=original>. Acesso em: 18 Junho 2022.

THESARI, S. S.; LIZOT, M.; TROJAN, F. Municipal public budget planning with sustainable and human development goals integrated in a multi-criteria approach. *Sustainability*, v. 13, n. 19, p. 10921, 2021.

TOMAZINI, C. E. G.; SANTOS, E. P.; ABATTI, L.; BORSATTI, A. C.; TAVARES, B.; LIMA, J. D. de. Análise de viabilidade econômica da produção de physalis em estufa como

Teixeira, A. de B.; Lizot, A.; Dranka, G.G.; Trentin, M.G.; Lima, J.D. de.  
opção de renda para a agricultura familiar. *Custos e @gronegocio online*, v. 17, ed. Especial,  
p. 161-183, 2021.