

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ANTONIO CARLOS FRANCO

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DE ENERGIA
FOTOVOLTAICA EM PARQUES INDUSTRIAIS

DISSERTAÇÃO

PONTA GROSSA

2021

ANTONIO CARLOS FRANCO

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DE ENERGIA
FOTOVOLTAICA EM PARQUES INDUSTRIAIS**

**Economic and financial feasibility analysis of photovoltaic energy
in industrial parks**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção, do Programa de Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Cassiano Moro Piekarski

Coorientador: Prof. Dr. Daniel Poletto Tesser

PONTA GROSSA

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



ANTONIO CARLOS FRANCO

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM PARQUES
INDUSTRIAIS**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Engenharia De Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Gestão Industrial.

Data de aprovação: 24 de Fevereiro de 2021

Prof Cassiano Moro Piekarski, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Antonio Carlos De Francisco, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Daniel Poletto Tesser, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Fabio Neves Puglieri, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Wesley Vieira Da Silva, Doutorado - Universidade Federal de Alagoas (Ufal)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 06/04/2021.

Dedico este estudo a todos os familiares
que auxiliaram de forma direta ou indireta
durante estes dois anos de dedicação na
elaboração deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, me permitindo vivenciar este momento tão especial de concluir o Mestrado em Engenharia de Produção e por me fazer corajoso e forte em todos os momentos. Somente Ele sabe das situações árduas que passei e, agora, posso celebrar com felicidade e agradecer por essa vitória alcançada.

Meus sinceros agradecimentos a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) desde a graduação, realização do intercâmbio na França até a obtenção deste diploma de mestrado, por meio da estrutura e professores que ajudaram na conclusão deste estudo. Também ao Laboratório de Estudos em Sistemas Produtivos Sustentáveis (LESP) por meio dos professores, colegas e infraestrutura no processo de aprendizado durante este período.

Um agradecimento em particular aos meus orientadores, Prof. Dr. Cassiano Moro Piekarski e Dr. Daniel Poletto Tesser, que me orientaram neste trajeto dispondo seu tempo, serenidade, atenção e segurança. Suas sugestões foram substancialmente conduzidas para o rumo deste trabalho. Aos professores Antonio Carlos de Francisco, Fabio Neves Puglieri e Wesley Vieira da Silva, membros da banca, pelas importantíssimas contribuições ao aperfeiçoamento deste trabalho.

À minha amada Luciane, por estar comigo em toda esta etapa de pesquisa em minha vida. Por se mostrar paciente e perseverante, dividindo comigo todos as conquistas e desafios para chegar até este momento especial. Sou extremamente agradecido pelas sugestões e conversas neste período. Você estava próxima para me fazer insistir e nunca desistir do meu objetivo principal de vida. A minha querida mãe Arlete, sou constantemente agradecido pelo amor e colaboração. Mesmo longe durante o período inicial do mestrado, me incentivou a permanecer neste caminho e jamais abandonar os meus objetivos, proporcionando capacidade necessária de me tornar responsável e capacitado naquilo que faço.

À Fundação Araucária pelo apoio financeiro para a realização do mestrado e desta dissertação na UTFPR.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio junto ao PPGEP.

RESUMO

FRANCO, Antonio Carlos. **Análise de viabilidade econômico-financeira de energia fotovoltaica em parques industriais**. 2021. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção – Universidade Tecnológica Federal do Paraná). Ponta Grossa, 2021.

As alternativas de energias renováveis se destacam como possibilidades sustentáveis para a redução das emissões dos gases responsáveis pelo efeito estufa, diversificação da matriz energética, eficiência na gestão energética industrial e estimular a sustentabilidade como um ambiente estratégico. Este trabalho objetiva analisar alternativas de energias renováveis viáveis econômica e financeiramente em parques industriais. Deste modo, o estudo contribui para o avanço do conhecimento no uso de alternativas de energias renováveis em processos industriais e áreas administrativas, e conseqüentemente, reduzindo a participação de fontes não renováveis na matriz energética. No estudo foi descrito o cenário de participação das alternativas de energias renováveis na matriz energética industrial, evidenciando os potenciais de expansão destas fontes de energia para incentivar o processo de descentralização da oferta de energia entre o aumento da produção e o desenvolvimento econômico. A identificação das disponibilidades e custos de cada uma das alternativas de energias renováveis mapeadas nos parques industriais foi alcançado com a construção dos dados o potencial de geração de cada energia e o interesse técnico na análise dos gerentes de produção. A alternativa de energia renovável selecionada para análise de viabilidade econômica foi a energia solar fotovoltaica. O projeto de energia solar fotovoltaica se mostra viável para os parques industriais analisados, sem considerar valores de investimentos específicos em infraestrutura de coberturas. Na localidade B e D, a área industrial interna necessária é suficiente para necessidades técnicas. Na localidade A e C, há insuficiência de área interna das plantas para instalar as placas solares fotovoltaicas, contudo, a área interna disponível nas empresas é um fator determinante como variável para o sucesso de um projeto de energia fotovoltaica. Quanto aos resultados de engenharia econômica para a localidade A, o Valor Presente Líquido (VPL) é o menor em relação as outras localidades e o *payback* descontado foi estimado em 117 meses. Na localidade B, o investimento para a instalação do projeto solar fotovoltaico é o maior e o *payback* descontado foi 133 meses. Na localidade C, o VPL do projeto é o equivalente a R\$13.887.681,42 e o *payback* descontado foi 45 meses. Na localidade D, o VPL do projeto é o equivalente a R\$5.941.318,69 e o *payback* descontado foi 66 meses. Os resultados mostram, ainda, análises de sensibilidade e de cenários para os quatros parques industriais analisados.

Palavras-chave: Energias Renováveis; Fotovoltaica; Eficiência Energética; Viabilidade Financeira, Viabilidade Econômica.

ABSTRACT

FRANCO, Antonio Carlos. **Economic and financial feasibility analysis of photovoltaic energy in industrial parks.** 2021. 104 p. Thesis (Master's in Production Engineering) - Postgraduate Program in Production Engineering - Federal University of Technology - Paraná. Ponta Grossa, 2021.

Renewable energy alternatives stand out as sustainable possibilities for the reduction of greenhouse gas emissions, diversification of the energy matrix, efficiency in industrial energy management and stimulation of sustainability as a strategic environment. This work aims to analyze renewable energy alternatives that are economically and financially viable in industrial parks. Therefore, the study contributed to the advancement of knowledge in the use of renewable energy alternatives in industrial processes and administrative areas, and consequently, reduce the participation of non-renewable sources in the energy matrix. The study described the scenario for the participation of renewable energy alternatives in the industrial energy matrix, highlighting the potential for expansion of these energy sources to encourage the process of decentralization of energy supply between the increase in production and economic development. The identification of the availability and costs of each of the renewable energy alternatives mapped in the industrial parks was achieved with the construction of the data, the generation potential of each energy and the technical interest in the analysis of the production managers. The renewable energy alternative selected for economic feasibility analysis was the photovoltaic solar energy. The photovoltaic solar energy project proves to be feasible for the industrial parks analyzed, without considering values of specific investments in roofing infrastructure. In Location B and D, the necessary internal industrial area is sufficient for technical needs. In the plants in Location A and C, there is insufficient internal area of the plants to install the photovoltaic solar panels. However, the internal area available at companies is a determining factor as a variable for the success of a photovoltaic energy project. As for the economic engineering results for the Location A, the Net Present Value (NPV) is the lowest compared to other countries and the discounted payback was estimated at 117 months. In Location B, the investment for the installation of the photovoltaic solar project is the largest and the discounted payback was 133 months. In Location C, the NPV of the project is equivalent to R\$ 13,887,681.42 and the discounted payback was 45 months. In Location D, the project's NPV is equivalent to R\$ 5,941,318.69 and the discounted payback was 66 months. The results show sensitivity and scenario analyzes for the four industrial parks analyzed.

Keywords: Renewable Energies; Photovoltaic; Energy Efficiency; Financial Feasibility, Economic Feasibility.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estrutura da dissertação	17
Figura 2 - Etapas dos Procedimentos Metodológicos	27
Figura 3 - Matriz energética das Localidades A, B, C e D (em MJ %)	42
Figura 4 - Fluxo de caixa das Localidades A, B, C e D	63
Figura 5 - Análise de sensibilidade dos parques industriais (Localidade A e B) em termos de VPL.....	66
Figura 6 - Análise de sensibilidade dos parques industriais (Localidade C e D)	67
Figura 7 – Análise de cenários dos parques industriais (VPL e TIR)	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação da Pesquisa	26
Quadro 2 – Resumo dos Procedimentos Metodológicos	28
Quadro 3 – Especialistas dos parques industriais.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Portfólio final com os filtros aplicados	30
Tabela 2 - Dados técnicos para a instalação das placas	45
Tabela 3 – Estimativa de geração mensal de energia elétrica (MWh) (Localidade A)	46
Tabela 4– Taxas adotadas na viabilidade econômico-financeira na Localidade A ...	47
Tabela 5 – Dados técnicos para a instalação das placas.....	49
Tabela 6 - Estimativa de geração mensal de energia elétrica (MWh)	50
Tabela 7 - Taxas adotadas na viabilidade econômico-financeira	50
Tabela 8 - Dados técnicos para a instalação das placas	53
Tabela 9 - Estimativa de geração mensal de energia elétrica (MWh)	53
Tabela 10 - Taxas adotadas na viabilidade econômica.....	54
Tabela 11 - Dados técnicos para a instalação das placas	56
Tabela 12 – Estimativa de geração mensal de energia elétrica (MWh)	57
Tabela 13 - Taxas adotadas na viabilidade econômico-financeira	58
Tabela 14 - Resultados dos cálculos de engenharia econômico-financeira do projeto fotovoltaico	59
Tabela 15 - Potencial de geração fotovoltaica dos parques industriais.....	60
Tabela 16 - Custos dos equipamentos em cada parque industrial.....	61
Tabela 17 – Valores máximos possíveis na cobertura nos parques industriais	64
Tabela 18 – Cotação da cobertura (<i>Carport</i>) nos parques industriais.....	64
Tabela 19 – Pontos máximos e mínimos dos parques industriais.....	71

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

LISTA DE ABREVIATURAS

CH ₄	Gás metano
CO ₂	Gás dióxido de carbono
J	Joule
SD	<i>Science Direct</i>
WoS	<i>Web of Science</i>

LISTA DE SIGLAS

CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
FI	Fator de Impacto
GRI	<i>Global Reporting Initiative</i>
IR	Índice de Rentabilidade
JCR	<i>Journal Citation Report</i>
PDE	Plano Decenal de Expansão de Energia
PPGEP	Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
PSA	<i>Pressure Swing Adsorption</i>
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
VPL	Valor Presente Líquido
VW	Volkswagen

LISTA DE ACRÔNIMOS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
COMPAGAS	Companhia Paranaense de Gás
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EPEAC	<i>Empresa Provincial de Energía de Córdoba</i>
JAC	<i>Jianghuai Automobile Co</i>
LESP	Laboratório de Estudos em Sistemas Produtivos Sustentáveis
TIR	Taxa Interna de Retorno

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	15
1.1.1 Objetivo Geral	15
1.1.2 Objetivos Específicos	15
1.2 JUSTIFICATIVA	15
1.3 ADERÊNCIA À ÁREA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO, LINHA DE PESQUISA E GRUPO DE PESQUISA	16
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 ALTERNATIVAS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS	18
2.3 MERCADO DE ENERGIA	21
2.4 FLUXOS DE MANUFATURA INDUSTRIAIS	23
2.5 VIABILIDADE ECONÔMICA INDUSTRIAL	24
3 METODOLOGIA	26
3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	26
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	27
3.2.1 Etapa Base - Revisão Bibliográfica	29
3.2.2 Etapa 1 - Mapeamento das Matrizes Energéticas dos Parques Industriais ...	32
3.2.3 Etapa 2 – Identificação das Disponibilidades e Custos de cada uma Alternativas de Energias Renováveis Mapeadas nas Localidades A, B, C e D.	33
3.2.4 Etapa 3 – Análise de Viabilidade Econômico-Financeira das Gerações de Energias Mapeadas	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
4.1 MAPEAMENTO DAS MATRIZES DE ENERGIA ELÉTRICA DOS PARQUES INDUSTRIAIS	40
4.1.1 Matriz da Localidade A	40
4.1.2 Matriz da Localidade B	40
4.1.3 Matriz da Localidade C	41
4.1.4 Matriz da Localidade D	41
4.1.5 Análise Geral	41
4.2 IDENTIFICAÇÃO DAS DISPONIBILIDADES E CUSTOS EM CADA UMA DAS ALTERNATIVAS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS MAPEADAS NAS LOCALIDADES	43
4.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMIO-FINANCEIRA DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	44
4.3.1 – Análise de viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica na Localidade A	44
4.3.2 – Análise de viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica na Localidade B	48

4.3.3 – Análise de viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica na Localidade C	52
4.3.4 – Análise de viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica na Localidade D	55
4.3.5 – Análise Geral dos resultados de viabilidade econômico-financeira	59
4.3.5.1 – Análise da sensibilidade dos parques industriais	65
4.3.5.2 – Análise de cenários dos parques industriais	74
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
5.1 DIFICULDADES E LIMITAÇÕES DO TRABALHO	79
5.2 SUGESTÕES DE ESTUDOS FUTUROS.....	80
REFERÊNCIAS.....	81
APENDICE A - CARACTERÍSTICAS DOS ARTIGOS ENCONTRADOS NA LITERATURA	88
APENDICE B – ASPECTOS DO PORTFÓLIO FINAL	95
APENDICE C – PROCEDIMENTO DE VIABILIDADE TÉCNICA DOS TIPOS DE ALTERNATIVAS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS	
101	

1 INTRODUÇÃO

Estimulada pela crise no petróleo, a procura por energias renováveis se torna acentuada, depois da década de 1970. Tal evento motivou investimentos na produção de eletricidade com base em fontes alternativas. Ocorre que a utilização das alternativas de energias renováveis contribuiu para a diminuição da queima de combustíveis fósseis e da emissão de gases poluentes, diversificando a matriz energética (ANTON; NUCU, 2020), evidenciando, assim, que as alternativas de energias renováveis são recursos que estimulam um impacto ambiental menor (FIEP, 2020).

A introdução de energia produzida por alternativas renováveis na matriz elétrica acontece não apenas com a inclusão de parques industriais, mas também com o ingresso na geração distribuída conectada com a rede de distribuição. O desenvolvimento da mini e microgeração possibilita novos investimentos em parques geradores e linhas de transmissão (COMERC, 2020).

O constante monitoramento do consumo de energia em parques industriais, além da integração de indicadores do Sistema de Gestão Ambiental, sinaliza uma temática prioritária em relação aos impactos ambientais e custos operacionais de produção. Iniciativas como o setor de Energia e o Comitê de Eficiência Energética, além do monitoramento frequente do consumo de energia em parques industriais, integram indicadores do Sistema de Gestão Ambiental. A redução do consumo de energia, entre outros indicadores, abrange funcionários em várias áreas na procura por melhores resultados no desempenho em consumo energético em parques industriais (CCEE, 2020; EPE, 2020).

Muitos parques industriais utilizam o gás natural para os processos de produção que demandam aquecimento. O gás natural também é utilizado em sistemas de calefação das plantas e áreas administrativas. Outra possibilidade em parques industriais é o uso de resíduos de madeira (biomassa) para aquecimento de água, reduzindo a participação de opção não renovável na matriz energética (FERREIRA et al. 2018).

De fato, o uso de alternativas de energias renováveis em parques industriais ocorre em várias áreas e vem se destacando. Os potenciais de utilização no campo em âmbito global foram demonstrados por vários setores e pesquisadores, como:

inovações tecnológicas industriais em alternativas de energias renováveis (ANTON; NUCU, 2020), investimentos em pesquisas em alternativas de energias renováveis (WILLIAMS, 2015), combustível veicular (THOMSON, 2017; ARENA, 2018), rede de distribuição de gás (CARRIER, 1974; HALL; HALL, 1993), e geração de eletricidade (SALVADOR et al. 2018).

No Brasil, o parque industrial eólico da Honda Energy, criado em 2014, no município de Xangri-lá (RS) é iniciativa estimulada pelo comprometimento da Honda Automóveis em reduzir o impacto ambiental, como a redução na emissão de gases poluentes e a redução na dependência pelos combustíveis fósseis. O parque conta, atualmente com 9 aerogeradores, com uma capacidade total de 27,7MW, em uso pleno, alcançando a produção de 85.000 MW/ano (HONDA ENERGY, 2020).

A Volvo da Carolina do Sul, nos Estados Unidos, realiza as suas atividades em prol da neutralidade climática nas operações de fabricação até 2025 e, atualmente, cerca de 80% do parque industrial é gerado pela eletricidade renovável, sendo grande parte de energia solar fotovoltaica. A Volvo criou o seu próprio carro elétrico, seguindo os mesmos passos de montadoras como a BMW, e Mercedes-Benz, entre outras (VOLVOCARS, 2019). No Brasil, o parque industrial da Volkswagen conquistou a ISO 50001, uma certificação inédita no Sistema de Gerenciamento de Energia, que atesta a eficiência energética. A Volkswagen, no interior do Estado de São Paulo, no Brasil, tem uma Pequena Central Hidrelétrica própria, com uma geração estimada em 100.000 MWh/ano, suficiente para uma cidade de 50 mil habitantes (VW NEWS, 2020).

Pautando-se na literatura, esta investigação parte do problema de pesquisa: **“Qual a viabilidade econômica e financeira para instalações de energia solar fotovoltaica em parques industriais?”**

Deste modo, esta dissertação poderá contribuir, tanto em aspecto prático quanto teórico, para o avanço do conhecimento no uso de alternativas de energias renováveis para os processos industriais de produção e, conseqüentemente, reduzindo a participação de fontes não renováveis na matriz energética.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade econômica e financeira de instalações de energia solar fotovoltaica em parques industriais.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Mapear a matriz energética atual dos parques industriais;
- Mapear as alternativas de energias renováveis disponíveis em cada localização dos parques industriais;
- Identificar as disponibilidades técnicas de cada uma das alternativas de energias renováveis mapeadas nos parques industriais e;
- Apontar variáveis e premissas críticas para os projetos analisados.

1.2 JUSTIFICATIVA

A justificativa é norteada por alguns fatores, a saber: primeiramente, o estudo ajuda no desenvolvimento da gestão industrial e nos projetos para viabilizar novas perspectivas direcionando o desenvolvimento e o uso de alternativas de energias renováveis, viáveis econômica e financeiramente para a indústria.

Entre os potenciais benefícios para os parques industriais, no âmbito econômico, estão: a potencial redução de gastos com energia e o monitoramento simultâneo do sistema em relação à quantidade de eletricidade gerada por alternativa de energia renovável. Além disso, os benefícios ambientais incluem as certificações sustentáveis para agregar valor sustentável às marcas, como um diferenciador de competição e o comprometimento social. Entre os benefícios técnicos, destaca-se a segurança na distribuição da eletricidade por meio da diversificação da matriz energética como solução para apagões e solução para os frequentes racionamentos de energia devido aos baixos níveis dos reservatórios. Finalmente, no âmbito financeiro, aponta-se para o crescimento e o processo de fidelização dos consumidores por meio das atividades sustentáveis, favorecendo a valorização dos parques industriais, contemplando ainda o mercado de ações.

O estudo envolve os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), ODS 7, ODS 8, ODS 9, ODS 12 e ODS 13. As alternativas de energias renováveis contribuem para o ODS 7 e colocam desafios aos modelos de negócios e as vantagens competitivas dos parques industriais (BELEYA et al., 2020; ONU, 2020). O trabalho colabora com a identificação e a análise de variáveis críticas e importantes que podem influenciar na viabilidade de projetos similares futuros.

1.3 ADERÊNCIA À ÁREA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO, LINHA DE PESQUISA E GRUPO DE PESQUISA

Primeiramente, a dissertação está relacionada com o âmbito da Engenharia de Produção, envolvendo as áreas de Engenharia Econômica e Engenharia de Sustentabilidade. Este campo de estudo da Engenharia de Produção, retrata o contexto de pesquisa desta dissertação no uso eficaz de recursos econômicos e dos recursos naturais. Nesta perspectiva, o trabalho se consolida com os conceitos apresentados pela linha de pesquisa Gestão do Conhecimento e da Inovação, e no projeto de pesquisa Sistemas Produtivos Sustentáveis. Este trabalho proporciona fatores organizacionais e tecnológicos com a linha de pesquisa sugerida de estudo para esta dissertação (UTFPR, 2021).

No que diz respeito à Linha de Pesquisa: Gestão do Conhecimento e Inovação, esta dissertação demonstra significativas e atuais descobertas sobre os avanços e desafios das tecnologias no uso de energias limpas em diversos setores industriais.

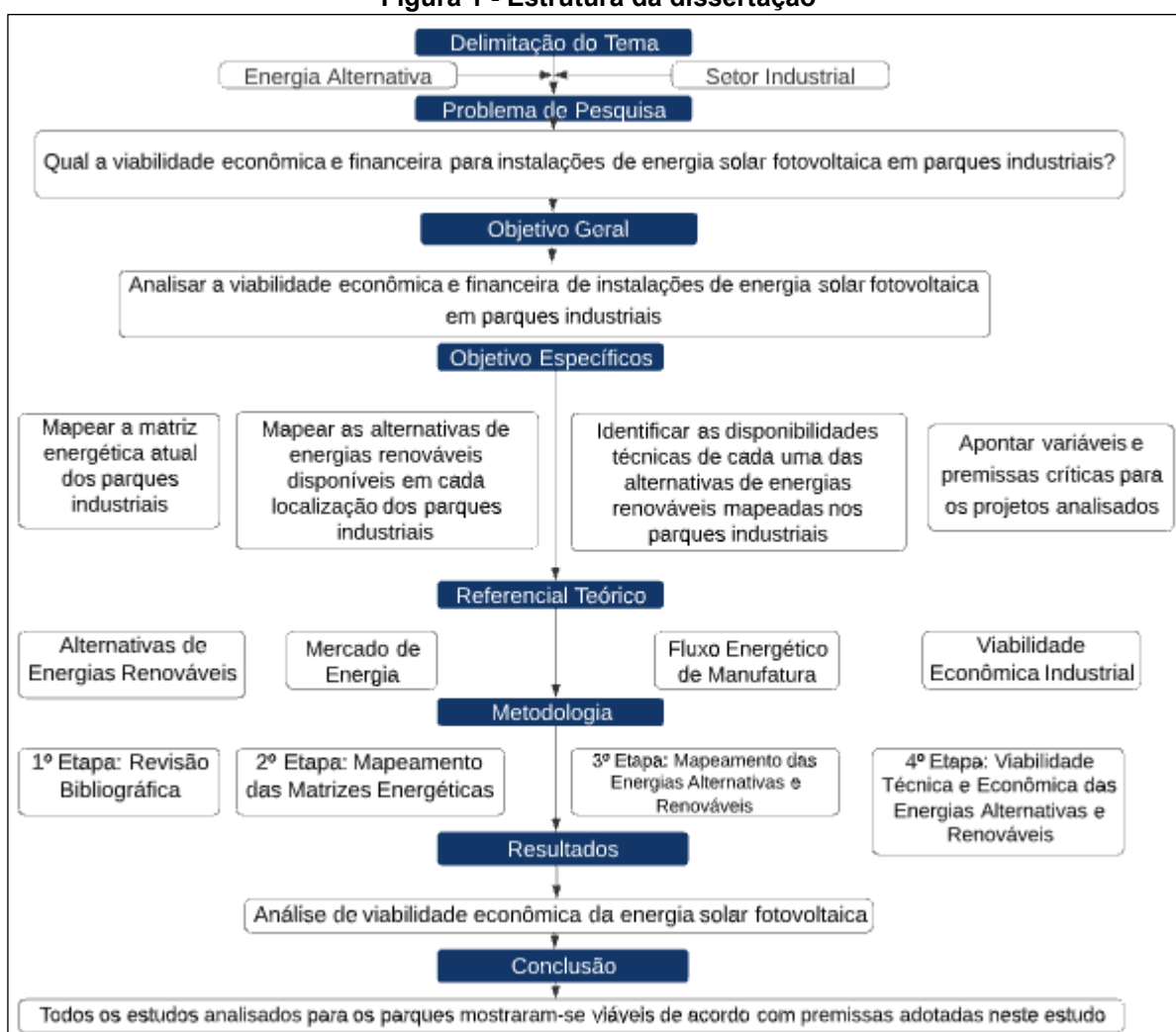
Neste caso, a geração de conhecimento e inovação são fatores do Grupo de Pesquisa dentro do Laboratório de Estudos em Sistemas Produtivos Sustentáveis (LESP) criado desde 2011, como um grupo de pesquisa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Ponta Grossa. O Laboratório enfatiza estudos importantes em vários setores de pesquisa da Engenharia de Produção e do ramo industrial. O comprometimento deste grupo é conduzido pela evolução em estudos e apoio em negócios, com a finalidade de estimular a sustentabilidade como ambiente estratégico (LESP, 2019). O uso de alternativas de energias renováveis favorece a potencial diminuição na intensidade de emissões de gases de efeito estufa no setor industrial, promovendo o desenvolvimento de novos modelos de tecnologias sustentáveis e aumento na infraestrutura de baixo carbono. Este contexto retrata uma alavanca de

possibilidades para novas soluções de eficiências energéticas, buscando o desenvolvimento da competição e a expansão da economia.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos. Inicialmente, demonstram-se as considerações iniciais sobre a temática da análise de alternativas de energias renováveis para viabilização de estudos de implementação na indústria. Portanto, a dissertação está estruturada conforme com a **Erro! Autoreferência de indicador não válida.**, a partir do fluxograma.

Figura 1 - Estrutura da dissertação



Fonte: O autor (2021)

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Apresenta-se neste capítulo uma abordagem teórica referente aos setores de estudos analisados nesta pesquisa. Os tópicos de discussão foram respectivamente: Alternativas de energias renováveis, mercado de energia, fluxos de manufatura industrial, matrizes de consumo energético industrial e a viabilidade econômica associados ao nível industrial.

2.1 ALTERNATIVAS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

As alternativas de energias renováveis são abundantes no ecossistema e virtualmente inesgotáveis em relação aos combustíveis fósseis, não apresentando riscos de extinção: alguns exemplos são a radiação solar, o vento e a água (YASEEN et al., 2020). Entre as alternativas de energias renováveis, existem: o biogás, a energia hidrelétrica, a energia eólica, a energia solar, a energia geotérmica entre outras. As alternativas de energias renováveis se apresentam como oportunidades energéticas com menor impacto ambiental em relação as fontes não renováveis, portanto, uma alternativa interessante na modificação da atual matriz energética industrial. O uso de alternativas de energias renováveis, devido ao fato de serem inesgotáveis e limpas, contribui para uma aplicação de mais longo prazo. Entre suas vantagens está o marketing verde, os benefícios em geral ao meio ambiente e a valorização da marca da indústria (ABBAS et al., 2020).

As alternativas de energias renováveis favorecem tomadas de decisões eficazes e tornar os produtos industriais ainda mais valiosos no mercado. O marketing verde dos parques industriais pode fidelizar e atrair clientes conscientes. A economia no consumo energético contribui para a realização de investimentos no setor industrial, tornando-o mais atrativo, incluindo a modernização dos parques industriais (HEFFRON et al. 2020).

Dentre as alternativas de energias renováveis existentes para implementação e diversificação da matriz energética no setor industrial, tanto em aspecto técnico, econômico e ambiental, se destacam a energia do biogás, a energia eólica, a energia hidráulica e a energia solar. Cada tipo de energia apresenta as suas vantagens e

desvantagens, necessitando de uma análise criteriosa para inserção como fonte limpa de energia em parques industriais (GORDIC et al., 2010).

A energia solar é limpa, renovável e abundante, com grande potencial de se mostrar mais competitiva em aspectos produtivo e financeiro. Por isso mesmo, a análise da aplicabilidade de sistemas dessa natureza em parques industriais costuma proporcionar grandes expectativas (ASUMADU-SARKODIE; OWUSU, 2016). Ocorre que os processos de microgeração em energia solar, que requerem a criação de programas de iniciativa governamental ou privada, fornecem à população a oportunidade de aprender sobre o funcionamento dos sistemas de geração fotovoltaica conectados à rede, os seus benefícios e as possíveis barreiras (BARBIER; FANELLI, 1977; GARCIA; NOGUEIRA; BETINI, 2018).

A energia fotovoltaica é uma alternativa interessante para a descentralização nos processos de geração de energia, contribuindo para a diferenciação da matriz energética mundial (YANG; ATHIENITIS, 2015; GARCIA; NOGUEIRA; BETINI, 2018). A avaliação econômica em instalações do sistema fotovoltaico e o custo da energia gerado pelas instalações industriais poderão ser estimados por meio de possíveis incentivos de investimento com tarifas mais atrativas (PILLAI; BANERJEE, 2009; ZIUKU; MEYER, 2013).

A oferta da biomassa é vista como fundamental para complementar as carências energéticas tanto da fonte elétrica quanto do gás, e conseqüentemente reduzir o aquecimento global no mundo (BAIN, 1993). Para diminuir a escassez de energia em âmbito mundial, se exige um trabalho em conjunto entre os sistemas de governo e os setores privados, para assim melhor desenvolver a geração de bioenergia e das demais alternativas energéticas renováveis (YASEEN et al.; 2020; YIN; LI, 2017).

Os clientes industriais, residenciais, de serviços, comerciais e fazendas agrícolas, são ainda dominados pelos combustíveis fósseis como fontes primárias de energia, sendo estes normalmente equipados com turbinas a gás e vapor, caldeiras a vapor e aquecedores de água para a geração de eletricidade (BARTON, 1987; PICHLER et al., 2021).

Os parques eólicos oferecem um amplo mercado de forma adequada para o desenvolvimento de fontes limpas de energia (NADALETI; SANTOS; LOURENÇO, 2019). A utilização de turbinas eólicas, propicia inúmeras vantagens para o setor

elétrico em geral, por meio da otimização no uso de recursos naturais e a facilidade de integração da energia gerada na rede elétrica (ARENA et al., 2018). O desenvolvimento de alternativas economicamente em conjunto com os sistemas governamentais e industriais, são potencialmente mais interessantes em relação as atuais fontes de energias sob determinadas condições técnicas e políticas (COLMENAR-SANTOS et al., 2015).

O desenvolvimento de pesquisas e tecnologias relacionadas com geradores de turbinas eólicas possibilita a utilização do vento em meios industriais. Medidas legais entre as políticas públicas e o setor industrial favorecem uma melhora econômica. O aperfeiçoamento tecnológico e científico surge como uma possibilidade viável e real na integração de fontes de energias eólicas na matriz energética mundial (NOTTON et al., 2017; NADALETI; SANTOS; LOURENÇO, 2019).

A promoção e o estímulo da geração de energia a partir de resíduos, requer a implementação de diversos facilitadores em termos de fatores de mercado, financeiros, políticos, institucionais, conscientização e técnicos. Existem evidências positivas sobre o crescimento de diversas fontes renováveis em âmbito mundial com o intuito de substituição das atuais fontes de energias que são utilizadas, por meio da difusão de metas sustentáveis (PILLAI; BANERJEE, 2009).

O desenvolvimento de alternativas de energias renováveis requer modificar os processos de subsídios e das doações de capital para uma melhora no desempenho. A evolução do desempenho de energia contribui para compreender o impacto de distintas intervenções e obter a relação custo-benefício do sistema renovável. A expectativa é que as energias renováveis representem aproximadamente 6% do *mix* de energia até 2022 em parques industriais, sendo que tal projeção pode ainda ser 10% maior a partir de políticas facilitadoras (NADALETI; SANTOS; LOURENÇO, 2019).

A utilização de alternativas de energias renováveis possibilita a redução nas emissões de gases poluentes e, conseqüentemente, nos potenciais danos derivados do aquecimento global. Os combustíveis alternativos revelam grande potencial para serem usados em sistemas de transporte e setores industriais em geral, e assim, contribuem para reduzir a dependência pelos combustíveis fósseis e diminuir seus impactos negativos no meio ambiente (HOSSEINI et al., 2015).

As alternativas de energias renováveis são possibilidades de energias atrativas para projetos sustentáveis a serem implantados em parques industriais em todo o mundo, suas características técnicas e ambientais favorecem sua utilização com a otimização de processos industriais (GORDIC et al., 2010). Entre as alternativas de energias renováveis, o mercado de energia incentiva o crescimento de energético de maneira sustentável e estimula a liberdade de escolha dos clientes pela compra de energia elétrica (COMERC, 2020).

2.3 MERCADO DE ENERGIA

A eletricidade retrata um dos essenciais insumos na cadeia de produção dos parques industriais, sendo, assim, pauta obrigatória de qualquer agenda governamental. O mercado de energia é um ambiente complexo e fundamental incorporado em todo ambiente econômico. Este modelo influencia a energia elétrica do Brasil como um dos essenciais indicadores de desenvolvimento do continente sul-americano, sendo fundamental na prática em diversos campos de ações da população, desde a iluminação e até meios de produção mais complexos de parques industriais (COMERC, 2020).

O mercado de energia representa menos de 20% da eletricidade comprada em alguns países. Em complemento com este desenvolvimento, ocorreram diversas mudanças no mercado de energia elétrica, sendo atualmente a energia elétrica vendida como uma *commodity* em um mercado que está cada vez mais apresentando oscilações. No Brasil, aproximadamente 25% do todo volume de energia elétrica consumida vendida tem origem do mercado livre (COMERC, 2020).

Em parques industriais, a compra de energia pode ser atrativa, dados os baixos custos praticados devido a oferta de energia. Dependendo da política regulamentadora e a partir de taxas e tempo de vinculação para a compra de energia, isto ressalta na escolha do fornecedor e um livre acesso aos sistemas de transmissão e distribuição, e resultando, assim, em flexibilidade de contrato conforme o consumo de energia. Nas duas últimas décadas, as indústrias contratavam energia de empresas estatais: não havia concorrência e os consumidores eram cativos, assim, as tarifas eram reguladas. Atualmente, o Produtor Independente de Energia (PIE) incentiva a participação privada para a produção de energia (COMERC, 2020).

Os principais problemas que dificultam a rápida expansão das energias renováveis são: os preços da energia; os diversos países que subsidiam direta ou indiretamente os combustíveis fósseis e a energia nuclear (BOYLE, 1994; EPE, 2020).

Países da Europa, como Itália, Holanda e Noruega, com elevada demanda de importação de petróleo, estimularam a criação de programas para incentivos fiscais que viabilizam apoio às pesquisas, à assistência com financiamento e ao estabelecimento de padrões de desempenho do petróleo (ZHANG et al., 2019). O avanço de contratos para que o desempenho, qualidade da energia e sua constância são assegurados pelos fornecedores e exigidos pelos consumidores, é fundamental para estabelecer uma relação de confiança entre eles (ADARAMOLA; VAGNES, 2015; ABDULRAHMAN; HUISINGH, 2018).

Existe uma necessidade de se prover um conjunto de políticas coordenadas e sustentadas para divulgar a real função das energias renováveis, com condições de concorrência mais equilibradas para competição de alternativas de energias renováveis com o mercado de energia tradicional, assim, favorecendo em uma abordagem mais proativa, que reflita na segurança energética e nas inquietações ambientais, ajudando no desenvolvimento industrial (YASEEN et al.; 2020).

A cooperação por meio de estratégias deve acontecer de forma coordenada, podendo em alguns anos estimular uma visão no fornecimento de eletricidade, com valores agregados de todas as energias renováveis, e que, assim, a geração de eletricidade propicie os maiores benefícios para a sociedade (EPE, 2020).

O uso do mercado livre de energia assegura os investimentos realizados pelas indústrias para sua expansão energética e os ganhos de eficiência. A compra de energia como boas práticas de implementação industrial em mercados de eletricidade, repercute em diversas discussões técnicas, industriais e acadêmicas (COMERC, 2020).

A introdução de elementos que tornem o mercado livre de energia mais atrativo por meio dos preços representa uma melhoria nos investimentos para a expansão energética industrial. O apoio dos sistemas públicos é imprescindível para que não ocorra instabilidade jurídica, e cada elevação de preços de mercado (BOYLE, 1994).

Em cenário de mudanças são frequentes os aperfeiçoamentos com o objetivo de otimizar o funcionamento do mercado de energia elétrica. Este mercado procura reduzir riscos para seus consumidores em relação ao custo atual de energia em longo,

médio e curto prazos (EPE, 2020). Os investimentos para o aumento da participação industrial no mercado livre de energia são pautados em experiências positivas vivenciadas no mundo, devidamente adequadas com as particularidades do setor elétrico industrial relacionado aos fluxos produtivos energéticos de manufatura em parques industriais (COMERC, 2020).

2.4 FLUXOS DE MANUFATURA INDUSTRIAIS

Fluxos de manufatura industriais, são processos de modificação de matéria-prima para produtos industriais terminados com propósito de comércio. O conceito envolve uma diversidade de atividades humanas, começando pelo artesanato até a alta tecnologia, destinada à produção industrial (CARVALHO et al., 1998). Os fluxos de manufatura industriais encerram conceitos de processos de produção e operações de bens de fabricação com base na transformação de matérias-primas ou insumos (DE LARA FILHO et al., 2019).

Entre as alternativas de energias renováveis, aproximadamente, 80% das placas solares em comercialização no mundo são produzidas a partir de células fotovoltaicas em silício (NOTTON et al., 2017). A geração de energia em parques industriais é uma forma importante para atender as demandas energéticas, assim, é forçosa a diminuição de fontes de recurso não renováveis. Afinal, uma possibilidade para a redução no consumo de energia industrial é a melhoria na eficiência energética, com novos métodos que envolvem os equipamentos, o controle e os processos vinculados com as atividades produtivas (YIN; LI, 2017; AZZOUNI et al., 2019).

A mecanização em processos de manufatura para o tratamento de efluentes é usada em âmbito industrial, sendo considerada como uma solução alternativa, permitindo recuperar a matéria orgânica disponível na forma de energia renovável (AZZOUNI et al., 2019). O processo biológico de metanização usado no tratamento de efluentes é adotado amplamente em resíduos industriais, valorizando a parte da matéria orgânica que é facilmente encontrada em processos de energia renovável, assim, usados em atividades produtivas da manufatura industrial (DE CLERCQ et al., 2017).

O fluxo de sistema integrado assegura que os subprodutos possibilitem ser reutilizados, reduzindo o desperdício e minimizando a emissão de gases de efeito

estufa, também adequando de maneira vantajosa a transformação dos subprodutos em biogás à geração de uma eletricidade “verde”. Esta “energia verde” apresenta diversas utilidades: entre elas estão à possibilidade de abastecimento de veículos de pequenas, médias ou grandes frotas. Além disso, outra utilidade se evidencia no aquecimento de água de refeitórios ou setores de parques industriais (YIN; LI, 2017).

Os valores de capital estimado com base nos principais equipamentos usados em processos industriais, como bomba, compressor, soprador, absorvedor, decapante, trocador de calor e unidade de membrana, são normalmente usados para a análise de viabilidade econômica preliminar em consumo de energia (BERNARDES; CAMACHO, 2019).

Em fluxos de manufatura, o termo “gerenciamento de energia” é utilizado em várias pesquisas. Os fluxos de manufatura industrial, normalmente são distribuídos em: produção de energia (geração de energia elétrica e caldeiras), transmissão de energia e consumo de energia no processo de produção (DE LARA FILHO et al., 2019).

O uso de fontes limpas de energia em fluxos de manufatura favorece a redução de custos, mas, este não é o único fator que deve ser considerado (GORDIC et al., 2010). A modernização tecnológica nos sistemas de produção, adaptando os parques industriais ao setor energético conforme as demandas de melhorias por energias renováveis e no desempenho ambiental, surge igualmente como um aspecto relevante relacionado às perspectivas de crescimento das alternativas de energias renováveis para os próximos anos (COIMBRA-ARAÚJO et al., 2014).

2.5 VIABILIDADE ECONÔMICA INDUSTRIAL

Os parques industriais demandam investimento em pesquisas para otimizar os gastos em energia, e assim, alcançar uma independência em tarifas flutuantes em diversos tipos de alternativas de energias renováveis (ANYANWU et al., 2008). No Brasil, as resoluções normativas da ANEEL contribuíram para uma evolução de rentabilidade em sistemas de geração e distribuição, tornando-os atrativos para diversos setores como alimentação, industrial e civil, sendo que estes padrões ajudam na equalização do valor de tarifas, mostrando a sua viabilidade econômico-financeira (EPE, 2020).

O estudo de viabilidade econômica em sistemas de instalações industriais para a produção de energia eólica e solar se mostra cada vez mais atrativo. Uma análise de geração de aproximadamente 260 MWh de energia por ano por meio do financiamento do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), (HE; HÄGG, 2014). Os custos para a instalação de painéis solares e inversores de frequência em indústrias diminuíram, resultando em uma melhora na viabilidade dos sistemas de micro redes durante as próximas décadas (DE LARA FILHO; UNSIHUAY-VILA; DA SILVA, 2019).

A rentabilidade indicada pelos estudos para a implantação de alternativas de energias renováveis em atividades produtivas industriais, por meio da geração e distribuição de energia (tanto fotovoltaica, quanto de biogás), possibilita o retorno seguro e em curto prazo de investimentos, dependendo do tamanho e da potência desejada para a geração (BERNARDES; CAMACHO, 2019).

A produção de biometano como uma possibilidade de energia alternativa auxilia a reduzir o desperdício de resíduos orgânicos e no impacto ambiental. Este tipo de energia apresenta diversas aplicações, tanto residenciais quanto industriais (PISUTPAISAL; BOONYAWANICH; SAOWALUCK, 2014).

É importante considerar a Taxa Interna de Retorno (TIR), sendo esta uma taxa única de juros com a síntese dos resultados de rentabilidade do projeto. Afinal, na prática, a TIR sobre um projeto de investimento é o retorno indispensável, retratando um VPL zero no uso como taxa de desconto (DE SILVA et al., 2009). Por isso, calcular a TIR não demanda consideração de outras taxas mínimas de desconto – tudo orbita em torno da taxa para a qual o VPL é nulo, traduzindo-se, então, no patamar mínimo de retorno para um projeto se mostrar aceitável ou não do ponto de vista de retorno financeiro (NJOKU; OMEKE, 2020).

Há ainda o expediente do *payback*, que é o período de retorno ou o prazo para o processo de recuperação do capital. No âmbito prático, não é o melhor instrumento de avaliação de viabilidade econômica, pois, entre outros, é comum que ocorra fluxo de caixa de valor variável ao longo do tempo. No geral, quanto menor for o *payback*, o resultado do investimento é melhor, mas dadas suas restrições, o *payback* descontado considera a taxa de juros em relação ao cálculo do período gasto. O *payback* indica qual é o período para o investidor retomar a aplicação que foi investida, após iniciar a obtenção dos ganhos de capital (OLIVEIRA, 2008).

3 METODOLOGIA

Neste capítulo, são apresentados os procedimentos metodológicos a tipologia da pesquisa, ambos utilizados para identificar e avaliar as relações do pelo pesquisador visando alcançar os objetivos de pesquisa propostos. As atividades são realizadas com o objetivo de preservar o rigor metodológico. Os procedimentos metodológicos estão distribuídos em uma etapa-base relacionada com a revisão bibliográfica, e mais três etapas e, desta forma, alcançar todos os objetivos específicos mencionados e, conseqüentemente, atingir o objetivo geral.

O setor industrial sugerido para análise demonstra inúmeras possibilidades de energias que podem ser investigadas, devido à sua visão de comercialização sustentável e metas para os próximos anos. Na próxima seção, são demonstrados a classificação de pesquisa e os procedimentos metodológicos.

3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Nesta seção, é apresentada a classificação da pesquisa, a saber: objetivos, justificativa pelo método adotado e, também, unidades relacionadas à parte metodológica. A estrutura metodológica deste estudo mostra os elementos metodológicos e suas classificações, conforme com o Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação da Pesquisa

Elementos Metodológicos	Classificação
Natureza	Aplicada
Objetivo	Descritiva-Exploratória
Abordagem	Qualitativa e Quantitativa
Dimensão temporal	Corte Seccional
Método Científico	Indutivo
Coleta de Dados	Documentos organizacionais com a capacidade energética, entrevistas em reuniões estratégicas, <i>websites</i> , cálculo de viabilidade econômico-financeira e relatórios
Ambiente	Pesquisa de Campo
Nível	Industrial

Fonte: O autor baseado em Creswell (2010)

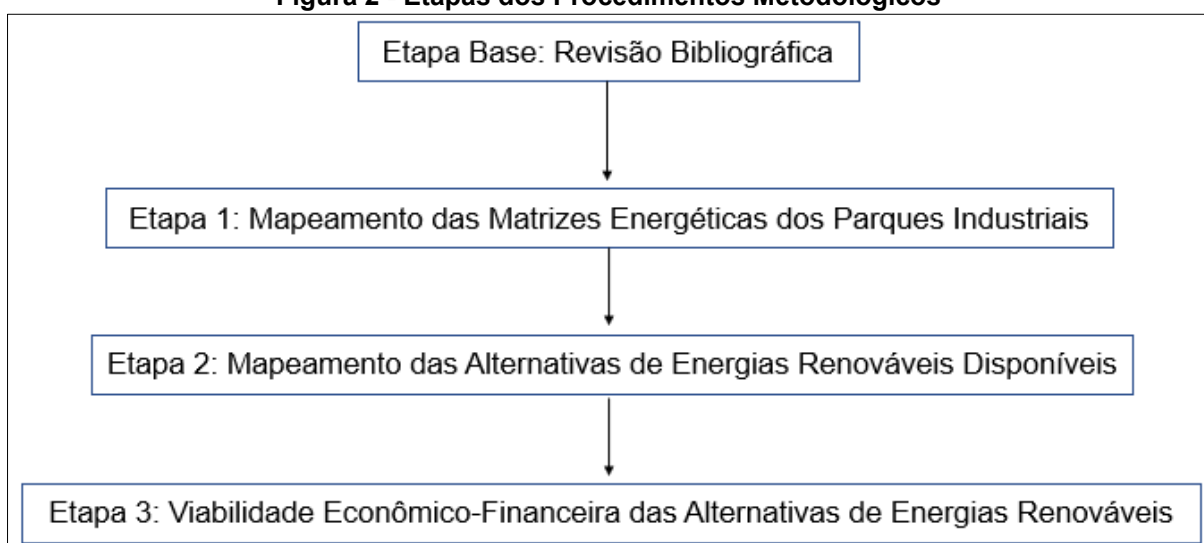
O estudo direciona uma postura para a metodologia qualitativa e quantitativa, com o objetivo de apresentar a viabilidade econômico-financeira de projetos de

alternativas de investimentos em energias renováveis. A metodologia qualitativa envolve entrevistas em reuniões estratégicas do setor energético para o levantamento de custos de energia entre os gerentes e especialistas de eficiência energética. Sendo assim, as entrevistas estão relacionadas com a identificação das matrizes energéticas, a seleção dos tipos de energias viáveis e disponíveis em cada território. A metodologia quantitativa envolve os cálculos de viabilidade econômico-financeira para aplicação no curto e médio prazo sobre alternativas de energias renováveis disponíveis nos parques industriais em cada território.

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos estão distribuídos em uma etapa base e as três etapas conforme exemplificado na Figura 2.

Figura 2 - Etapas dos Procedimentos Metodológicos



Fonte: O autor (2021)

A etapa base consiste na revisão bibliográfica, e as demais três etapas são para o processo de identificação dos critérios para o uso de alternativas de energias renováveis em parques industriais, estas etapas são discutidas a seguir. O Quadro 2 mostra o resumo dos procedimentos metodológicos de todas as etapas de pesquisa até os resultados neste estudo.

Quadro 2 – Resumo dos Procedimentos Metodológicos

Etapas	Objetivos Específicos	Como?	Resultados
Etapa Base	Mapear a matriz energética atual dos parques industriais; Mapear as alternativas de energias renováveis disponíveis em cada localização dos parques industriais	1- Busca em bases de dados; 2-Aplicar da ferramenta <i>methodi ordinatio</i> ; 3- Selecionar o portfólio final com base em critérios de inclusão e exclusão de artigos que foram estabelecidos.	Identificação na literatura sobre as tendências entre as teorias sobre a evolução do setor industrial, alternativas de energias renováveis, mercado de energia, fluxo energético de manufatura, matrizes de consumo energético industrial e a viabilidade econômica industrial.
Etapa 1	Mapear a matriz energética atual dos parques industriais das localidades A, B, C e D.	1-Verificar relatórios 2-Consultar especialistas. 3-Avaliar relatórios internos energéticos e <i>websites</i> . 4-Realizar reuniões estratégicas do setor energético.	Identificação da composição da matriz energética (%) das unidades mencionadas na etapa anterior.
	Mapear as alternativas de energias renováveis disponíveis em cada localização dos parques industriais	1-Verificar relatórios 2- Analisar o Mercado de Energia. 3- Fazer Pesquisa Bibliográfica. 4-Realizar reuniões estratégica do setor energético.	Realização do levantamento de no mínimo 5 tipos de fontes de energias
Etapa 2	Identificar as disponibilidades técnicas de cada uma das alternativas de energias renováveis mapeadas nos parques industriais.	1- Realizar entrevistas, conforme Quadro 3 para eliminar as energias não disponíveis tecnicamente. 2-Elaborar levantamento dos custos de energia sobre os seguintes dados: demanda energética mensal; resíduos gerados ao ano; áreas disponíveis; e o potencial de geração de cada alternativa de energia renovável).	Obtenção dos custos das energias mapeadas
Etapa 3	Apontar variáveis e premissas críticas para os projetos analisados.	1- Implementar uma planilha com os dados das energias mapeadas	Demonstração econômico-financeira das energias mapeadas por meio do Valor Presente Líquido, Índice de Lucratividade, <i>Payback</i> e Taxa Interna de Retorno.

Fonte: O autor (2021)

Para alcançar o objetivo geral deste estudo foram necessários atingir todas as etapas mencionadas para a apresentação da análise de viabilidade econômica dos projetos para aplicação sobre alternativas de energias renováveis disponíveis em cada localização de parques industriais. Para tanto, foram utilizados o Valor Presente Líquido (VPL), Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE), Índice de Lucratividade (IL), Taxa Interna de Retorno (TIR), e *Payback* descontado. As próximas seções mostram detalhadamente como foram realizadas as etapas da pesquisa.

3.2.1 Etapa Base - Revisão Bibliográfica

Para a realização da investigação científica selecionou-se pelo uso de três bases de dados: *Scopus*, *Web of Science* (WoS) e *Science Direct* (SD). A pesquisa das palavras-chave foi realizada usando os operadores Booleanos e símbolos de truncamento. As bases de dados *Scopus*, *Web of Science* (WoS) a *query* foi: ((*feasibility* OR *viability*) AND (*energy*mix* OR *energy*consumption* OR *energy*matrix* OR *energy*mix*) AND (*industry** OR *factory* OR *mill* OR *plant*)), para esta combinação foi utilizada as bases de dados *Scopus*, *Web of Science* (WoS) conforme os critérios de cada base. A base de dados *Science Direct* a *query* foi: ((*feasibility* OR *viability*) AND (*energy*mix* OR *energy*consumption* OR *energy*matrix* OR *energy*mix*) AND (*industry** OR *factory* OR *mill* OR *plant*)).

O recorte temporal de pesquisa nas bases de dados não foi limitado. A investigação dos artigos analisados aconteceu desde o início da contabilidade em 1945, até 23 de março de 2020. Durante a etapa de pesquisa nas bases de dados, escolheu-se em selecionar artigos completos e em revisão, ambos publicados em periódicos internacionais e em língua inglesa. O portfólio final usado na identificação foi composto por 369 artigos nas três bases de dados. O recorte temporal abrangeu estudos entre os anos de 1974 e 2020.

Para a seleção dos documentos foram aplicados três tipos de filtros: o primeiro ocorreu pela eliminação dos trabalhos duplicados e, restaram após o filtro, 322 documentos; o segundo filtro foi aplicado pela leitura dos títulos. Conseqüentemente, os artigos que não se abrangiam com o tema em pesquisa foram excluídos do portfólio, resultando em 165 artigos; o terceiro filtro aconteceu pela leitura dos resumos e palavras-chave, sendo que os artigos que não mostraram envolvimento

com o tema foram eliminados, resultando em 64 estudos. Desta forma, para o conjunto de artigos usados no portfólio final do estudo de documentos restaram 64 artigos.

Na metodologia adotada, optou-se por uma revisão sistemática, portanto, utilizou-se o *Methodi Ordinatio* para selecionar os artigos a serem analisados nesta pesquisa (PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2015). O *Methodi Ordinatio* permite usar artigos mais relevantes cientificamente de acordo com os critérios estabelecidos pela metodologia, com três artigos específicos sobre a mesma e aceita em revistas de elevado fator de impacto, desta forma validando os pressupostos da mesma (PAGANI et al. 2015; PAGANI et al., 2017; DE CAMPOS et al., 2018). O número de documentos em cada base de dados e o resultado depois da aplicação de cada filtro estão descritos Tabela 1.

Tabela 1 - Portfólio final com os filtros aplicados

Filtros aplicados	Quantidade de artigos
<i>Scopus</i>	120
<i>Science Direct</i>	188
<i>Web of Science</i>	61
Total	369
Filtro 1 (Eliminação de duplicatas)	322
Filtro 2 (Eliminação com a leitura dos títulos)	165
Filtro 3 (Eliminação com a leitura de resumos e palavras-chave)	64
Portfólio final	64

Fonte: O autor (2021)

O *Methodi Ordinatio* sugere uma equação que contribui para ponderar o fator de impacto (FI) e o número de citações (CI) em cada artigo, e assim, estimar a sua importância. Os artigos detectados foram colocados na equação *InOrdinatio*. Para o fator de impacto (FI) foi utilizado o *journal citation reports* (JCR, 2018). O número de citações (CI) foi verificado no *Google Scholar* em 23 março de 2020 (APÊNDICE A). Para este procedimento, a Equação 1 foi utilizada:

$$InOrdinatio = (Fi / 1000) + \alpha * [10 - (AnoPesq - AnoPub)] + (\sum Ci) \quad (1)$$

Onde:

- Fi: fator de impacto do periódico;
- α : coeficiente atribuído pelo pesquisador;
- Ano Pesquisa: ano da pesquisa;

- Ano Publicação: ano de publicação do artigo;
- Ci: número de citação do artigo em outros estudos.

O coeficiente *InOrdinatio* considera um fator de ponderação (α) imposto pelos autores, de 1 a 10, onde quanto mais próximo de 10 mais importante será a atualidade dos artigos, considerando o ano de publicação. O autor escolheu o escore 5, pois proporcionam equilíbrio no tempo e não ocorreu recorte temporal. Para a realização da análise bibliométrica, foi utilizada uma planilha eletrônica para a elaboração de um mapa visual de co-ocorrência de termos.

Esta pesquisa usou as bases de dados *Scopus*, *Science Direct* e *Web of Science* para procurar artigos. Foi realizada a busca nas bases de dados mencionadas, onde foram identificados 369 documentos. A pesquisa foi realizada em março de 2020, sem delimitação de data inicial para as buscas. Em seguida, uma sequência de filtros foi adotada com o objetivo de identificação das pesquisas relevantes para que fossem avaliadas em sua totalidade, conforme o propósito deste estudo. Os arquivos em duplicata foram eliminados, onde dos 369 artigos, 322 continuaram.

Logo após, realizou-se um filtro analisando os títulos dos artigos, pois existiam artigos que não estavam no perfil do estudo, sendo assim, permaneceram 165 artigos. O último filtro analisou a leitura dos resumos e palavras-chave, restando 64 artigos. Finalmente, após a leitura completa, os artigos que não apresentavam potencial de contribuição para o presente estudo foram eliminados, restando 64 artigos ao portfólio final. Desta forma, 64 artigos foram usados, realizando a leitura total e investigados individualmente. Dentre os artigos foram pesquisados, como: referência, título, ano, periódico, país, universidade, pesquisa, área de atuação e a metodologia. Usou-se ainda planilha eletrônica para o gerenciamento de artigos (APÊNDICE B).

As características sugeridas para serem usadas para a formação dos resultados foram a partir do portfólio final de artigos identificados na literatura. O objetivo sugerido é a obtenção de dados referente a processos relacionados com as alternativas de energias renováveis que obtiveram sucesso em projetos implementados em todo o mundo. Entre os processos, foram analisados o tipo de energia renovável e suas características, a viabilidade econômico-financeira, as matrizes energéticas em parques industriais, o mercado de energia, os fluxos de

manufatura, os sistemas de geração e distribuição em cada projeto renovável e os seus respectivos critérios políticos.

Nesta análise foram considerados os relatórios das indústrias, os documentos organizacionais com informações sobre a capacidade energética e o tipo de mercado de energia para cada parque industrial com suas específicas políticas públicas. Depois da leitura e avaliação integral dos 64 artigos identificados no escopo da literatura, foi possível sintetizar os dados importantes para o debate e a formação de conceitos relacionados a aplicação de projetos renováveis em indústrias e respectivas observações. Ademais, o debate dos artigos frente às características está descrito no referencial teórico (Seção 2).

3.2.2 Etapa 1 - Mapeamento das Matrizes Energéticas dos Parques Industriais

Após investigar e detectar as alternativas de energias renováveis na revisão bibliográfica foi realizado um mapeamento das matrizes energéticas disponíveis em cada parque industrial.

Para realizar o mapeamento das matrizes energéticas nos parques industriais, foi realizada por meio de uma consulta estruturada com especialistas do setor energético com funções estratégicas que impactam na matriz energética, relatórios internos com dados sobre a capacidade energética, *websites* dos parques industriais e a participação em reuniões estratégicas mensais sobre a eficiência energética dos parques industriais. O tratamento dos dados sobre as matrizes energéticas envolveu contatos iniciais com os gerentes de produção, supervisores, engenheiros mecânicos, engenheiros elétricos e engenheiro de segurança no trabalho, envolvidos diretamente em processos com projetos relacionados com as alternativas de energias renováveis em vários níveis de atividade.

Após a avaliar e identificar as matrizes energéticas dos parques industriais foi realizado um mapeamento das alternativas de energias renováveis disponíveis. Pautando-se nos conceitos científicos e técnicos encontrados no referencial teórico sobre as alternativas de energias renováveis, análise das características econômicas, ambientalmente sustentáveis e atrativas tecnicamente em relação à posição estratégica das localidades investigadas foi elaborado uma identificação de potenciais tipos de alternativas de energias renováveis mais viáveis e disponíveis para aplicação

no curto e médio prazo para cada localidade dos parques industriais. As etapas para o mapeamento das alternativas de energias renováveis disponíveis foram:

- Análise do portfólio final de artigos para corroborar nas características técnicas essenciais a serem investigadas na proposta de implantação de alternativas de energias renováveis;
- Verificação dos dados nos relatórios de sustentabilidade dos parques industriais;
- Investigação sobre o sistema governamental para identificar os incentivos fiscais e a política para a implantação de alternativas de energias renováveis;
- Análise da posição geográfica dos parques industriais e;
- Participação em reuniões estratégicas semanais com especialistas do setor energético dos parques industriais de cada localidade.

Após estes procedimentos metodológicos, foram listados no mínimo cinco diferentes tipos potenciais de fontes limpas de energia.

3.2.3 Etapa 2 – Identificação das Disponibilidades e Custos de cada uma Alternativas de Energias Renováveis Mapeadas nas Localidades A, B, C e D.

Nesta etapa, para atingir os objetivos na identificação das disponibilidades e custos de cada uma das alternativas de energias renováveis foram distribuídas em dois procedimentos metodológicos.

- Realização de um procedimento de viabilidade técnica (Apêndice C), por meio de entrevistas entre os gerentes e especialistas (Quadro 3) com objetivo de eliminação das energias não disponíveis ou interessantes tecnicamente.
- Elaboração de um levantamento dos custos das alternativas de energias renováveis mapeadas.

Para a realização das entrevistas nas reuniões estratégicas participaram especialistas do setor de eficiência energética de diversas localidades, conforme o Quadro 3.

Quadro 3 – Especialistas dos parques industriais

Nº	Setor	Função	Localidade	Acesso as informações
1	Gerente de Produção	Gerente	Localidade B	<i>E-mail</i> , acesso remoto e participação em reuniões.
2	Supervisor Manutenção e Meio Ambiente	Supervisor	Localidade B	<i>E-mail</i> , acesso remoto e participação em reuniões.
3	Manutenção	Engenheiro Mecânico	Localidade B	<i>E-mail</i> , acesso remoto e participação em reuniões.
4	Eficiência Energética	Engenheiro Elétrico	Localidade B	<i>E-mail</i> , acesso remoto e participação em reuniões.
5	Segurança no Trabalho	Engenheiro de Produção	Localidade B	<i>E-mail</i> , acesso remoto e participação em reuniões.
6	Gerente de Produção	Gerente	Localidade A	<i>E-mail</i> , acesso remoto e participação em reuniões.
7	Eficiência Energética	Engenheiro de Produção	Localidade A	<i>E-mail</i> , acesso remoto e participação em reuniões.
8	Gerente de Produção	Gerente	Localidade D	<i>E-mail</i> , acesso remoto e participação em reuniões.
9	Manutenção e Eficiência Energética	Engenheiro de Produção	Localidade D	<i>E-mail</i> , acesso remoto e participação em reuniões.
10	Gerente de Produção	Gerente	Localidade C	<i>E-mail</i> , acesso remoto e participação em reuniões.
11	Supervisor Manutenção e Eficiência Energética	Engenheiro Mecânico	Localidade C	<i>E-mail</i> , acesso remoto e participação em reuniões.

Fonte: O autor (2021)

As reuniões estratégicas sobre a eficiência energética dos parques industriais tiveram a participação de 11 colaboradores com níveis estratégicos importantes dentro de cada parque industrial. As reuniões estratégicas ocorreram de forma *on-line* e com frequência de 40 dias com uma duração de aproximadamente 2 horas e foram mencionados assuntos exclusivos sobre a eficiência energética.

Durante as reuniões estratégicas foram realizadas entrevistas com os 11 especialistas de eficiência energética dos parques industriais. Os contatos foram realizados previamente por *e-mail* para informar os objetivos das entrevistas antes das reuniões. Após foram apresentados os cinco tipos de alternativas de energias renováveis para a identificação energética viável tecnicamente para os cálculos de rentabilidade.

Os dados consultados nas entrevistas descreveram: critérios de legislação de cada localização, a capacidade econômica de cada parque industrial, as características técnicas, demanda energética mensal, quantidade de resíduos gerados no restaurante ao ano em toneladas, áreas internas disponíveis para instalação de placas solares e os potenciais de geração das alternativas de energias

renováveis. Após as entrevistas, foi selecionado um tipo de alternativa de energia renovável de interesse para os cálculos de rentabilidade em cada localidade. Com estes procedimentos metodológicos foram obtidos os custos das alternativas de energias renováveis mapeadas, e conseqüentemente iniciar a etapa 3 de análise.

3.2.4 Etapa 3 – Análise de Viabilidade Econômico-Financeira das Gerações de Energias Mapeadas

Os critérios energéticos em cada localidade foram avaliados por meio de reuniões estratégicas de eficiência energética realizadas a cada 40 dias. Também foram usados como consultas técnicas, o ambiente remoto e *e-mail*. Com base nos especialistas, as seguintes perguntas foram realizadas:

- 1- Pautando-se em critérios técnicos e econômicos, qual é o tipo de alternativa de energia renovável recomendável para análise de viabilidade econômico-financeira?
- 2- Quais são os tamanhos das áreas internas disponíveis para a implantação de projetos em análise de viabilidade econômico-financeira em alternativas de energias renováveis?

Como respostas a estas perguntas, foi elaborado uma planilha com os potenciais de geração energética para cada tipo de energia. O procedimento adotado nas reuniões estratégicas para análise dos tipos de energias alternativas disponíveis em cada localidade foi inicialmente a apresentação do pesquisador com os objetivos do estudo. Em seguida, foi demonstrada a planilha construída (APÊNDICE C), com os potenciais de geração em cada localidade para identificar as alternativas de energias renováveis a serem avaliadas por meio dos cálculos de viabilidade econômica.

Após a análise dos tipos de alternativas de energias renováveis de interesse e viáveis tecnicamente foi realizado um cálculo de viabilidade econômico-financeira para cada tipo em cada localidade, com o intuito de mostrar os valores estimados para a sua implantação e tempo para o retorno (*payback*) do investimento. Os cálculos abrangem: o Valor Presente Líquido (VPL), Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE), Índice de Lucratividade (IL), Taxa Interna de Retorno (TIR), e *Payback* descontado.

O valor presente líquido é usado em investimento de projetos nos quais a incerteza é baixa. Entretanto, ao trabalhar com cenários de incerteza alta e flexibilidade significativa, é necessário a reformulação do VPL, sendo assim, é possível obter o valor das flexibilidades (TRIGEORGES, 1993). O cálculo para a viabilidade das alternativas de energias renováveis nas localidades foi dividido em 5 etapas:

1ª Etapa: Conforme Sullivan et al., (2015), Valor Presente Líquido (VPL) representado pela equação (2);

$$\text{VPL} = -\text{Investimento} + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (2)$$

FC_t = Fluxos de Caixa Líquidos no tempo t ;

t = período do investimento;

i = Taxa de juros (taxa mínima de atratividade);

n = número de períodos dos fluxos de caixa ou duração do projeto.

2ª Etapa: Conforme Souza e Clemente (2006), Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE) representado pela equação (3);

$$\text{VAUE} = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \left[\frac{i \cdot (1+i)^t}{(1+i)^t - 1} \right] \quad (3)$$

FC_t = Fluxos de Caixa Líquidos no tempo t ;

t = período do investimento;

i = Taxa de juros (taxa mínima de atratividade);

n = número de períodos dos fluxos de caixa ou duração do projeto.

3ª Etapa: Conforme Sullivan et al., (2015), Índice de Lucratividade (IL) representado pela equação (4);

$$IL = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t}}{\text{Investimento}} \quad (4)$$

FC_t = Fluxos de Caixa Líquidos no tempo t ;

t = período do investimento;

i = Taxa de juros (taxa mínima de atratividade);

n = número de períodos dos fluxos de caixa ou duração do projeto.

4º Etapa: Conforme Sullivan et al., (2015), o cálculo de retorno (*payback* descontado) pela equação (5);

$$VPL = -FC_0 + \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} \quad (5)$$

i = Taxa de juros (taxa mínima de atratividade);

j = Índice genérico que representa os períodos $j = 1$ a n ;

VPL = Valor Presente Líquido;

FC_j = Valor de entrada ou saída de caixa até o instante j ;

FC_0 – Fluxo de caixa verificado no momento zero (momento inicial).

5º Etapa: Conforme Sullivan et al., (2015), a Taxa Interna de Retorno (TIR), pela equação (6);

$$VPL = 0 = \text{Investimento Inicial} + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} \quad (6)$$

VPL = Valor Presente Líquido;

FC_t = Fluxos de Caixa Líquidos no tempo t ;

TIR = Taxa Interna de Retorno;

t = Período do investimento.

Para a realização da análise dos cálculos de engenharia econômica foram considerados: custo total de implementação do sistema de geração de energia elétrica dos painéis fotovoltaicos; consumo médio mensal de energia elétrica (kWh/mês); irradiação média mensal; número de placas solares necessários; orientação e a inclinação das placas solares; área interna disponível; dimensões das placas; estimativa da área necessária; número de inversores necessários; custo de operação e manutenção mensal do sistema de geração fotovoltaica; custos incorridos com o rendimento e a taxa de desempenho de eficiência das placas solares e inversores até o período da vida útil dos painéis; valor pago as concessionárias Reais/megawatt hora (R\$/MWh) equivalentes; TMA (Taxa Mínima de Atratividade, Índice de inflação; valor da fatura mensal de energia elétrica; geração de energia mensal (kWh/mês); análise de pontos de equilíbrio (valores mínimos e máximos por variável); análise de cenários (em função de VPL e TIR) e; análise de sensibilidade (em função de VPL).

Os dados técnicos sobre as placas solares fotovoltaicas e inversores foram considerados, conforme diversas cotações realizadas com empresas. Entre as variáveis analisadas para a seleção do fornecedor e placas solares, foram: modelo, dimensões, tamanho, quantidade, potência, custos de painéis solares, o custo de operação e manutenção e os custos fixos mensais.

Para a seleção dos inversores foram considerados: modelo, quantidade, custos dos inversores, o custo de operação e manutenção e os custos fixos mensais. Na análise do sistema de geração de energia solar fotovoltaica não pode prescindir de procedimentos de manutenção corretiva e preventiva, pois são considerados equipamentos que estão constantemente sob ação de diversos agentes externos como orientação, inclinação, irradiação solar (kWh/m²), poeira, movimentação mecânica por potência dos ventos, a degradação de cabos, os conectores, os inversores, que demandam um determinado tipo de operação.

Nos custos mensais de operação e manutenção das placas solares e inversores, foram inclusos os custos de manutenção. Os dados de operação e manutenção referem-se a: limpeza periódica; ajustes técnicos de inclinação e orientação em caso de necessidade; inspeções visuais constantes para identificação de possíveis rachaduras, manchas, arranhões ou indícios de ruptura nas placas, incluso a verificação das estimativas de geração da energia solar fotovoltaica. Nos

inversores, a verificação da proteção elétrica, o estado de conservação, eficiência do inversor, a realização da limpeza na ventilação do inversor e o estado de conservação de todas as ligações.

Quanto a estimativa de geração de energia no sistema incorrido pela perda de eficiência na produção de energia fotovoltaica em relação à irradiação média mensal (kWh/m^2), foram considerados: tamanho dos painéis, rendimento do painel, taxa de desempenho, quantidade de placas necessárias e o número de dias no mês.

Para esta estimativa de geração no sistema solar fotovoltaico, foi usada a equação (7) do manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos, dos autores Pinho e Galdino (2014).

$$E = P_{fv}(wp) * HSP_{ma} * TD \quad (7)$$

E = Energia gerada (KWh/dia);

$P_{fv}(wp)$ = Potência de pico do painel (kW);

HSP_{ma} = Média diária anual das HSP incidente no plano do painel FV (h (horas)) e;

TD = Taxa de desempenho.

Pinho e Galdino (2014) ressaltam que as condições para o desempenho do sistema de geração solar fotovoltaico são estreitamente impactadas pela temperatura ambiente e igualmente pelo tipo de tecnologia solar fotovoltaica usada. Portanto, diminuindo a incerteza para a estimação da taxa de desempenho (TD) no sistema solar fotovoltaico.

Entre as localidades, foi realizado uma análise de sensibilidade, análise de cenários e pontos máximos e/ou mínimos sobre a inviabilidade ou viabilidade dos projetos de energia renovável. Na análise de viabilidade econômico-financeira foram consideradas as regras/normas da legislação. No estudo é demonstrado a variação dos valores e o comportamento dos resultados de cada projeto, nas seguintes variáveis: valor do investimento, rendimento do painel, taxa de desempenho, valor da tarifa e o custo de operação e manutenção. Para a análise de sensibilidade, as variáveis usadas foram: o custo da cobertura, a variação e o custo do investimento, a variação de custo da tarifa e o valor da tarifa. Os resultados com as sínteses das análises se encontram na Seção 4.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão discutidos e apresentados a análise de viabilidade econômico-financeira dos parques industriais.

4.1 MAPEAMENTO DAS MATRIZES DE ENERGIA ELÉTRICA DOS PARQUES INDUSTRIAIS

A seguir foram apresentados os mapeamentos das matrizes energéticas de cada parque industrial deste estudo.

4.1.1 Matriz da Localidade A

O parque industrial A desenvolve constantemente projetos para reduzir o consumo de energia, água e a geração de emissões. Guiado por uma política eficiente na utilização de energia, lá são realizados *workshops* por meio de reuniões semanais para a definição dos propósitos e planejamento de práticas sustentáveis, procurando diminuir o consumo de energia e eliminar o desperdício de água

A unidade tem a sua matriz energética principalmente de eletricidade e de gás natural. Quanto ao balanceamento, a matriz energética no parque industrial tem 49% de energia elétrica e 51% de energia originada do gás natural (em MJ) (%), conforme a Figura 4.

4.1.2 Matriz da Localidade B

Por sua vez, o parque industrial realiza em conjunto com a sociedade civil iniciativas relacionadas ao meio ambiente, às práticas adequadas de governança corporativa, ao comportamento ético e aos direitos humanos. O parque adota padrões e normas internacionais que regularizam as práticas sustentáveis, sociais e condutas internas.

O parque industrial B apresenta um desempenho energético de destaque em consumo de eletricidade e gás natural. A matriz energética tem 57% de energia elétrica e 43% de energia originada do gás natural (em MJ) (%), conforme a Figura 4.

O parque industrial usa o gás natural em seus processos de produção, e entre as aplicações estão: o aquecimento de ar e água, e nos sistemas de calefação nas áreas de produção e administrativas.

4.1.3 Matriz da Localidade C

O parque industrial desenvolve projetos para reduzir o consumo de energia e água. A matriz energética do parque industrial tem 51% de energia elétrica e 49% de energia originada do gás natural (em MJ) (%), conforme a Figura 4.

4.1.4 Matriz da Localidade D

O parque industrial desenvolve projetos voltados para a melhoria de sua matriz energética. A unidade tem o objetivo permanente de diminuir o consumo de energias fósseis, com distintas práticas sustentáveis para a otimização do consumo de energia e combustível nas operações na linha de produção. O parque industrial conta com uma gestão ambiental que contribui na redução dos efeitos das mudanças climáticas e na eficiência energética.

A matriz energética do parque industrial D tem 55% de energia elétrica e 45% de energia originada do gás natural (em MJ %), conforme a Figura 4.

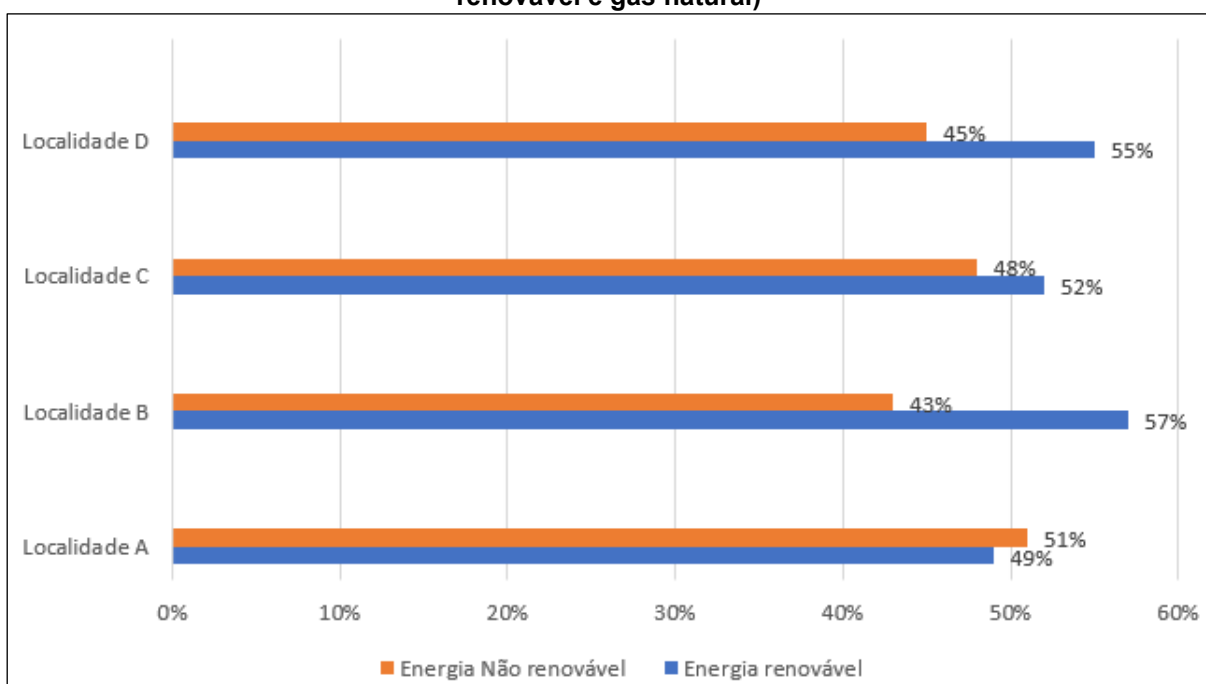
4.1.5 Análise Geral

A composição das matrizes energéticas industriais entre as unidades das localidades A, B, C e D é predominantemente de energia elétrica com origem hidráulica. Conforme o relatório da empresa, com a transformação digital e o desenvolvimento tecnológico relacionados com a indústria 4.0, ocorreu aumento no consumo de energia.

Os dados encontrados em relação ao uso de alternativas de energias renováveis, foram semelhantes ao estudo realizado de Plaza (2011), onde destaca que a promoção de novas alternativas de energias renováveis é recente e limitada. O incentivo em políticas energéticas é fundamental para alcançar o desenvolvimento

sustentável, devido à integração de tecnologias renováveis serem importantes na parte central desta política. Conforme Plaza (2011), a viabilidade de meios técnicos facilita o uso eficiente das alternativas de energias renováveis com risco aceitável e custo competitivo. A análise comparada das matrizes energéticas envolve as localidades A, B, C e D é sintetizada na Figura 3.

Figura 3 - Matriz energética das Localidades A, B, C e D (em MJ %) (eletricidade de origem renovável e gás natural)



Fonte: Adaptado de EPE (2020), Relatório da empresa.

De acordo com a Figura 4, a composição da matriz energética limita-se à eletricidade de origem renovável e ao gás natural como os tipos de energia. A diversificação com alternativas de energias renováveis torna a matriz energética dos parques industriais menos vulnerável aos problemas de racionamento de energia.

A baixa variabilidade energética e poucos projetos de redução no consumo de energia tornam os parques industriais vulneráveis em crises econômicas relacionadas ao preço do petróleo, conseqüentemente, menos competitivos nos momentos de crise. Ainda a diversificação energética requer discussões em termos de impactos ambientais, econômicos e sociais.

4.2 IDENTIFICAÇÃO DAS DISPONIBILIDADES E CUSTOS EM CADA UMA DAS ALTERNATIVAS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS MAPEADAS NAS LOCALIDADES

Esta etapa mostra o modelo adotado para a seleção das alternativas de energias renováveis, a fim de identificar o tipo de energia viável econômica e financeiramente em projetos para aplicação no curto e médio prazo em parques industriais. O estudo considerou as seguintes alternativas de energias renováveis: a energia eólica, miniusina hidrelétrica, a energia gerada de biogás de resíduos gerados pelo restaurante e a energia solar.

Para análise do potencial de geração de energia foram considerados: consumo de energia elétrica (MW/h), resíduos gerados no restaurante (Ton./ano) e área disponível para as placas solares fotovoltaicas para a implementação de projetos em cada parque industrial para aplicação no curto e médio prazo. O quadro construído com as informações compiladas encontra-se no Apêndice C.

Entre todos os critérios técnicos adotados para a construção da planilha com os dados sobre os potenciais de geração de energia disponíveis em cada parque industrial foram consultados: integrantes e os gerentes de cada equipe por meio de um procedimento de viabilidade técnica (Quadro 3). Os critérios analisados sobre o potencial de geração de energia nos parques industriais, foram: o interesse dos gerentes pela análise do tipo de alternativa de energia e o potencial de geração de energia elétrica por mês. Estes critérios foram pautados em dados internos, técnicos e econômicos, respeitando as normas, legislação nacional de política energética e a capacidade energética disponível em cada local.

O tipo de alternativa de energia renovável selecionado, conforme recomendações dos especialistas das localidades e os dados técnicos e econômicos para se iniciar os cálculos de rentabilidade nas localidades, foi a energia solar fotovoltaica.

A próxima etapa foi a identificação das áreas internas disponíveis para a realização dos cálculos de rentabilidade dos projetos viáveis em médio e longo prazo. Os valores de áreas disponíveis por parque industriais não puderam ser divulgados por restrições e confidencialidade de dados dos parques industriais analisados.

4.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Os resultados econômicos para a implantação da energia solar fotovoltaica entre os parques industriais foram analisados nesta seção do capítulo. O sistema solar fotovoltaico foi dimensionado de maneira a se obter o máximo de aproveitamento de energia solar, isto é, considerando as características técnicas e respeitando a legislação de cada território. Entre os inúmeros benefícios para a implementação da energia solar fotovoltaica, o fator econômico é fundamental para a viabilidade destes projetos sustentáveis. Os dados encontrados em relação ao uso da energia solar fotovoltaica em sistema de geração de energia foram semelhantes ao estudo realizado de Dantas e Pompermayer (2018), onde destacam a energia fotovoltaica como atrativa do ponto de vista do microgerador e estimulada com a redução nos valores de equipamentos. Assim, como explicado nos procedimentos metodológicos, foram usados cinco parâmetros: Valor Presente Líquido (VPL), Valor Anual Uniforme Equivalente (VAEU), Índice de Lucratividade (IL), Taxa Interna de Retorno (TIR), e *Payback* descontado.

4.3.1 – Análise de viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica na Localidade A

O parque industrial localizado em A tem um consumo médio atual de energia XXX¹ (kWh/mês), – dados confidenciais do referido parque industrial - que são necessários para atender à demanda de pico, chega-se a um valor médio da fatura mensal em XXX² – dados confidenciais do referido parque industrial A. O custo médio mensal estimado pago pelo parque industrial em megawatt hora é XXX³ (A empresa não autorizou divulgação dos dados).

¹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

² Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

³ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

Conforme consulta, foi identificada a irradiação média usada no cálculo de estimativa de geração mensal (kWh/mês) na Localidade A. O parque industrial possui uma área interna disponível de XXX⁴ m² – dados confidenciais do referido parque industrial - para a implantação do projeto solar fotovoltaico. Atualmente, esta área é destinada para os edifícios administrativos e restaurantes no parque industrial. Também nesta análise foram realizados os cálculos para a estimativa da área interna mínima necessária para a instalação das placas solares fotovoltaicas, portanto, a área necessária calculada para implantação do projeto foi XXX⁵ m² – dados confidenciais do referido parque industrial - entendendo que como uma opção, o projeto pode ser realizado externamente à fábrica. A área dimensionada é inferior à área disponível na localidade A.

Para se obter os custos dos equipamentos necessários para o estudo de viabilidade econômico-financeira no parque industrial da Localidade A, foi realizada uma consulta com fornecedores para se estimar o custo total dos equipamentos necessários. A Tabela 2 demonstra os dados técnicos adotados na análise de viabilidade econômico-financeira no projeto solar fotovoltaico.

Tabela 2 - Dados técnicos para a instalação das placas

Parque industrial – Localidade A	Dados⁶	Fonte
Área necessária	XXX m ²	Fornecedor especializado X
Irradiação média anual	XXX kWh/m ² .dia	Fornecedor especializado X
Número de placas	XXX	Fornecedor especializado X
Potência das placas	XXX w	Fornecedor especializado X
Dimensões da placa (m ²)	XXX	Fornecedor especializado X
Tamanho da placa (m ²)	XXX	Fornecedor especializado X
Orientação das placas	Face Norte	Fornecedor especializado X
Inclinação das placas	21°	Fornecedor especializado X
Número de inversores	XXX	Fornecedor especializado K

Obs.: Os valores suprimidos e os dados ocultados não foram disponibilizados devido a política de restrição de dados e confidencialidade dos dados dos parques industriais participantes da pesquisa.

Fonte: O autor (2021)

⁴ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁵ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁶ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

O projeto foi dimensionado segundo especificações técnicas, com área necessária, irradiação média, número de placas, potência das placas, dimensões, tamanho, orientação, inclinação e o número de inversores. As placas solares adotadas no estudo são de silício policristalinos com vida útil estimada pelo fabricante de aproximadamente 25 anos e o processo de degradação deste produto devido ao envelhecimento é 0,5% ao ano. A área interna necessária calculada foi XXX⁷ m² para a instalação de XXX⁸ placas solares. Outro fator importante é a potência das placas para o sistema de 350 W, todos com orientação face norte, inclinação de 21°C e 96 inversores. A Tabela 3 mostra os dados de estimativa de geração de energia elétrica mensais em megawatt-hora no local.

Tabela 3 – Estimativa de geração mensal de energia elétrica (MWh) (Localidade A)

Mês	Irradiação média mensal local (kWh/m²)⁹	Nº de dias no mês	Estimativa de geração mensal (MWh)¹⁰
Janeiro	XXX	31	XXX
Fevereiro	XXX	28	XXX
Março	XXX	31	XXX
Abril	XXX	30	XXX
Mai	XXX	31	XXX
Junho	XXX	30	XXX
Julho	XXX	31	XXX
Agosto	XXX	31	XXX
Setembro	XXX	30	XXX
Outubro	XXX	31	XXX
Novembro	XXX	30	XXX
Dezembro	XXX	31	XXX
Média	XXX	30	XXX

Obs.: Os valores suprimidos e os dados ocultados não foram disponibilizados devido a política de restrição de dados e confidencialidade dos dados dos parques industriais participantes da pesquisa.

Fonte: O autor (2021)

⁷ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁸ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹⁰ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

Após o dimensionamento dos componentes necessários para o sistema, foi realizado o cálculo para a estimativa de geração mensal (MWh) de energia elétrica. Para a estimativa de geração mensal (MWh), foram adotadas placas com inclinação de 21° e orientação face norte. Na Localidade A, há uma queda nos níveis de irradiação média nos meses de maio a julho, que pode ser explicado por meio da ocorrência das características do inverno. A Tabela 4 mostra os dados econômicos adotados no estudo de viabilidade econômico-financeira na Localidade A.

Tabela 4– Taxas adotadas na viabilidade econômico-financeira na Localidade A

Dados Econômicos			
Taxa	a.a.	a.m.	Fonte
TMA	XXX%	XXX%	Empresa (2020)
Inflação	XXX%	XXX%	Premissa adotada

Obs.: Os valores suprimidos e os dados ocultados não foram disponibilizados devido a política de restrição de dados e confidencialidade dos dados dos parques industriais participantes da pesquisa.

Fonte: O autor (2021)

A taxa mínima de atratividade adotada foi XXX¹¹ ao ano. O estudo analisou também a possibilidade de instalação de cobertura (*Carport*) na área interna do parque industrial para a instalação das placas solares. A área interna do parque industrial é insuficiente para a instalação da cobertura (*Carport*). A área interna necessária estimada foi XXX¹²m², sendo que o parque industrial tem área interna disponível de XXX¹³m². Referente à cotação da cobertura (*Carport*), o melhor custo entre os fornecedores foi no valor XXX¹⁴ com capacidade para XXX¹⁵, considerando a área de XXX¹⁶ m². A análise da cobertura foi realizada para demonstrar em termos de pontos de equilíbrio, o valor máximo para o investimento para a estrutura da

¹¹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹² Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹³ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹⁴ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹⁵ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹⁶ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

cobertura. Os valores de cobertura não foram incluídos na análise de viabilidade econômico-financeira devido ao valor total do investimento e falta de interesse da análise do gerente da produção. Os cálculos para a análise da cobertura foram realizados separadamente (A empresa não autorizou divulgação dos dados).

4.3.2 – Análise de viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica na Localidade B

O parque industrial tem um consumo médio atual de energia XXX¹⁷ (kWh/mês), que são necessários para atender à demanda de pico, chega-se a um valor médio da fatura mensal em XXX¹⁸. Este consumo médio de energia é responsável pela produção XXX¹⁹ na linha de produção. O custo médio mensal estimado pago pelo parque industrial em megawatt hora é XXX²⁰ (A empresa não autorizou divulgação dos dados).

Conforme consulta no site da Atlas Solar (2020), foi identificada a irradiação média usada no cálculo de estimativa de geração mensal (kWh/mês) no local. O parque industrial possui uma área interna disponível de XXX²¹m² para a implantação do projeto solar fotovoltaico. Atualmente, esta área é destinada para o estacionamento. Também nesta análise foram realizados os cálculos para a estimativa da área interna mínima necessária para a instalação das placas solares fotovoltaicas, portanto, a área interna necessária calculada para implantação do projeto foi XXX²²m².

Para se obter os custos dos equipamentos necessários para o estudo de viabilidade econômico-financeira no parque industrial, foi realizada uma consulta com

¹⁷ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹⁸ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹⁹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

²⁰ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

²¹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

²² Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

fornecedores para se estimar o custo total. A Tabela 5 demonstra os dados técnicos adotados na análise de viabilidade econômico-financeira no projeto solar fotovoltaico.

Tabela 5 – Dados técnicos para a instalação das placas

Parque industrial – Localidade B	Dados²³	Fonte
Área necessária	XXX m ²	Fornecedor especializado Y
Irradiação média anual	XXX kWh/m ² . dia	Fornecedor especializado Y
Número de placas	XXX	Fornecedor especializado Y
Potência das placas	XXX w	Fornecedor especializado Y
Dimensões da placa (m ²)	XXX m	Fornecedor especializado Y
Tamanho da placa (m ²)	XXX m	Fornecedor especializado Y
Orientação da placa	Face Norte	Fornecedor especializado Y
Inclinação da placa	21°	Fornecedor especializado Y
Número de inversores	XXX	Fornecedor especializado K

Obs.: Os valores suprimidos e os dados ocultados não foram disponibilizados devido a política de restrição de dados e confidencialidade dos dados dos parques industriais participantes da pesquisa.

Fonte: O autor (2021)

O projeto foi dimensionado segundo especificações técnicas, com área necessária, irradiação média, número de placas, potência das placas, dimensões, tamanho, orientação, inclinação e o número de inversores. As placas solares adotadas no estudo são de silício policristalinos com vida útil estimada pelo fabricante de aproximadamente 25 anos e o processo de degradação deste produto devido ao envelhecimento é 0,5% ao ano. A área interna necessária calculada foi XXX²⁴ m² para a instalação de XXX²⁵ placas solares. Outro fator importante é a potência das placas para o sistema de XXX²⁶ W, todos com orientação face norte, inclinação de 21°C e XXX²⁷ inversores. A Tabela 6 mostra os dados de estimativa de geração de energia elétrica mensais em megawatt-hora.

²³ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

²⁴ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

²⁵ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

²⁶ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

²⁷ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

Tabela 6 - Estimativa de geração mensal de energia elétrica (MWh)

Mês	Irradiação média mensal local (kWh/m²)²⁸	Nº de dias no mês	Estimativa de geração mensal (MWh)²⁹
Janeiro	XXX	31	XXX
Fevereiro	XXX	28	XXX
Março	XXX	31	XXX
Abril	XXX	30	XXX
Maio	XXX	31	XXX
Junho	XXX	30	XXX
Julho	XXX	31	XXX
Agosto	XXX	31	XXX
Setembro	XXX	30	XXX
Outubro	XXX	31	XXX
Novembro	XXX	30	XXX
Dezembro	XXX	31	XXX
Média	XXX	30	XXX

Obs.: Os valores suprimidos e os dados ocultados não foram disponibilizados devido a política de restrição de dados e confidencialidade dos dados dos parques industriais participantes da pesquisa.

Fonte: O autor (2021)

Após o dimensionamento dos componentes necessários para o sistema, foi realizado o cálculo para a estimativa de geração mensal (MWh) de energia elétrica. Para a estimativa de geração mensal (MWh), foram adotadas placas com inclinação de 21° e orientação face norte. No local há queda nos níveis de irradiação média nos meses de maio a julho, que pode ser explicado por meio da ocorrência das características do inverno. A Tabela 7 mostra os dados econômicos adotados no estudo de viabilidade econômico-financeira.

Tabela 7 - Taxas adotadas na viabilidade econômico-financeira

Dados Econômicos			
Taxa	a.a.	a.m.	Fonte
TMA	XXX%	XXX%	Empresa (2020)
Inflação	XXX%	XXX%	Premissa adotada

Obs.: Os valores suprimidos e os dados ocultados não foram disponibilizados devido a política de restrição de dados e confidencialidade dos dados dos parques industriais participantes da pesquisa.

Fonte: O autor (2021)

²⁸ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

²⁹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

A taxa mínima de atratividade adotada foi XXX³⁰ ao ano e XXX³¹ ao mês. O cálculo da taxa levou em consideração a taxa Selic XXX³² ao ano. Conforme consulta no site do XXX³³, a taxa de inflação adotada no estudo mostra XXX³⁴ (a.a.) (A empresa não autorizou divulgação dos dados).

O estudo analisou também a possibilidade de instalação de cobertura (*Carport*) na área interna do parque industrial para a instalação das placas solares. A área interna total disponível no parque industrial é suficiente para a instalação da cobertura. A área interna total necessária estimada foi XXX³⁵m², sendo que o parque industrial tem área total disponível de XXX³⁶m². Referente à cotação da cobertura (*Carport*), o melhor custo entre os fornecedores foi no valor XXX³⁷ com capacidade para XXX³⁸. A análise da cobertura foi realizada para demonstrar em termos de pontos de equilíbrio, o valor máximo para o investimento para a estrutura da cobertura. Os valores de cobertura não foram incluídos na análise de viabilidade econômico-financeira. Os cálculos econômicos para a análise da cobertura foram realizados separadamente.

³⁰ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

³¹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

³² Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

³³ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

³⁴ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

³⁵ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

³⁶ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

³⁷ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

³⁸ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

4.3.3 – Análise de viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica na Localidade C

O parque industrial tem um consumo médio atual de energia XXX³⁹ (kWh/mês), que é necessário para atender a demanda de pico, chega-se a um valor médio da fatura mensal em XXX⁴⁰. Este consumo médio de energia é responsável pela produção XXX⁴¹ na linha de produção. O custo médio mensal estimado pago pelo parque industrial em megawatt hora é XXX⁴² (A empresa não autorizou divulgação dos dados).

Conforme consulta, foi identificada a irradiação média usada no cálculo de estimativa de geração mensal (kWh/mês) na cidade da Localidade C. O parque industrial possui uma área interna disponível de XXX⁴³m² para a implantação do projeto solar fotovoltaico. Atualmente, esta área é destinada para os edifícios administrativos e restaurantes pelo parque industrial. Também nesta análise foram realizados cálculos para a estimativa da área interna mínima necessária para a instalação das placas solares fotovoltaicas, portanto, a área necessária calculada para implantação do projeto foi XXX⁴⁴m².

Para se obter os custos dos equipamentos necessários para o estudo de viabilidade econômico-financeira no parque industrial, foi realizada uma consulta com fornecedores para se estimar o custo total dos equipamentos necessários. A Tabela 8 demonstra os dados técnicos adotados na análise de viabilidade econômica no projeto solar fotovoltaico.

³⁹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁴⁰ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁴¹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁴² Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁴³ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁴⁴ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

Tabela 8 - Dados técnicos para a instalação das placas

Parque industrial – Localidade C	Dados⁴⁵	Fonte
Área necessária	XXX m ²	Fornecedor especializado Z
Irradiação média anual	XXX kWh/m ² . dia	Fornecedor especializado Z
Número de placas	XXX	Fornecedor especializado Z
Potência das placas	XXX w.	Fornecedor especializado Z
Dimensões da placa (m ²)	XXX	Fornecedor especializado Z
Tamanho da placa (m ²)	XXX	Fornecedor especializado Z
Orientação das placas	Face Norte	Fornecedor especializado Z
Inclinação das placas	21°	Fornecedor especializado Z
Número de inversores	XXX	Fornecedor especializado K

Obs.: Os valores suprimidos e os dados ocultados não foram disponibilizados devido a política de restrição de dados e confidencialidade dos dados dos parques industriais participantes da pesquisa.

Fonte: O autor (2021)

O projeto foi dimensionado segundo especificações técnicas, com área necessária, irradiação média, número de placas, potência das placas, dimensões, tamanho, orientação, inclinação e o número de inversores. A área necessária calculada foi XXX⁴⁶m² para a instalação de XXX⁴⁷ placas solares. Outro fator importante é a potência das placas para o sistema de XXX⁴⁸ W, todos com orientação face norte, inclinação de 21°C e XXX⁴⁹ inversores. A Tabela 9, mostra os dados de estimativa de geração de energia elétrica mensais em megawatt-hora.

Tabela 9 - Estimativa de geração mensal de energia elétrica (MWh)

Mês	Irradiação média mensal local (kWh/m²)⁵⁰	Nº de dias no mês	Estimativa de geração mensal (MWh)⁵¹
Janeiro	XXX	31	XXX
Fevereiro	XXX	28	XXX

⁴⁵ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁴⁶ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁴⁷ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁴⁸ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁴⁹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁵⁰ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁵¹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

Março	XXX	31	XXX
Abril	XXX	30	XXX
Maio	XXX	31	XXX
Junho	XXX	30	XXX
Julho	XXX	31	XXX
Agosto	XXX	31	XXX
Setembro	XXX	30	XXX
Outubro	XXX	31	XXX
Novembro	XXX	30	XXX
Dezembro	XXX	31	XXX
Média	XXX	30	XXX

Obs.: Os valores suprimidos e os dados ocultados não foram disponibilizados devido a política de restrição de dados e confidencialidade dos dados dos parques industriais participantes da pesquisa.

Fonte: O autor (2021)

Após o dimensionamento dos componentes necessários para o sistema, foi realizado o cálculo para a estimativa de geração mensal (MWh) de energia elétrica. Há queda nos níveis de irradiação média nos meses de maio a julho, que pode ser explicado por meio da ocorrência das características do inverno. A Tabela 10, mostra os dados econômicos adotados no estudo de viabilidade econômico-financeira.

Tabela 10 - Taxas adotadas na viabilidade econômica⁵²

Dados Econômicos			
Taxa	a.a.	a.m.	Fonte
TMA	XXX%	XXX%	Empresa (2020)
Inflação	XXX%	XXX%	Premissa adotada

Obs.: Os valores suprimidos e os dados ocultados não foram disponibilizados devido a política de restrição de dados e confidencialidade dos dados dos parques industriais participantes da pesquisa.

Fonte: O autor (2021)

A taxa mínima de atratividade adotada foi XXX⁵³% ao ano e XXX⁵⁴% ao mês. Conforme consulta, a taxa de inflação adotada no estudo mostra XXX⁵⁵% ao ano (A empresa não autorizou divulgação dos dados). O estudo analisou também a

⁵² Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁵³ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁵⁴ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁵⁵ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

possibilidade de instalação de cobertura (*Carport*) na área interna do parque industrial para a instalação das placas solares. A área interna do parque industrial é insuficiente para a instalação da cobertura (*Carport*). A área necessária estimada foi XXX⁵⁶m², sendo que o parque industrial tem área interna disponível de XXX⁵⁷m². Referente à cotação da cobertura (*Carport*), o melhor custo entre os fornecedores foi no valor XXX⁵⁸ com capacidade para XXX⁵⁹, considerando a área de XXX⁶⁰m². A análise da cobertura foi realizada para demonstrar em termos de pontos de equilíbrio e o valor máximo para o investimento para a estrutura da cobertura. Os valores de cobertura não foram incluídos na análise de viabilidade econômico-financeira. Os cálculos para a análise da cobertura foram realizados separadamente.

4.3.4 – Análise de viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica na Localidade D

O parque industrial tem um consumo médio atual de energia de XXX⁶¹ (kWh/mês), que é necessário para atender a demanda de pico, chega-se a um valor médio da fatura mensal em XXX⁶². Este consumo médio de energia é responsável pela produção XXX⁶³ na linha de produção. O custo médio mensal estimado pago pelo parque industrial em megawatt hora é XXX⁶⁴ (A empresa não autorizou divulgação dos dados).

⁵⁶ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁵⁷ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁵⁸ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁵⁹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁶⁰ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁶¹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁶² Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁶³ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁶⁴ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

Conforme consulta no site, foi identificada a irradiação média usada no cálculo de estimativa de geração mensal (kWh/mês). O parque industrial possui uma área interna disponível de XXX⁶⁵m² para a implantação do projeto solar fotovoltaico. Atualmente, esta área é destinada para o estoque logístico de peças. Também nesta análise foram realizados os cálculos para a estimativa da área mínima necessária para a instalação das placas solares fotovoltaicos, portanto, a área interna necessária calculada para implantação do projeto foi XXX⁶⁶m².

Para se obter os custos dos equipamentos necessários para o estudo de viabilidade econômico-financeira no parque industrial, foi realizada uma consulta com fornecedores para se estimar o custo total. A Tabela 11 demonstra os dados técnicos adotados na análise de viabilidade econômico-financeira no projeto solar fotovoltaico.

Tabela 11 - Dados técnicos para a instalação das placas

Parque industrial – Localidade D	Dados⁶⁷	Fonte
Área necessária	XXX m ²	Fornecedor especializado W
Irradiação média anual	XXX kWh/m ² .dia	Fornecedor especializado W
Número de placas	XXX	Fornecedor especializado W
Potência das placas	XXX w.	Fornecedor especializado W
Dimensões da placa (m ²)	XXX	Fornecedor especializado W
Tamanho da placa (m ²)	XXX	Fornecedor especializado W
Orientação das placas	Face Norte	Fornecedor especializado W
Inclinação das placas	21°	Fornecedor especializado W
Número de inversores	XXX	Fornecedor especializado K

Obs.: Os valores suprimidos e os dados ocultados não foram disponibilizados devido a política de restrição de dados e confidencialidade dos dados dos parques industriais participantes da pesquisa.

Fonte: O autor (2021)

O projeto foi dimensionado segundo especificações técnicas, com área necessária, irradiação média, número de placas, potência das placas, dimensões, tamanho, orientação, inclinação e o número de inversores. A área interna necessária

⁶⁵ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁶⁶ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁶⁷ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

calculada foi XXX⁶⁸ m² para a instalação de XXX⁶⁹ placas solares. Outro fator importante é a potência das placas para o sistema de XXX⁷⁰ W, todos com orientação face norte, inclinação de 21°C e XXX⁷¹ inversores. A Tabela 12, mostra os dados de estimativa de geração de energia elétrica mensais em megawatt-hora.

Tabela 12 – Estimativa de geração mensal de energia elétrica (MWh)

Mês	Irradiação média mensal local (kWh/m²)⁷²	Nº de dias no mês	Estimativa de geração mensal (MWh)⁷³
Janeiro	XXX	31	XXX
Fevereiro	XXX	28	XXX
Março	XXX	31	XXX
Abril	XXX	30	XXX
Maio	XXX	31	XXX
Junho	XXX	30	XXX
Julho	XXX	31	XXX
Agosto	XXX	31	XXX
Setembro	XXX	30	XXX
Outubro	XXX	31	XXX
Novembro	XXX	30	XXX
Dezembro	XXX	31	XXX
Média	XXX	30	XXX

Obs.: Os valores suprimidos e os dados ocultados não foram disponibilizados devido a política de restrição de dados e confidencialidade dos dados dos parques industriais participantes da pesquisa.

Fonte: O autor (2021)

Para a estimativa de geração mensal (MWh), foram adotadas placas com inclinação de 21° e orientação face norte. Há queda nos níveis de irradiação média nos meses de novembro e dezembro. A Tabela 13 mostra os dados econômicos adotados no estudo de viabilidade econômico-financeira.

⁶⁸ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁶⁹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁷⁰ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁷¹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁷² Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁷³ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

Tabela 13 - Taxas adotadas na viabilidade econômico-financeira

Dados Econômicos XXX ⁷⁴			
Taxa	a.a.	a.m.	Fonte
TMA	XXX%	XXX%	Empresa (2020)
Inflação	XXX%	XXX%	Premissa adotada

Obs.: Os valores suprimidos e os dados ocultados não foram disponibilizados devido a política de restrição de dados e confidencialidade dos dados dos parques industriais participantes da pesquisa.

Fonte: O autor (2021)

A taxa mínima de atratividade adotada foi XXX⁷⁵% ao ano e XXX⁷⁶% ao mês. Conforme consulta no *site* XXX⁷⁷, a taxa de inflação adotada no estudo mostra XXX⁷⁸ ao ano. A área interna total disponível na Localidade B é suficiente para a instalação da cobertura. O estudo analisou também a possibilidade de instalação de cobertura (*Carport*) na área interna do parque industrial para a instalação das placas solares. A área interna necessária estimada foi XXX⁷⁹m², sendo que o parque industrial tem área interna disponível de XXX⁸⁰ m². Referente à cotação da cobertura (*Carport*), o melhor custo entre os fornecedores foi no valor XXX⁸¹ com capacidade para XXX⁸², considerando a área de XXX⁸³m² (A empresa não autorizou divulgação dos dados).

⁷⁴ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁷⁵ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁷⁶ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁷⁷ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁷⁸ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁷⁹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁸⁰ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁸¹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁸² Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁸³ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

4.3.5 – Análise Geral dos resultados de viabilidade econômico-financeira

A análise de viabilidade econômico-financeira com o uso da energia solar fotovoltaica em parques industriais, resultou nos cálculos de engenharia econômica (Tabela 14), cujas memórias de cálculo se encontram no Apêndice C.

Tabela 14 - Resultados dos cálculos de engenharia econômico-financeira do projeto fotovoltaico

Parque Industrial	VPL (R\$)	VAEU (R\$)	IL	TIR (% a.m.)	TIR (% a.a.)	Payback Descontado (Meses)
Localidade A	5.331.310,26	43.671,44	1,7	1,24%	15,91%	117
Localidade B	17.156.070,59	140.533,99	1,5	1,07%	13,67%	133
Localidade C	13.887.681,42	113.760,97	3,9	2,76%	38,68%	45
Localidade D	5.941.318,69	48.668,33	2,5	1,91%	25,45%	66

Fonte: O autor (2021)

O valor presente líquido (VPL) do parque industrial da localidade B foi maior em relação aos outros, devido às dimensões do projeto, seguido da Localidade C, D e A. Para análise da viabilidade de investimento, o método do Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE) se mostrou maior na ordem dos parques industriais, identificando os valores monetários equivalentes no fluxo de caixa gerado no projeto solar fotovoltaico.

No parque industrial da Localidade C, o índice de rentabilidade (IL) se mostrou mais elevado em relação aos outros parques industriais, devido ao lucro líquido calculado. Os outros parques industriais mostraram índices de rentabilidade (IL) um pouco acima de 1,5. O IL não foi comparado entre os projetos por ser em função do valor de investimento inicial de cada projeto.

Na Localidade B, o projeto mostrou taxas internas de retorno (TIR) mais baixas em relação aos outros parques industriais, devido ao valor total do investimento na data 0. Já o projeto na Localidade C, mostra TIR maior em relação aos outros três parques industriais. Entretanto, o TIR não foi comparado entre os projetos por ser relativo ao valor de investimento inicial de cada projeto. O *payback* descontado

considerou o fluxo de caixa descontado e acumulado, adotando uma TMA XXX⁸⁴% ao ano para o desconto do valor futuro e os resultados foram: Localidade A 117 meses, Localidade B 133 meses, Localidade C 45 meses e Localidade D 66 meses (A empresa não autorizou divulgação dos dados). Os resultados foram semelhantes ao estudo de De Lara Filho, Unsihuay-Vila e Silva (2019) sobre a viabilidade econômico-financeira para a geração de energia solar em uma indústria, onde destacam em sua investigação que a energia solar fotovoltaica mostra um *payback* descontado acima de 8 anos com TIR de 16% ao ano.

Por fim, vale ressaltar que os valores relativos a coberturas/infraestrutura de instalação das placas fotovoltaicas nos parques, não foram inclusos na análise. Nas figuras 7, 8, 9 e 10; respectivamente foram realizadas análises específicas deste item. Os dados técnicos sobre o potencial de geração fotovoltaica dos parques industriais foram analisados (Tabela 15).

Tabela 15 - Potencial de geração fotovoltaica dos parques industriais

Parque Industrial	Área industrial XXX ⁸⁵	Área interna disponível XXX ⁸⁶ (m ²)	Área necessária XXX ⁸⁷ (m ²)	Consumo médio de energia XXX ⁸⁸ (MWh/mês)	Valor da tarifa XXX ⁸⁹ (R\$/MWh)	Produção XXX ⁹⁰
A	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
B	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
C	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
D	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX

Obs.: Os valores suprimidos e os dados ocultados não foram disponibilizados devido a política de restrição de dados e confidencialidade dos dados dos parques industriais participantes da pesquisa.

Fonte: O autor (2021)

⁸⁴ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁸⁵ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁸⁶ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁸⁷ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁸⁸ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁸⁹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁹⁰ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

Pautado nos consumos de energia elétrica de cada parque industrial (MWh/mês) foi realizado um dimensionamento sobre a área necessária por meio de cotações entre diferentes fornecedores. O objetivo desta etapa foi estimar a área necessária (m²) para a implementação do projeto. Os dados encontrados em relação ao custo da tarifa fornecida pela concessionária são fundamentais no cálculo de viabilidade econômico-financeira, conforme Dantas e Pompermayer (2018) quando destacam a importância na viabilidade de adoção dos sistemas solares fotovoltaicos pelos consumidores.

A análise demonstrou que os parques industriais das Localidades B e D possuem área interna disponível suficiente para a instalação do projeto solar fotovoltaico. O conceito colabora com a pesquisa prática de Garcia, Nogueira e Betini (2018) realizada no Estado do Paraná, onde ressaltam a importância no dimensionamento de área necessária na instalação de projeto solar fotovoltaico para a geração e máxima eficiência de energia em sistemas de distribuição.

Os parques industriais das Localidades A e C possuem área interna (m²) disponível inferior em relação à área necessária. No parque industrial da Localidade A, a área interna para o projeto solar fotovoltaico é de aproximadamente 50% da área necessária. Na Localidade A, existe área externa disponível para complementar a área necessária para a implantação do projeto fotovoltaico. Na Localidade C, o parque industrial apresenta como problema, a falta de infraestrutura e a área disponível para a instalação do projeto é de aproximadamente somente 5% em relação à área total necessária. Na Localidade C, existe área interna disponível, mas é necessário análise com órgãos do governo para uso de áreas externas devido ao parque industrial. Uma alternativa é a instalação da usina fotovoltaica em área externa aos parques industriais para tais casos. Os dados sobre os custos dos equipamentos estão expostos na Tabela 16.

Tabela 16 - Custos dos equipamentos em cada parque industrial

Parque industrial	Item	Descrição	Custo Total (R\$)
	1	Placas	* R\$ 5.018.370,00
	2	Inversores	* R\$ 1.330.560,00
Localidade A	3	Custo O&M (R\$/mês)	* R\$ 2.645,38
	4	Valor total de Investimento (Data 0)	* R\$ 7.440.780,00

Localidade B	1	Placas	R\$ 24.429.060,00
	2	Inversores	R\$ 8.316.000,00
	3	Custo O&M (R\$/mês)	R\$ 13.643,78
	4	Valor total de Investimento (Data 0)	R\$ 36.388.490,00
Localidade C	1	Placas	* R\$ 3.186.810,00
	2	Inversores	* R\$ 1.197.000,00
	3	Custo O&M (R\$/mês)	* R\$ 1.826,58
	4	Valor total de Investimento (Data 0)	* R\$ 4.770.890,00
Localidade D	1	Placas	* R\$ 2.245.800,00
	2	Inversores	* R\$ 1.196.000,00
	3	Custo O&M (R\$/mês)	* R\$ 1.434,08
	4	Valor total de Investimento (Data 0)	* R\$ 3.974.500,00

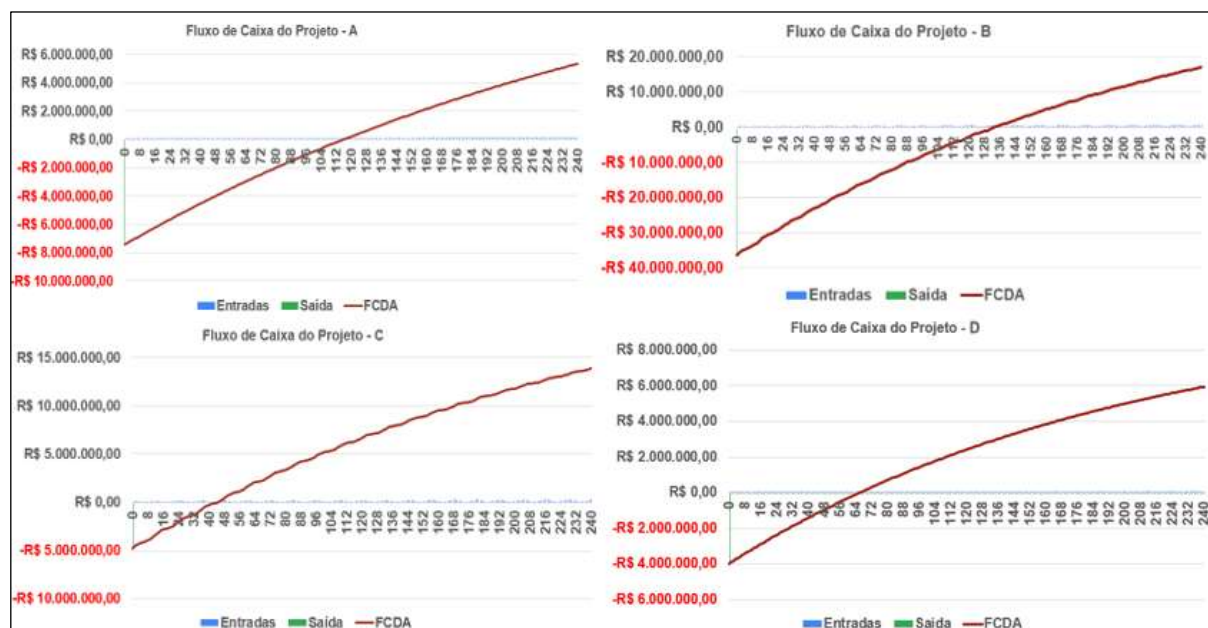
Observação: Os valores de cobertura não foram incluídos na análise de viabilidade econômica. Os cálculos foram realizados separadamente.

Fonte: O autor (2021)

Os parques industriais das localidades B, A, D e C, respectivamente, são os maiores em tamanho (m²), número de funcionários e sistemas de produção. Considerando um período de vida útil dos projetos em curto e médio prazo, o sistema solar fotovoltaico mostra uma vida útil de 25 anos. Os dados encontrados em relação à vida útil do sistema solar fotovoltaico, foram semelhantes ao estudo realizado no Brasil de Torres (2012), onde destaca que todos os sistemas são pagos antes deste período. O estudo de Dantas e Pompermayer (2018) afirma que os sistemas solares fotovoltaicos podem alcançar até 25 anos em pleno funcionamento.

Os resultados econômicos dos equipamentos mostram que todos os projetos seriam pagos antes do fim da vida útil das placas solares e inversores. O fluxo de caixa foi calculado nos parques industriais, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Fluxo de caixa das Localidades A, B, C e D



Fonte: O autor (2021)

A análise geral a partir dos fluxos de caixas calculados a partir do ano zero para os parques industriais, resultou nos seguintes gráficos (Figura 5). Nos gráficos, é possível verificar o fluxo de caixa descontado e acumulado (*payback* descontado) com o ponto exato para a obtenção do retorno do investimento ($VPL = 0$).

Na Localidade B, o projeto mostra viabilidade (sem considerar valores de cobertura eventualmente necessários) e existe área interna disponível, sendo esta área destinada aos estacionamentos internos de veículos, entretanto, necessita de maior investimento para a instalação de infraestrutura de cobertura e fixação dos painéis. O valor máximo possível para o investimento neste item com a taxa mínima de atratividade definida no projeto foi de XXX⁹¹ R\$ 36.388.490,00 (para $VPL = 0$). Uma análise complementar foi realizada da cobertura para a instalação dos painéis solares em cada parque industrial. Os valores máximos possíveis de investimento em cobertura nos parques industriais, conforme apresentado na Tabela 17.

⁹¹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

Tabela 17 – Valores máximos possíveis na cobertura nos parques industriais

Análise de pontos de equilíbrio para uma TMA XXX^{92%}.	
Fatores de Variação	Máx/Mín. p/ Viabilidade
Localidade A	-R\$5.331.310,26
Localidade B	-R\$17.156.070,59
Localidade C	- R\$3.887.681,42
Localidade D	-R\$5.941.318,69

Obs.: Os valores suprimidos e os dados ocultados não foram disponibilizados devido a política de restrição de dados e confidencialidade dos dados dos parques industriais participantes da pesquisa.

Fonte: O autor (2021)

Foi calculada uma análise de pontos de equilíbrio para a TMA XXX⁹³ definida para o projeto com os valores máximos possíveis de investimento em cobertura para a instalação dos painéis solares fotovoltaicos nos parques industriais (A empresa não autorizou divulgação dos dados). Os maiores investimentos são nos parques industriais das localidades B, C, D e A, respectivamente (Tabela 18).

Tabela 18 – Cotação da cobertura (Carport) nos parques industriais

Cobertura (Carport)	Vagas de veículos XXX⁹⁴	Área interna disponível (m²) XXX⁹⁵	Área necessária (m²) XXX⁹⁶	Valor (R\$)
Localidade A	XXX	XXX	XXX	*22.450.400,00
Localidade B	XXX	XXX	XXX	*112.000.000,00
Localidade C	XXX	XXX	XXX	*9.786.000,00
Localidade D	XXX	XXX	XXX	*12.163.200,00

Obs.: Os valores suprimidos e os dados ocultados não foram disponibilizados devido a política de restrição de dados e confidencialidade dos dados dos parques industriais participantes da pesquisa.

Fonte: O autor (2021)

As cotações para se obter o valor total da cobertura (Carport) foram a partir de dados técnicos de cada localidade. Os valores da cobertura foram obtidos com

⁹² Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁹³ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁹⁴ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁹⁵ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

⁹⁶ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

fornecedores, envolvendo dados técnicos e econômicas dos parques industriais. Para a realização do cálculo do valor total da cobertura, foram consideradas características técnicas das placas solares: número de placas, dimensões e área total. Com estes dados, foram realizadas cotações com fornecedores especializados com coberturas (*Carpport*).

Nos parques industriais das Localidades A e C, o projeto é viável, entretanto, não apresentam áreas internas disponíveis para a instalação. A solução é a localização de áreas internas para a implementação do projeto solar fotovoltaico, verificando a legislação de cada localidade sobre a possibilidade de instalação e uso de rede de transmissão de créditos para a geração de energia de forma remota. Na Localidade A, o valor máximo possível considerado para o pagamento de instalação de infraestrutura de cobertura e fixação dos painéis, foi uma taxa mínima de atratividade de XXX⁹⁷% (a.m.) é R\$ 7.440.780,00 (para VPL = 0). Na Localidade C, nas mesmas condições de TMA, o valor máximo possível é R\$ 4.770.890,00 (para VPL = 0) (A empresa não autorizou divulgação dos dados). Nestes parques industriais, as áreas internas disponíveis para a instalação do projeto são os tetos dos restaurantes e dos edifícios administrativos.

Na Localidade D, o projeto é viável e existe área interna disponível, sendo esta área destinada para o armazenamento e estoque de peças. O valor máximo de investimento considerado na instalação da infraestrutura de cobertura e fixação dos painéis, com uma taxa mínima de atratividade de XXX⁹⁸% é R\$ 3.974.500,00 (para VPL = 0) (A empresa não autorizou divulgação dos dados).

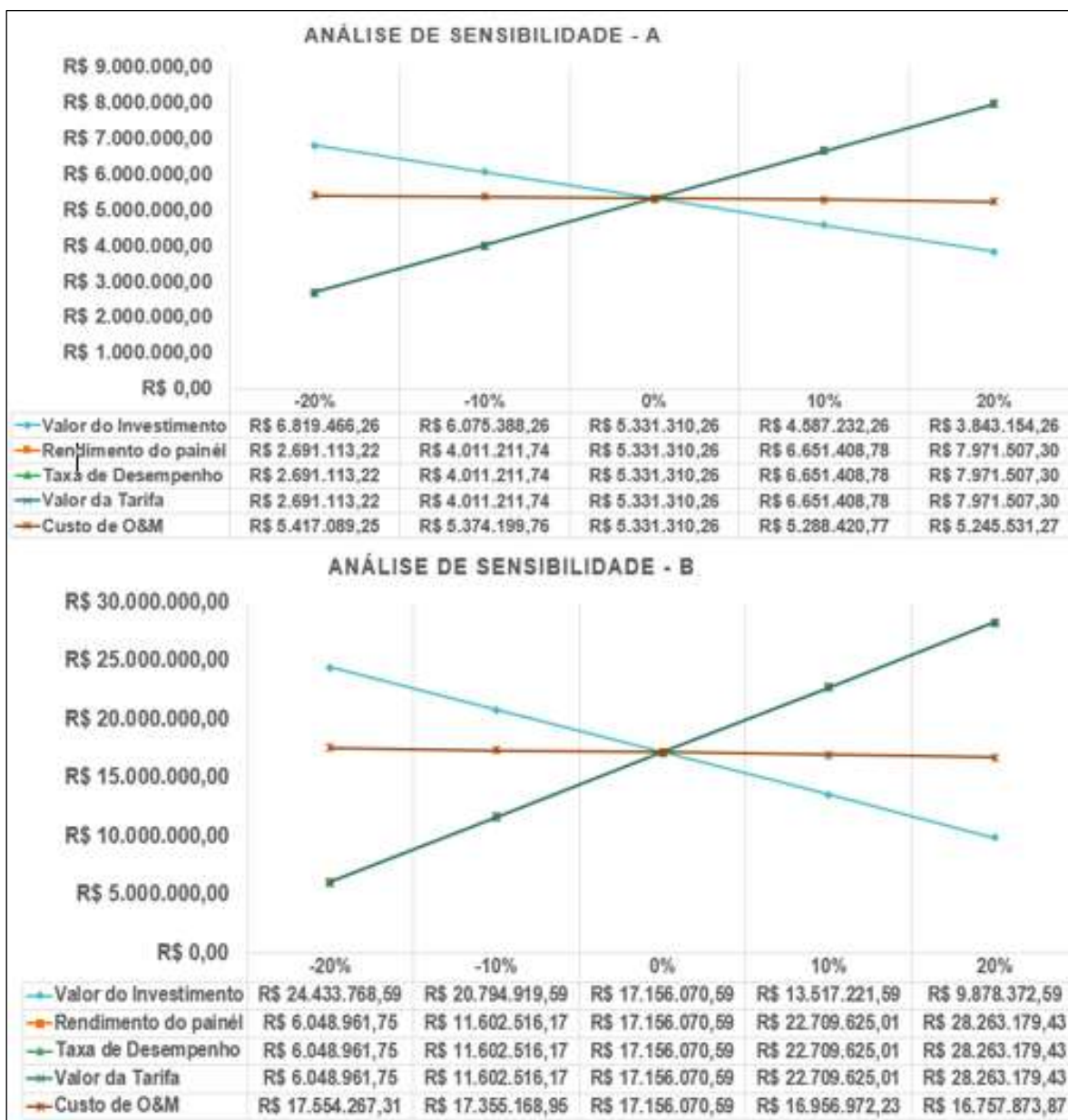
4.3.5.1 – Análise da sensibilidade dos parques industriais

Nas Figuras 5 e 6 são apresentadas análises de sensibilidade dos parques industriais.

⁹⁷ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

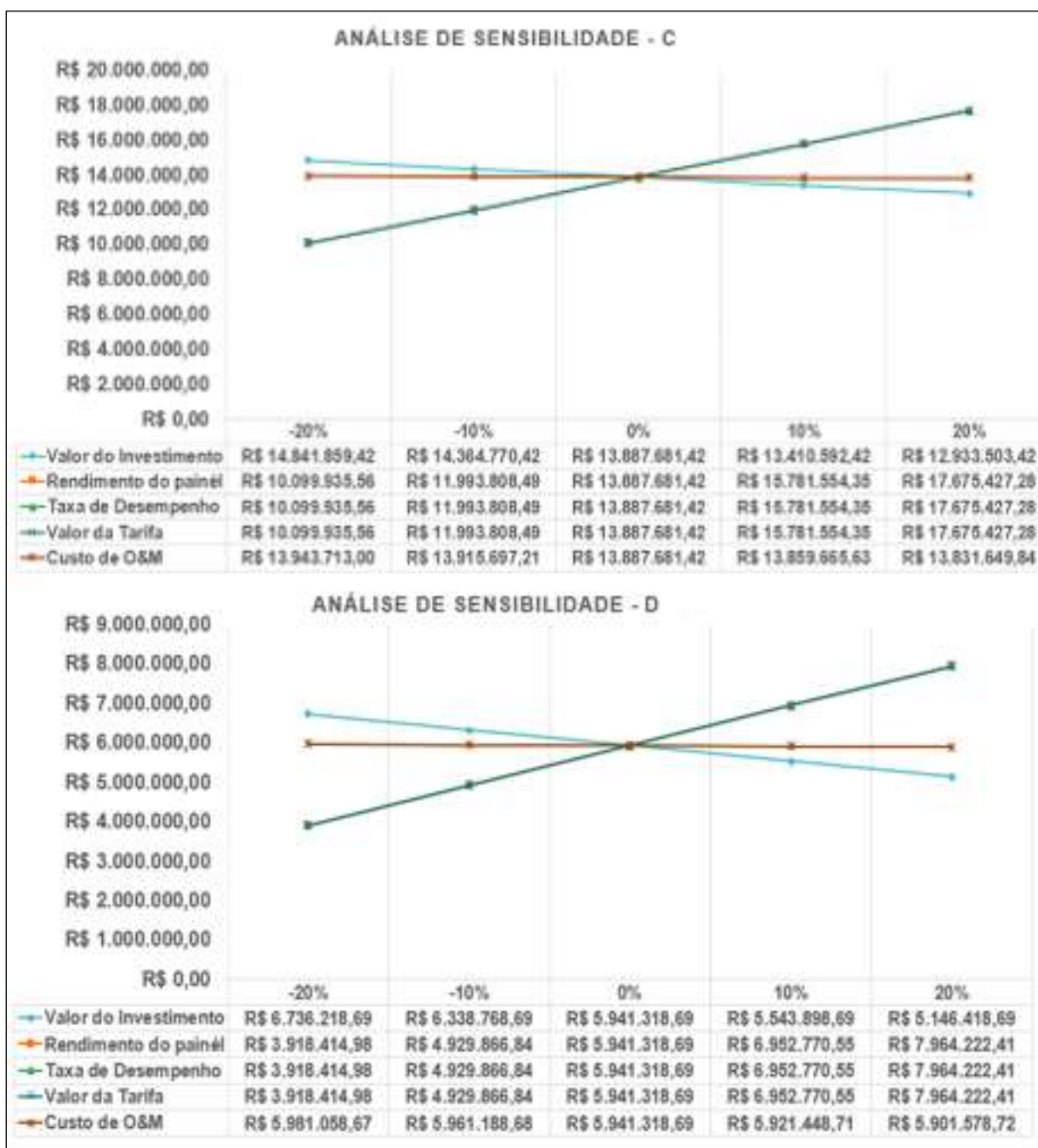
⁹⁸ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

Figura 5 - Análise de sensibilidade dos parques industriais (Localidade A e B) em termos de VPL



Fonte: O autor (2021)

Figura 6 - Análise de sensibilidade dos parques industriais (Localidade C e D)



Fonte: O autor (2021)

A análise de sensibilidade dos parques industriais demonstra a variação de -20% a +20% dos valores de variáveis e seus respectivos VPL. As variáveis sensibilizadas foram: valor do investimento (linha azul), rendimento do painel (linha laranja), taxa de desempenho (linha verde), valor da tarifa (linha azul escuro) e o custo de operação e manutenção (linha vermelha). Com a variação é possível identificar as variáveis mais sensíveis para a viabilidade econômico-financeira dos projetos.

Os resultados dos quatro parques industriais destacam que nenhuma variável apresenta inviabilidade do VPL na faixa de 20% positivo e/ou negativo, para a TMA adotada. Em geral, a maior sensibilidade identificada está nas variáveis: rendimento do painel, taxa de desempenho e o valor da tarifa (R\$/MWh).

Pode-se na Figura 6, quais são as variáveis mais sensíveis, sendo as variáveis com maior inclinação. Avaliando os gráficos da análise de sensibilidade dos parques industriais, Localidade A e B mostram a maior sensibilidade em suas variáveis (FIGURA 5). Os parques industriais das Localidades C e D mostram menor sensibilidade em suas variáveis (FIGURA 6). Estas variáveis retratam economicamente, quais são os maiores potenciais riscos ou sensibilidade de cada projeto.

Nos parques industriais das Localidades A e B, a variável do valor de investimento (linha azul escuro) mostra sensibilidade mais acentuada. Nos outros dois parques industriais, a variável do valor de investimento (linha azul escuro) mostra menor sensibilidade devido ao montante do mesmo. Especialmente no parque industrial da Localidade B, a variável do valor total de investimento (Data 0), apresentou a maior sensibilidade devido ao maior investimento que corresponde a R\$ 36.388.490,00.

A taxa de desempenho das placas solares usadas na pesquisa foi 0,75% ao ano. Os dados encontrados em relação à taxa de desempenho anual das placas solares, foram similares ao estudo de Dantas e Pompermayer (2018), onde destacam a taxa de desempenho anual de 0,7% ao ano.

Conforme o gráfico de análise de sensibilidade complementar da Localidade A, adotando uma TMA de XXX⁹⁹ % a.m. e uma TIR de XXX¹⁰⁰% a.m. (para VPL = 0) mostra o valor máximo de investimento da cobertura (R\$ Data 0) é de R\$5.331.310,26 (A empresa não autorizou divulgação dos dados). No gráfico, é possível verificar que conforme aumenta o custo do investimento (R\$ Data 0), a taxa interna de retorno diminui (a.m.), sendo que o valor máximo para investimento considerando as

⁹⁹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹⁰⁰ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

premissas apresentadas nesta análise é de R\$ 12.772.090,26. O valor da tarifa é XXX¹⁰¹ (R\$/MWh), mostrou que conforme aumentar o valor da tarifa, maior será a taxa interna de retorno (a.m.). O menor valor de tarifa para a viabilidade econômico-financeira analisada neste projeto seria de XXX¹⁰²/MWh (A empresa não autorizou divulgação dos dados)

Conforme o gráfico de análise de sensibilidade complementar da Localidade B, adotando uma TMA de XXX¹⁰³% a.m. e uma TIR de XXX¹⁰⁴% a.m. (para VPL = 0) mostra o valor máximo de investimento da cobertura (R\$ Data 0) é de R\$ 17.156.070,59. No gráfico, é possível verificar que conforme aumenta o custo do investimento (R\$ Data 0), a taxa interna de retorno diminui (a.m), sendo que o valor máximo para investimento considerando as premissas apresentadas nesta análise é de R\$ 53.544.560,59. O valor da tarifa é XXX¹⁰⁵(R\$/MWh), mostrou que conforme aumentar o valor da tarifa, maior será a taxa interna de retorno (a.m.). O menor valor de tarifa para a viabilidade econômico-financeira analisada neste projeto seria de XXX¹⁰⁶ (A empresa não autorizou divulgação dos dados).

Conforme o gráfico de análise de sensibilidade complementar da Localidade C, adotando uma TMA de XXX¹⁰⁷% a.m. e uma TIR de XXX¹⁰⁸% a.m. (para VPL = 0) mostra o valor máximo de investimento da cobertura (R\$ Data 0) é de R\$ 13.887.681,42. No gráfico, é possível verificar que conforme aumenta o custo do investimento (R\$ Data 0), a taxa interna de retorno diminui (a.m), sendo que o valor máximo para investimento considerando as premissas apresentadas nesta análise é

¹⁰¹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹⁰² Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹⁰³ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹⁰⁴ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹⁰⁵ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹⁰⁶ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹⁰⁷ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹⁰⁸ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

de R\$ 18.658.571,42. O valor da tarifa é XXX¹⁰⁹(R\$/MWh), mostrou que conforme aumentar o valor da tarifa, maior será a taxa interna de retorno (a.m.). O menor valor de tarifa para a viabilidade econômico-financeira analisada neste projeto seria de R\$ XXX¹¹⁰/MWh (A empresa não autorizou divulgação dos dados).

Conforme o gráfico de análise de sensibilidade complementar da Localidade D, adotando uma TMA de XXX¹¹¹% a.m. e uma TIR de XXX¹¹² % a.m. (para VPL = 0) mostra o valor máximo de investimento da cobertura (R\$ Data 0) é de R\$ 5.941.318,69. No gráfico, é possível verificar que conforme aumenta o custo do investimento (R\$ Data 0), a taxa interna de retorno diminui (a.m.), sendo que o valor máximo para investimento considerando as premissas apresentadas nesta análise é de R\$ 9.915818,69. O valor da tarifa é XXX¹¹³(R\$/MWh), mostrou que conforme aumentar o valor da tarifa, maior será a taxa interna de retorno (a.m.). O menor valor de tarifa para a viabilidade econômico-financeira analisada neste projeto seria de XXX¹¹⁴/MWh (A empresa não autorizou divulgação dos dados). Pontos máximos e mínimos foram calculados para os parques industriais, conforme pode ser visualizado na Tabela 19.

¹⁰⁹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹¹⁰ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹¹¹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹¹² Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹¹³ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹¹⁴ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

Tabela 19 – Pontos máximos e mínimos dos parques industriais

ANÁLISE DE PONTOS DE EQUILÍBRIO PARA UMA TMA DE XXX¹¹⁵ (Localidade A)			
FATORES DE VARIAÇÃO	VALORES DE CENÁRIO BASE	MÁX/MÍN. p/ VIAB.	% MÁX/MÍN. p/ VIAB.
Valor do Investimento	-R\$ 7.440.780,00	-R\$ 12.772.090,26	71,65%
Rendimento do painel	18,80%	11,21%	-40,37%
Taxa de Desempenho	75,00%	45,00%	-40,00%
Valor da Tarifa (R\$/MWh)	XXX	XXX	XXX
Custo de O&M (a.m.)	R\$ 2.645,38	R\$ 35.528,35	1243,03%
Custo de Cobertura	R\$ 0,00	-R\$ 5.331.310,26	-
Valor de troca de inversores em 15 anos	R\$ 0,00	-R\$ 9.665.626,01	-
ANÁLISE DE PONTOS DE EQUILÍBRIO PARA UMA TMA DE XXX¹¹⁶ (Localidade B)			
FATORES DE VARIAÇÃO	VALORES DE CENÁRIO BASE	MÁX/MÍN. p/ VIAB.	% MÁX/MÍN. p/ VIAB.
Valor do Investimento	-R\$ 36.388.490,00	-R\$ 53.544.560,59	47,15%
Rendimento do painel	18,70%	12,92%	-30,89%
Taxa de Desempenho	75,00%	51,83%	-30,89%
Valor da Tarifa (R\$/MWh)	XXX	XXX	XXX
Custo de O&M (a.m.)	R\$ 13.643,78	R\$ 131.210,57	861,69%
Custo de Cobertura	R\$ 0,00	-R\$ 17.156.070,59	-
Valor de troca de inversores em 15 anos	R\$ 0,00	-R\$ 37.907.977,12	-
ANÁLISE DE PONTOS DE EQUILÍBRIO PARA UMA TMA DE XXX¹¹⁷ (Localidade C)			
FATORES DE VARIAÇÃO	VALORES DE CENÁRIO BASE	MÁX/MÍN. p/ VIAB.	% MÁX/MÍN. p/ VIAB.
Valor do Investimento	-R\$ 4.770.890,00	-R\$ 18.658.571,42	291,09%
Rendimento do painel	18,70%	4,99%	-73,32%
Taxa de Desempenho	75,00%	20,00%	-73,33%
Valor da Tarifa (R\$/MWh)	XXX	XXX	XXX
Custo de O&M (a.m.)	R\$ 1.826,58	R\$ 92.371,81	4957,09%
Custo de Cobertura	R\$ 0,00	-R\$ 13.887.681,42	-
Valor de troca de inversores em 15 anos	R\$ 0,00	-R\$ 27.908.595,64	-
ANÁLISE DE PONTOS DE EQUILÍBRIO PARA UMA TMA DE XXX¹¹⁸ (Localidade D)			
FATORES DE VARIAÇÃO	VALORES DE CENÁRIO BASE	MÁX/MÍN. p/ VIAB.	% MÁX/MÍN. p/ VIAB.
Valor do Investimento	-R\$ 3.974.500,00	-R\$ 9.915.818,69	149,49%
Rendimento do painel	18,70%	7,72%	-58,74%
Taxa de Desempenho	75,00%	31,00%	-58,67%
Valor da Tarifa (R\$/MWh)	XXX	XXX	XXX
Custo de O&M (a.m.)	R\$ 1.434,08	R\$ 44.314,46	2990,10%

¹¹⁵ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹¹⁶ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹¹⁷ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹¹⁸ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

Custo de Cobertura	R\$ 0,00	-R\$ 5.941.318,69	-
Valor de troca de inversores em 15 anos	R\$ 0,00	-R\$ 14.528.571,41	-

Obs.: Os valores representados por XXX não foram disponibilizados devido a política de restrição de dados e confidencialidade dos dados dos parques industriais participantes da pesquisa.

Fonte: O autor (2021)

Na análise de pontos de equilíbrio para uma taxa mínima de atratividade (TMA) de XXX¹¹⁹ ao ano, foram considerados como fatores de variação: os valores de cenário base; o máximo e mínimo para a viabilidade; o percentual máximo e mínimo para a viabilidade (A empresa não autorizou divulgação dos dados). Na Localidade A, com o cenário base para o valor do investimento em R\$7.440.780,00, é possível aumentar em até 71,65% para a viabilidade do projeto. Com os seguintes cenários bases: rendimento do painel, taxa de desempenho e o valor da tarifa (R\$/MWh), podem reduzir em até 40% para a viabilidade do projeto. O custo da operação e manutenção (a.m.) com cenário base R\$2.645,38; pode aumentar em até 1243,03% para a viabilidade do projeto no parque industrial.

No Localidade B, com o cenário base para o valor do investimento em R\$36.388.490,00, é possível aumentar em até 47,15% para a viabilidade do projeto. Com os seguintes cenários bases: rendimento do painel, taxa de desempenho e o valor da tarifa (R\$/MWh), pode aumentar em até 30,89% para a viabilidade do projeto. O custo da operação e manutenção (a.m.) com cenário base R\$13.643,78, pode aumentar em até 861,69% para a viabilidade do projeto.

No Localidade C, com o cenário base para o valor do investimento em - R\$4.770.89,00, é possível aumentar em até 291,09% para a viabilidade do projeto. Com os seguintes cenários bases: rendimento do painel, taxa de desempenho e o valor da tarifa (R\$/MWh), podem reduzir em até 73,32% para a viabilidade do projeto. O custo da operação e manutenção (a.m.) com cenário base R\$1.826,58, pode aumentar em até 4957,09% para a viabilidade do projeto no parque industrial.

Na Localidade D, com o cenário base para o valor do investimento em -R\$3.974.500,00, é possível aumentar em até 149,49% para a viabilidade do projeto. Com os seguintes cenários bases: rendimento do painel, taxa de desempenho e o valor da tarifa (R\$/MWh), podem reduzir em até 58,67% para a viabilidade do projeto. O custo da operação e manutenção (a.m.) com cenário base R\$1.434,08, pode aumentar em até 2990,10% para a viabilidade do projeto no parque industrial. Os dados encontrados em relação ao custo de equipamentos, operação e manutenção,

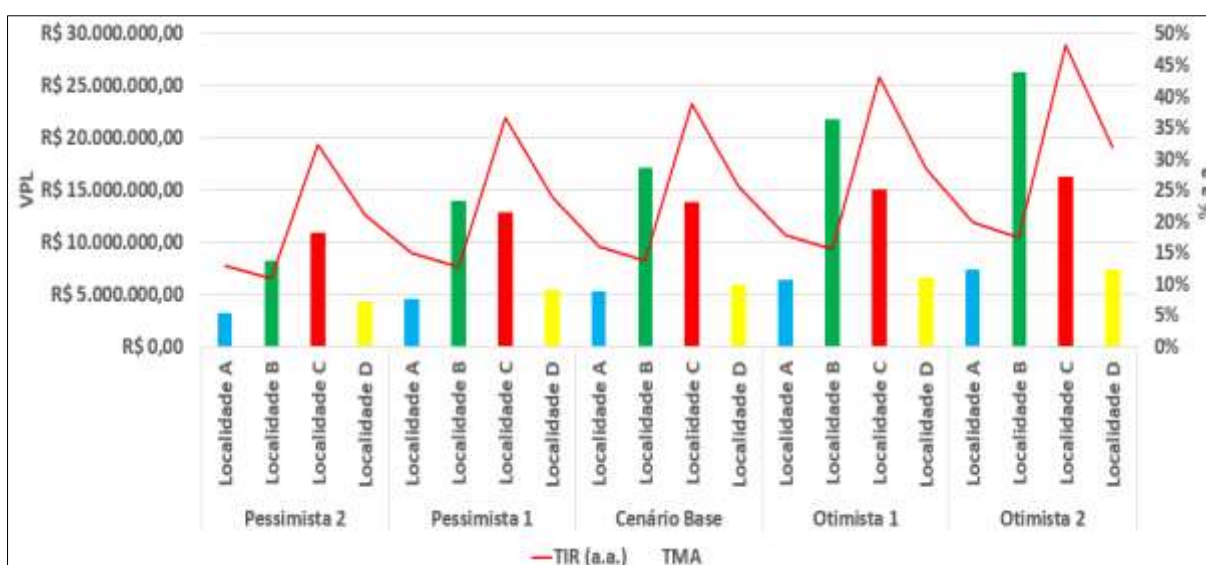
¹¹⁹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

foram semelhantes ao estudo de Dantas e Pompermayer (2018), onde destacam a necessidade de avaliar previamente os custos de equipamentos no sistema solar fotovoltaico no dimensionamento do sistema.

4.3.5.2 – Análise de cenários dos parques industriais

Tem-se na Figura 7, as análises de cinco cenários dos parques industriais (VPL e TIR).

Figura 7 – Análise de cenários dos parques industriais (VPL e TIR)



Fonte: O autor (2021)

Uma simulação de análise de cenários entre os parques industriais foi realizada para avaliar o comportamento do VPL e a TIR com os mesmos percentuais nas variáveis, considerando cinco simulações de cenários: Pessimista 1, Pessimista 2, Cenário Base, Otimista 1 e Otimista 2. Para o cenário base foi considerado somente o valor total do investimento, sem considerar o valor de investimento total da cobertura.

No estudo, foi considerada uma TMA de XXX¹²⁰% ao ano para todos os parques industriais e a TIR aumentou conforme a mudança de cenários, especialmente para o

¹²⁰ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

parque industrial da Localidade C. Entre os resultados, verificou-se que o VPL em reais aumenta conforme melhora no cenário de análise (Cenário pessimista 2 até o cenário otimista 2) (A empresa não autorizou divulgação dos dados).

Na análise de cenário, foi possível verificar um aumento em todos os parques industriais no VPL e na TIR, considerando a mesma TMA.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante o desenvolvimento deste estudo de viabilidade, o objetivo geral de analisar alternativas de energias renováveis viáveis econômica e financeiramente em parques industriais foi atingido, juntamente com os objetivos específicos sugeridos. As abordagens teóricas existentes sobre as alternativas de energias renováveis foram analisadas e discutidas mediante uma revisão sistemática de literatura. No mundo, os conceitos sobre o desenvolvimento e a segurança energética em parques industriais estão concentrados essencialmente em aplicações práticas e publicações, em especial nos últimos anos.

O primeiro objetivo específico sobre o mapeamento de matrizes energéticas das Localidades A, B, C e D foi alcançado, mediante análise em relatórios, relatórios internos energéticos, consulta com especialistas, *websites* e reuniões estratégicas do setor energético. A composição das matrizes energéticas (em avaliação por MJ) nos parques industriais foram: Localidade A 51% energia não renovável e 49% energia renovável; Localidade B 43% energia não renovável e 57% energia renovável; Localidade C 48% energia não renovável e 52% energia renovável; e Localidade D 45% energia não renovável e 55% energia renovável.

O segundo objetivo específico sobre o mapeamento das alternativas de energias renováveis disponíveis em cada localidade foi alcançado, mediante consulta com especialistas, *websites* e reuniões estratégicas do setor energético. As alternativas de energias renováveis disponíveis nos parques industriais foram: mercado de energia, biogás com resíduos de restaurante e esgoto, energia eólica, miniusina hidrelétrica e energia solar fotovoltaica.

O terceiro objetivo específico sobre a identificação das disponibilidades técnicas de cada uma das alternativas de energias renováveis mapeadas nas Localidades A, B, C e D, foi alcançado com a construção das informações técnicas e econômicas sobre o potencial de geração de cada energia e o interesse na análise dos gerentes. A alternativa de energia renovável selecionada para análise de viabilidade econômico-financeira foi a energia solar fotovoltaica, tendo em vista que as demais foram descartadas por não haver interesse atual e respaldo técnico conforme sugerido por gestores das plantas industriais.

O quarto objetivo específico sobre o apontamento das variáveis e premissas críticas para os projetos analisados. O projeto de energia solar fotovoltaica se mostra viável para todas Localidades analisadas, sem considerar os valores de coberturas eventualmente necessárias. Na Localidade B e D, a área industrial interna necessária atende as necessidades técnicas. Na Localidade A e C, apresentam como problema a falta de infraestrutura e área para instalar as placas solares fotovoltaicos.

Para o parque industrial da Localidade A, foi analisado um potencial de geração de energia elétrica de XXX¹²¹ (equivalente a XXX¹²² placas fotovoltaicas), em uma área de XXX¹²³ m². O valor de investimento total é equivalente a XXX¹²⁴ reais. Com os demais parâmetros e premissas adotadas, o projeto apresentou um VPL de R\$5.331.310,26, uma TIR de XXX¹²⁵ % a.a. e um *payback* descontado de 117 meses. As variáveis mais sensíveis para a viabilidade do projeto são: rendimento do painel, taxa de desempenho e o valor da tarifa (R\$/MWh).

Para o parque industrial da Localidade B, foi analisado um potencial de geração de energia elétrica de XXX¹²⁶ MWh/mês (equivalente a XXX¹²⁷ placas fotovoltaicas), em uma área de XXX¹²⁸ m². O valor de investimento total é equivalente a 36.388.490,00 reais. Com os demais parâmetros e premissas adotadas, o projeto apresentou um VPL de R\$17.156.070,59, uma TIR de XXX¹²⁹ % a.a. e um *payback* descontado de 133 meses. As variáveis mais sensíveis para a viabilidade do projeto são: rendimento do painel, taxa de desempenho e o valor da tarifa (R\$/MWh).

¹²¹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹²² Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹²³ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹²⁴ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹²⁵ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹²⁶ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹²⁷ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹²⁸ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹²⁹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

Para o parque industrial da Localidade C, foi analisado um potencial de geração de energia elétrica de XXX¹³⁰ MWh/mês (equivalente a XXX¹³¹ placas fotovoltaicas), em uma área de XXX¹³² m². O valor de investimento total é equivalente a 4.770.890,00 reais. Com os demais parâmetros e premissas adotadas, o projeto apresentou um VPL de R\$13.887.681,42, uma TIR de XXX¹³³ % a.a. e um *payback* descontado de 45 meses. As variáveis mais sensíveis para a viabilidade do projeto são: rendimento do painel, taxa de desempenho e o valor da tarifa (R\$/MWh).

Para o parque industrial da Localidade D, foi analisado um potencial de geração de energia elétrica de XXX¹³⁴ (equivalente a XXX¹³⁵ placas fotovoltaicas), em uma área de XXX¹³⁶ m². O valor de investimento total é equivalente a 3.974.500,00 reais. Com os demais parâmetros e premissas adotadas, o projeto apresentou um VPL de R\$5.941.318,69, uma TIR de XXX¹³⁷ % a.a. e um *payback* descontado de 66 meses. As variáveis mais sensíveis para a viabilidade do projeto são: rendimento do painel, taxa de desempenho e o valor da tarifa (R\$/MWh).

Com as análises realizadas, é importante ressaltar que este estudo não contabilizou valores equivalentes a infraestrutura/coberturas para instalação das placas fotovoltaicas. O valor máximo para investimentos em tais infraestruturas para que o projeto apresente viabilidade econômica mínima (TMA de XXX¹³⁸% a.a.) para as Localidades A, B, C e D, são de -5.331.310,26; -17.156.070,59, -13.887.681,42; -

¹³⁰ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹³¹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹³² Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹³³ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹³⁴ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹³⁵ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹³⁶ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹³⁷ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹³⁸ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

5.941.318,69, reais respectivamente. Esse ponto deve ser levado em conta para qualquer futura análise ou decisão.

Os resultados de viabilidade econômico-financeira nos projetos fotovoltaicos contribuem como estratégia de expansão econômica, das Localidades A, B, C e D. O estudo considerou o investimento para a aplicação do projeto fotovoltaico em diversos parques industriais, mas, distintas características podem influenciar na viabilidade econômico-financeira nos territórios, como: os custos dos equipamentos, áreas disponíveis para instalação dos projetos, os custos e tarifas energéticas, os índices de irradiação e a configuração das matrizes de consumo energético de cada Localidade.

5.1 DIFICULDADES E LIMITAÇÕES DO TRABALHO

O estudo realizado apresentou dificuldades devidas ao prazo disponível do projeto para as análises de viabilidade das alternativas de energias renováveis nas quatro Localidades. Com maior disponibilidade de tempo e ausência da pandemia COVID-19 para contatos com fornecedores, as questões e os estudos de viabilidade econômico-financeira poderiam ser mais explorados nas respectivas Localidades A, B, C e D.

Ainda, entre as limitações do estudo esteve, a impossibilidade de acesso as Localidades A, B, C e D para visitas técnicas com fornecedores especializados, conhecer as infraestruturas e características de cada parque industrial.

Outra limitação identificada é a necessidade de análise técnica detalhada para o aproveitamento das coberturas nos parques industriais para a instalação dos painéis fotovoltaicos. O valor do custo do investimento na cobertura dos parques industriais deve ser mais bem explorado em oportunidades futuras.

Outro fator limitante foi o período de pandemia provocado pelo coronavírus, dificultando a recepção de fornecedores para realização de visitas técnicas internas nos parques industriais e obtenção de propostas comerciais, como por exemplo, a infraestrutura de coberturas para instalações de placas. O maior número de orçamentos técnicos foi comprometido devido aos cuidados sanitários a partir de março 2020, pois os parques industriais apresentavam limitações quanto ao acesso presencial.

5.2 SUGESTÕES DE ESTUDOS FUTUROS

O estudo de viabilidade econômico-financeira em alternativas de energias renováveis em parques industriais, possibilita que sejam elaboradas análises em outros parques industriais e setores que possuam características similares para a implementação de sistemas solares fotovoltaicos para qualquer região.

Como continuidade desta pesquisa, recomenda-se a análise da geração e do uso do biogás por meio de resíduos de esgotos e resíduos orgânicos gerados como uma oportunidade de geração de energia.

Recomenda-se, também, o desenvolvimento de software com um banco de dados que promova o dimensionamento do sistema de geração de alternativas de energias renováveis, assim, incentivando a otimização de áreas internas dos parques industriais. Indica-se o desenvolvimento de modelos e softwares que incluam um número maior de variáveis relacionadas ao aproveitamento adequado de fontes de energias renováveis em paralelo.

Por fim, sugere-se estimar o cálculo do *value at risk (VaR)* para a mensuração do risco do projeto fotovoltaico entre as Localidades. Recomenda-se, também, o uso da Teoria das Opções Reais (TOR) como uma ferramenta de apoio nas tomadas de decisões para a avaliação de projetos de investimento fotovoltaicos, usando alternativas existentes no negócio em contextos econômicos futuros com maior flexibilidade nas opções gerenciais para a vantagem competitiva.

REFERÊNCIAS

ABBAS, S., CHIANG HSIEH, L.H., TECHATO, K., TAWEEKUN, J. Sustainable production using a resource–energy–water nexus for the Pakistani textile industry. **Journal of Cleaner Production**. 271,122633. 2020.

ABDULRAHMAN, A.; O.; HUISINGH, D. The role of biomass as a cleaner energy source in Egypt's energy mix. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 3918–3930, 2018.

ADARAMOLA, M.; S.; VAGNES, E.; E.; T. Preliminary assessment of a small-scale rooftop PV-grid tied in Norwegian climatic conditions. **Energy Conversion and Management**, v. 90, p. 458–465, jan. 2015.

ANTON, S.; G.; AFLOAREI NUCU, A.; E. The effect of financial development on renewable energy consumption. A panel data approach. **Renewable Energy**, 147, pp. 330-338, 2020.

ANYANWU, C.; N.; EZE, I.; S.; OPARAKU, O.; U.; SHARMA, V.; K.; BRACCIO, G.; CONTUZZI, L. Biofuels: An alternative resource for mitigating primary energy shortfalls in Nigeria. **International Energy Journal**, v. 9, n. SPEC. ISSUE, p. 31–36, 2008.

ARENA, C.; GENCO, M.; LOMBARDO, A.; MELI, I.; MAZZOLA, M.R. A Cost-Benefit Based, Parametric Procedure to Screen Existing Irrigation and Municipal Supply Reservoirs for Wind Energy Storage. **Water**, v. 10, n. 12, 2018.

ASUMADU-SARKODIE, S.; OWUSU, P.; A. A review of Ghana's solar energy potential. **Aims Energy**, v. 4, n. 5, p. 675–696, 2016.

ATLAS SOLAR PARANÁ. **Atlas solar do Estado do Paraná**. 2020. Disponível em: <http://atlassolarparana.com/map.jsessionid=34FBCA1E3A1654991EB6E435E1C5393D> Acesso em: 20 nov. 2020.

AZZOUNI, D.; ELOUTASSI, N.; LAHKIMI, A.; LOUASTÉ, B.; CHAOUCH, M. Production of the Bioenergy from the Industrial Waste. **Materials Today: Proceedings**, v. 13, p. 607–614, 2019.

BAIN, R.; L. Electricity from biomass in the United States: Status and future direction. **Bioresource Technology**, v. 46, n. 1, p. 86–93, 1993.

BARBIER, E.; FANELLI, M. Non-electrical uses of Geothermal energy. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 3, n. 2, p. 73–103, 1977.

BARTON, J.; E. Energy in industry — The role for OR. **European Journal of**

Operational Research, v. 31, n. 2, p. 250–258, 1987.

BELEYA, P.; VEERAPAN, G.; DING, W. J.; TAN, J. **Challenges in attaining sustainable development goals in port Klang: Port management perspective.** *International Journal of Supply Chain Management*, v. 9, n. 1, p. 349–355, 2020

BERNARDES, E.; R.; CAMACHO, J.; R. Viability of distributed generation with biogas and photovoltaic in an isolated system. **Renewable Energy and Power Quality Journal**, v. 17, p. 343–348, 2019.

BOYLE, S. Making a renewable energy future a reality: Case studies in successful renewable energy development. **Renewable Energy**, v. 5, n. 5, p. 1322–1333, 1994.

CARRIER, R.; E. Energy conservation through urban transportation planning. **Transportation Research**, v. 8, n. 4, p. 493–501, 1974.

CARVALHO, M. F.; FILHO, O. S.S.; FERNANDES, C. A. O. Planejamento da manufatura-práticas industriais e métodos de otimização. **Gestão & Produção**, v.5, n.1, p.34-59, 1998.

CCEE. **Câmara de Comercialização de Energia Elétrica.** Disponível em: https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/inicio?_afLoop=88264045588060&_adf.ctrl-state=1aivi7ajhq_1 Acesso em: 5 abr. 2020

COIMBRA-ARAÚJO, C.; H.; MARIANE, L.; JÚNIOR, C.; B.; FRIGO, E.; P.; FRIGO, M.; S.; ARAÚJO, I.; R.; C.; ALVES, H.; J. Brazilian case study for biogas energy: Production of electric power, heat and automotive energy in condominiums of agroenergy. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v. 40, p. 826–839, 2014.

COLMENAR-SANTOS, A.; CAMPÍÑEZ-ROMERO, S.; PÉREZ-MOLINA, C.; MUR-PÉREZ, F. Repowering: An actual possibility for wind energy in Spain in a new scenario without feed-in-tariffs. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 41, p. 319–337, 2015.

COMERC. **COMERC Compra de Energia Livre.** Disponível em: https://www.comerc.com.br/o-mercado-livre-de-energia?m_campaign=735360616&m_adgroup=38284186037&m_keyword=comerc&m_type=e&m_position=&m_device=c&qclid=CjwKCAiAiML-BRAAEiwAuWVggn9_1sQrtY2dRY1_mUhW3YeFWpGRDTxdZ6nK4toRoagiWvNQeGG6hoCZrkQAvD_BwE Acesso em: 20 ago. 2020.

CRESWELL, J. W.; **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto.** 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

DANTAS, S. G.; POMPERMAYER, F. M. **Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos no Brasil e possível efeito no setor elétrico**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA. Rio de Janeiro, 2018.

D'ADAMO, I., FALCONE, P. M., GASTALDI, M., MORONE, P. The economic viability of photovoltaic systems in public buildings: Evidence from Italy. **Energy**, 2020.

DE CAMPOS, E. A.; PAGANI, R. N.; RESENDE, L. M.; PONTES, J. Construction and qualitative assessment of a bibliographic portfolio using the methodology Methodi Ordinatio. **Scientometrics**, v. 116, n. 2, p. 815-842, 2018.

DE CLERCQ, D.; WEN, Z.; GOTTFRIED, O.; SCHMIDT, F.; FEI, F. A review of global strategies promoting the conversion of food waste to bioenergy via anaerobic digestion. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 79, p. 204–221, 2017.

DE LARA FILHO, M.; O.; UNSIHUAY-VILA, C.; DA SILVA, V.; R.; Technical and economic viability of the installation of a hybrid solar-wind generation system in a Brazilian industry. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 62, n. SI, 2019.

DE SILVA, C.; L., DE OLIVEIRA RABELO, J.; M.; RAMAZZOTTE, V.; C.; B.; ROSSI, L.; F.; S.; BOLLAMANN, H.; A. The chain of biogas and local sustainability: An analysis of the socioeconomic environment of energy from municipal solid waste landfill of pipe in curitiba . **Innovar**, v. 19, n. 34, p. 83–98, 2009.

EPE. **EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA**. Informe técnico n° EPE-DEE-IT-096/2020 resultado do leilão de energia a-4/2020. Disponível em: http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-110/EPE-DEE-IT-096_A4_2017_Versão_Final.pdf. Acesso em: 10 dez. 2020.

FERREIRA, L.; R.; A.; OTTO, R.; B.; SILVA, F.; P.; DE SOUZA, S.; N.; M.; S., DE SOUZA, S.; N.; M.; S.; ANDO JUNIOR, O.; H. Review of the energy potential of the residual biomass for the distributed generation in Brazil. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v. 94, p. 440–455, 2018.

FIEP. **Federação das Indústrias do Estado do Paraná**. Disponível em http://www.fiepr.org.br/premiodejornalismo/uploadAddress/Energia_Limpa%5B83849%5D.pdf Acesso em: 22 jun. 2020.

FUNDEP. **Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa**. Disponível em: http://www.fundep.ufmg.br/wp-content/uploads/2020/02/Chamada-Rota-2030_BIO.pdf Acesso em: 10 nov. 2020.

GARCIA, G.; NOGUEIRA, E.; F.; BETINI, R.; C. Solar energy for residential use and its contribution to the energy matrix of the State of Paraná. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 61, n. Specialissue, 2018.

GORDIC, D.; BABIC, M.; JOSICIC, N.; SUSTERSIC, V.; KONCALOVIC, D. Development of energy management system - Case study of Serbian car manufacturer. **Energy Conversion and Management**, v. 51, n. 12, p. 2783–2790, 2010.

HALL, C.; A.; S.; HALL, M.; H.; P. The efficiency of land and energy use in tropical economies and agriculture. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 46, n. 1, p. 1–30, 1993.

HEFFRON, R.; KÖRNER, M. F.; WAGNER, J.; WEIBELZAHN, M.; FRIDGEN, G. Industrial demand-side flexibility: A key element of a just energy transition and industrial development. **Applied Energy**, 2020.

HONDA. **HONDA ENERGY**. 2020. Disponível em: <https://www.honda.com.br/noticias/honda-energy-comemora-quatro-anos-de-operacoes>. Acesso em: 16 dez. 2020.

HOSSEINI, S.; E.; ABDUL WAHID, M.; JAMIL, M.; M.; AZLI, A.; A.; M.; MISBAH, M.; F.; WAHID, M.; A.; JAMIL, M.; M.; AZLI, A.; A.; M.; MISBAH, M.; F. A review on biomass-based hydrogen production for renewable energy supply. **International Journal of Energy Research**, v. 39, n. 12, p. 1597–1615, 2015.

LESP. **Laboratório de Estudos em Sistemas Produtivos Sustentáveis**. Disponível em: <http://pg.utfpr.edu.br/lesp/> Acesso em: 11 set. 2019.

MAPFRE. **MAPFRE GLOBAL RISCOS**. Disponível em: <https://www.mapfreglobalrisks.com/gerencia-riesgos-seguros/estudos/o-peso-das-energias-renovaveis-na-matriz-energetica-dos-paises-latino-americanos/?lang=pt-br> Acesso em: 25 mai. 2020.

NADALETI, W.; C.; SANTOS, G.; B.; LOURENÇO, V.; A. The potential and economic viability of hydrogen production from the use of hydroelectric and wind farms surplus energy in Brazil: A national and pioneering analysis. **International Journal of Hydrogen Energy**, 2019.

NJOKU, H. O.; OMEKE, O. M. Potentials and financial viability of solar photovoltaic power generation in Nigeria for greenhouse gas emissions mitigation. **Clean Technologies and Environmental Policy**, pp. 481-492. 2020.

NOTTON, G.; MISTRUSHI, D.; STOYANOV, L.; BERBER, P. Operation of a photovoltaic-wind plant with a hydro pumping-storage for electricity peak-shaving in an island context. **Solar Energy**, v. 157, p. 20–34, nov. 2017.

OLABI, A. G., WILBERFORCE, T., ABDELKAREEM, M. A. Fuel cell application in the automotive industry and future perspective. **Energy**, v.2, 98-112. 2021.

OLIVEIRA, M. H. F. **A avaliação econômica-financeira de investimentos sob condição de incerteza: uma comparação entre o método de Monte Carlo e o VPL Fuzzy**. Universidade de São Paulo, 2008.

ONU. **Organização das Nações Unidas**. Relatório dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. 2016. Disponível em: http://www.agenda2030.org.br/saiba_mais/publicacoes. Acesso em 2 de out. 2020.

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. **Scientometrics**, v. 105, n. 3, p. 2109-2135, 2015.

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; DE RESENDE, L. M. M. Avanços na composição da Methodi Ordinatio para revisão sistemática de literatura. **Ciência da Informação**, v. 46, n. 2, 2017.

PICHLER, M., KRENMAYR, N., SCHNEIDER, E., BRAND, U. EU industrial policy: Between modernization and transformation of the automotive industry. **Environmental Innovation and Societal Transitions**. v.38, 140-152. 2021.

PILLAI, I.; R.; BANERJEE, R. Renewable energy in India: Status and potential. **Energy**, v. 34, n. 8, p. 970–980, 2009.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. CEPEL - CRESESB. Rio de Janeiro, 2014.

PISUTPAISAL, N.; BOONYAWANICH, S.; SAOWALUCK, H. Feasibility of Biomethane Production from Banana Peel. **Energy Procedia**, v. 50, p. 782–788, 2014.

PLANALTO. **Lei nº 13.755, de 10 de dezembro de 2018**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2015-2018/2018/lei/L13755.htm Acesso em: 20 ago. 2020.

SALVADOR, R.; BARROS, M.; V.; ROSÁRIO, J.; G.; P.; PIEKARSKI, C.; M.; DA LUZ, L.; M.; DE FRANCISCO, A.; C. Life cycle assessment of electricity from biogas: A systematic literature review. **Environmental Progress & Sustainable Energy** v. 38, p. 13133-8, 2018.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análises de investimentos**. 5ª edição. Editora Atlas 2006.

SULLIVAN, W. G.; WICKS, E. M.; KOELLING, C. P. **Engineering Economy** 16th Edition. Standalone book. Pearson, 2015.

TORRES, R. C. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de**

energia elétrica em edificações residenciais. 2012. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica., Universidade de São Paulo. São Carlos, 2012.

TRIGEORGIS, L. The Nature of Options Interactions and the Valuation of Investment with Multiple Real Options. **Journal of Financial and Qualitative Analysis**, v. 28, n. 1, p. 202-224, 1993.

UPME. **Unidad de Planeacion Minero Energetica.** Disponível em: [https://www1.upme.gov.co/Seguimiento/Paginas/Gestion integral del riesgo.aspx](https://www1.upme.gov.co/Seguimiento/Paginas/Gestion%20integral%20del%20riesgo.aspx) Acesso em: 20 mai. 2020.

UTFPR. **Universidade Tecnológica Federal do Paraná.** Disponível em: <http://portal.utfpr.edu.br/cursos/mestrado-e-doutorado/ppgep-ponta-grossa>. Acesso em: 09 set. 2019.

VOLVO CARS. **Inovação humana.** Disponível em <https://www.volvocars.com/br/porque-volvo/inovacao-humana/volvo-recharged>. Acesso em: 16 dez. 2019.

VW NEWS. **Volkswagen Design.** Disponível em: https://www.comerc.com.br/mercado-livre-de-energia?m_campaign=735360616&m_adgroup=38284186037&m_keyword=comerc&m_type=e&m_position=&m_device=c&gclid=CjwKCAiAiML-BRAAEiwAuWVggn9_1sQrtY2dRY1_mUhW3YeFWpGRDTxdZ6nK4toRoagiWvNQeGG6hoCZrkQAvD_BwE Acesso em: 20 ago. 2020.

WILLIAMS, O. Nuclear Energy in South Africa: An Opportunity for Greater Energy Efficiency and Energy Security. **Eras**, v. 16, n. 2, p. 79–99, jan. 2015.

YANG, T.; ATHIENITIS, A.; K. Performance Evaluation of Air-based Building Integrated Photovoltaic/Thermal (BIPV/T) System with Multiple Inlets in a Cold Climate. **Procedia Engineering**, v. 121, p. 2060–2067, 2015.

YASEEN, M.; ABBAS, F.; SHAKOOR, M.; B.; FAROOQUE, A.; A.; RIZWAN, M. Biomass for renewable energy production in Pakistan: current state and prospects. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 13, n. 2, 2020.

YIN, C.; LI, S. Advancing grate-firing for greater environmental impacts and efficiency for decentralized biomass/wastes combustion. **Energy Procedia**, v. 120, p. 373–379, 2017.

ZHANG, A.; ZHANG, H.; QADRAN, M.; YANG, W.; JIN, X.; WU, J. Optimal Planning of Integrated Energy Systems for Offshore Oil Extraction and Processing Platforms. **Energies**, v. 12, n. 4, 2019.

ZIUKU, S.; MEYER, E.; L. Implementing building integrated photovoltaics in the housing sector in South Africa. **Journal of Energy in Southern Africa**, v. 24, n. 2, p. 77–82, 2013.

APENDICE A - Características dos artigos encontrados na literatura

Apêndice A - Características dos artigos encontrados na literatura

ID	Autores	Título	Ano	Periódico	Fi	Ci	InOrdinatio
1	Pillai, I. R. and Banerjee, R.	Renewable energy in India: Status and potential	2009	Energy	5,537	179	174,005537
2	Hosseini, S. E., Andwari, A. M., Wahid, M. A. and Bagheri, G.	A review on green energy potentials in Iran	2013	Renewable e Sustainable Energy Reviews	10,556	151	166,010556
3	Gordic, D., Babic, M., Jovicic, N., Sustersic, V., Koncalovic, D., Jelic, D.	Development of energy management system - Case study of Serbian car manufacturer	2010	Energy Conversion and Management	7,181	116	116,007181
4	Adaramola, M. S. and Vagnes, E. E. T.	Preliminary assessment of a small-scale rooftop PV-grid tied in Norwegian climatic conditions	2015	Energy Conversion and Management	7,181	84	109,007181
5	Hosseini, S. E., Abdul Wahid, M., Jamil, M. M., Azli, A. A. M., Misbah, M. F., Wahid, M. A., Jamil, M. M., Azli, A. A. M. and Misbah, M. F.	A review on biomass-based hydrogen production for renewable energy supply	2015	International Journal of Energy Research	3,343	84	109,003343
6	Harris, C. M. and Kell, D. B.	The estimation of microbial biomass	1985	Biosensors	0	209	84
7	De Clercq, D., Wen, Z., Gottfried, O., Schmidt, F. and Fei, F.	A review of global strategies promoting the conversion of food waste to bioenergy via anaerobic digestion	2017	Renewable and Sustainable Energy Reviews	10,56	39	74,01056
8	Trapani, K. and Millar, D. L.	Proposing offshore photovoltaic (PV) technology to the energy mix of the Maltese islands	2013	Energy Conversion and Management	7,181	56	71,007181
9	Coimbra-Araújo, C. H., Mariane, L., Júnior, C. B., Frigo, E. P., Frigo, M. S., Araújo, I. R. C. and Alves, H. J.	Brazilian case study for biogas energy: Production of electric power, heat and automotive energy in condominiums of agroenergy	2014	Renewable and Sustainable Energy Reviews	10,56	45	65,01056

10	Meza, C. G., Rodriguez, C. Z., D'Aquino, C. A., Amado, N. B., Rodrigues, A. and Sauer, I. L.	Toward a 100% renewable island: A case study of Ometepe's energy mix	2019	Renewable Energy	5,439	17	62,005439
11	Abdulrahman, A. O. and Huisingh, D.	The role of biomass as a cleaner energy source in Egypt's energy mix	2018	Journal of Cleaner Production	6,395	21	61,006395
12	Colmenar-Santos, A., Campiñez-Romero, S., Pérez-Molina, C. and Mur-Pérez, F.	Repowering: An actual possibility for wind energy in Spain in a new scenario without feed-in-tariffs	2015	Renewable and Sustainable Energy Reviews	10,56	34	59,01056
13	Varbanov, P. S. and Klemes, J. J.	Total Sites Integrating Renewables With Extended Heat Transfer and Recovery	2010	Heat Transfer Engineering	1,703	59	59,001703
14	Ferreira, L. R. A., Otto, R. B., Silva, F. P., De Souza, S. N. M. S., De Souza, S. N. M. S. and Ando Junior, O. H.	Review of the energy potential of the residual biomass for the distributed generation in Brazil	2018	Renewable e Sustainable Energy Reviews	10,556	14	54,010556
15	Notton, G., Mistrushi, D., Stoyanov, L. and Berber, P.	Operation of a photovoltaic-wind plant with a hydro pumping-storage for electricity peak-shaving in an island context	2017	Solar Energy	4,674	19	54,004674
16	Scoccia, R., Toppi, T., Aprile, M. and Motta, M.	Absorption and compression heat pump systems for space heating and DHW in European buildings: Energy, environmental and economic analysis	2018	Journal of Building Engineering	2,378	14	54,002378
17	Yaseen, M., Abbas, F., Shakoor, M. B., Farooque, A. A. and Rizwan, M.	Biomass for renewable energy production in Pakistan: current state and prospects	2020	Arabian Journal of Geosciences	1,141	0	50,001141
18	Yin, C. and Li, S.	Advancing grate-firing for greater environmental impacts and efficiency for decentralized biomass/wastes combustion	2017	Energy Procedia	0	12	47
19	González-Aparicio, I., Kapetaki, Z., Tzimas, E., Gonzalez-Aparicio, I., Kapetaki, Z. and Tzimas, E.	Wind energy and carbon dioxide utilisation as an alternative business model for energy producers: A case study in Spain	2018	Applied Energy	8,426	6	46,008426
20	Nadaleti, W. C., Borges dos Santos, G. and Lourenço, V. A.	The potential and economic viability of hydrogen production from the use of hydroelectric and wind farms surplus	2019	International Journal of Hydrogen Energy	4,084	1	46,004084

		energy in Brazil: A national and pioneering analysis					
21	Zhang, A., Zhang, H., Qadrdan, M., Yang, W., Jin, X. and Wu, J.	Optimal Planning of Integrated Energy Systems for Offshore Oil Extraction and Processing Platforms	2019	Energies	2,707	1	46,002707
22	He, X. and Hägg, M. B.	Energy Efficient Process for CO2 Capture from Flue gas with Novel Fixed-site-carrier Membranes	2014	Biosensors	0	26	46
23	de Lara Filho, M. O., Unsihuay-Vila, C. and da Silva, V. R.	Technical and economic viability of the installation of a hybrid solar-wind generation system in a Brazilian industry	2019	Brazilian Archives of Biology and Technology	0,758	0	45,000758
24	Azzouni, D., Eloutassi, N., Lahkimi, A., Louasté, B. and Chaouch, M.	Production of the Bioenergy from the Industrial Waste	2019	Materials Today: Proceedings	0	0	45
25	Bernardes, E. R. and Camacho, J. R.	Viability of distributed generation with biogas and photovoltaic in an isolated system	2019	Renewable Energy and Power Quality Journal	0	0	45
26	Arena, C., Genco, M., Lombardo, A., Meli, I. and Mazzola, M. R.	A cost-benefit based, parametric procedure to screen existing irrigation and municipal supply reservoirs for wind energy storage	2018	Water (Switzerland)	2,524	2	42,002524
27	Heng, D. L. K.	Bio Gas Plant Green Energy From Poultry Wastes In Singapore	2017	Energy Procedia	0	7	42
28	Garcia, G., Nogueira, E. F. and Betini, R. C.	Solar energy for residential use and its contribution to the energy matrix of the State of Paraná	2018	Brazilian Archives of Biology and Technology	0,758	0	40,000758
29	Kang, C. N. and Cho, S. H.	Thermal and electrical energy mix optimization(EMO) method for real large-scaled residential town plan	2018	Journal of Electrical Engineering and Technology	0,715	0	40,000715
30	Asumadu-Sarkodie, S. and Owusu, P. A.	A review of Ghana's solar energy potential	2016	Aims Energy	0	10	40
31	Kontic, B.; Bohanec, M., Kontic, D.; Trdin, N. and Matko, M.	Improving appraisal of sustainability of energy options - A view from Slovenia	2016	Energy Policy	4,88	8	38,00488

32	Flores, H. F. V., Furubayashi, T. and Nakata, T.	Decentralised electricity generation system based on local renewable energy sources in the Honduran rural residential sector	2016	Clean Technologies and Environmental Policy	2,277	8	38,002277
33	Pereira, C. A., Coelho, P. M., Fernandes, J. F. and Gomes, M. H.	Study of an energy mix for the production of hydrogen	2017	International Journal of Hydrogen Energy	4,084	2	37,004084
34	Pisutpaisal, N., Boonyawanich, S. and Saowaluck, H.	Feasibility of Biomethane Production from Banana Peel	2014	Energy Procedia	0	17	37
35	Yang, T. and Athienitis, A. K.	Performance Evaluation of Air-based Building Integrated Photovoltaic/Thermal (BIPV/T) System with Multiple Inlets in a Cold Climate	2015	Procedia Engineering	0	9	34
36	Kent, M. D., Curtis, H., Darcy, R., Stapleton, L. and Norton, S.	Efficiencies through the Automatic Control of Age-Profiled Manufacturing Machines: A Case Study of Cost-Saving in an Irish Production Facility	2016	IFAC-PapersOnLine	0	2	32
37	Williams, O.	Nuclear Energy in South Africa: An Opportunity for Greater Energy Efficiency and Energy Security	2015	Eras	0	1	26
38	Ziuku, S. and Meyer, E. L.	Implementing building integrated photovoltaics in the housing sector in South Africa	2013	Journal of Energy in Southern Africa	1,016	3	18,001016
39	Schwob, M. R. V., Henriques, M. and Szklo, A.	Technical potential for developing natural gas use in the Brazilian red ceramic industry	2009	Applied Energy	8,426	21	16,008426
40	Haas, R.	Market deployment strategies for photovoltaics: an international review	2003	Renewable and Sustainable Energy Reviews	10,56	43	8,01056
41	Cecelski, E.W.	From Rio to Beijing: Engendering the energy debate	1995	Energy Policy	4,88	81	6,00488
42	Lema, A. and Ruby, K.	Towards a policy model for climate change mitigation: China's experience	2006	Energy for Sustainable Development	3,307	26	6,003307

		with wind power development and lessons for developing countries					
43	Plaza, R.	The south American dilemma: Sustainable development and renewable energies-can transnational power grids assist in solving it?	2011	Macquarie Journal of International and Comparative Environmental Law	0	0	5
44	Serpa, P. and Zilles, R.	The diffusion of photovoltaic technology in traditional communities: the contribution of applied anthropology	2007	Energy for Sustainable Development	3,307	17	2,003307
45	de Silva, C. L., de Oliveira Rabelo, J. M., Ramazzotte, V. C. B., Rossi, L. F. S. and Bollamann, H. A.	The chain of biogas and local sustainability: An analysis of the socioeconomic environment of energy from municipal solid waste landfill of pipe in Curitiba	2009	Innovar	0	0	-5
46	Anyanwu, C. N., Eze, I. S., Oparaku, O. U., Sharma, V. K., Braccio, G. and Contuzzi, L.	Biofuels: An alternative resource for mitigating primary energy shortfalls in Nigeria	2008	International Energy Journal	0	1	-9
47	Hall, C. A. S. and Hall, M. H. P.	The efficiency of land and energy use in tropical economies and agriculture	1993	Agriculture, Ecosystems & Environment	3,954	50	-34,996046
48	Lugg, A. and Probert, D.	Indoor radon gas: A potential health hazard resulting from implementing energy-efficiency measures	1997	Applied Energy	8,426	29	-35,991574
49	Bain, R. L.	Electricity from biomass in the United States: Status and future direction	1993	Bioresource Technology	6,669	47	-37,993331
50	La Rovere, E. L., Legey, L. F. L. and Miguez, J. D. G.	Alternative energy strategies for abatement of carbon emissions in Brazil A cost-benefit analysis	1994	Energy Policy	4,88	28	-51,99512
51	Dutt, G.S. and Mills, E.	Illumination and sustainable development Part II: Implementing lighting efficiency programs	1994	Energy for Sustainable Development	3,307	19	-60,996693

52	Oktik, S.	Low cost, non-vacuum techniques for the preparation of thin/thick films for photovoltaic applications	1988	Progress in Crystal Growth and Characterization	0	42	-68
53	Boyle, S.	Making a renewable energy future a reality: Case studies in successful renewable energy development	1994	Renewable Energy	5,439	7	-72,994561
54	Gupta, S.	Utilization potential of solar energy in the Indian silk industry	1994	Energy Conversion and Management	7,181	4	-75,992819
55	Kaya, A. and Keyes, M. A.	Energy management technology in pulp, paper and allied industries	1980	IFAC Proceedings Volumes	0	39	-111
56	Barbier, E. and Fanelli, M.	Non-electrical uses of Geothermal energy	1977	Progress in Energy and Combustion Science	26,467	51	-113,973533
57	Barton, J. E.	Energy in industry — The role for OR	1987	European Journal of Operational Research	3,806	0	-114,996194
58	Gileadi, E., Srinivasan, S., Salzano, F. J., Braun, C., Beaufriere, A., Gottesfeld, S., Nuttall, L. J. and Laconti, A. B.	An electrochemically regenerative hydrogen—chlorine energy storage system for electric utilities	1977	Journal of Power Sources	7,467	48	-116,992533
59	Sørensen, B.	On the fluctuating power generation of large wind energy converters, with and without storage facilities	1978	Solar Energy	4,374	26	-133,995626
60	Foell, W. K.	A systems approach to regional energy/environment management	1980	Regional Science and Urban Economics	2,092	12	-137,997908
61	Dugger, G. L., Francis, E. J. and Avery, W. H.	Technical and economic feasibility of Ocean Thermal Energy Conversion	1978	Solar Energy	4,674	15	-144,995326
62	Weingart, J. M.	Global aspects of sunlight as a major energy source	1979	Energy	5,537	8	-146,994463
63	Smith, C. B. and Fazzolare, R. A.	Energy use management—An appropriate technology	1979	Energy Conversion	0	6	-149
64	Carrier, R. E.	Energy conservation through urban transportation planning	1974	Transportation Research	3,693	7	-172,996307

Fonte: O autor (2021)

APENDICE B – Aspectos do Portfólio Final

Apêndice B – Aspectos do Portfólio Final

ID	Referência	País	Universidade	Pesquisa	Área de Atuação	Metodologia
1	Pillai e Banerjee (2009)	Índia	Indian Institute of Technology Bombay	O estudo analisa o status e o potencial de diferentes fontes renováveis na Índia.	Energias Renováveis	Estudo de caso
2	Hosseini et al. (2013)	Malásia	Universiti Teknologi Malaysia	O estudo avaliar os potenciais de energia renovável de vários recursos no Irã.	Energias Renováveis	Revisão
3	Gordic et al. (2010)	Sérvia	Faculty of Mechanical Engineering Kragujevac	O estudo analisa o fornecimento de diretrizes para os empresários da indústria metalúrgica para a implementação do sistema de gerenciamento de energia.	Energias Renováveis	Estudo de caso
4	Adaramola e Vagnes (2015)	Noruega	Norwegian University of Life Sciences	Este estudo mostra a avaliação de desempenho do sistema fotovoltaico conectado à rede instalado no telhado de edifícios.	Energia Solar	Estudo de caso
5	Hosseini et al. (2015)	Malásia	Universiti Teknologi Malaysia	O estudo analisa uma visão geral das tecnologias de produção de hidrogênio baseadas em biomassa de última geração.	Biomassa	Revisão
6	Harris e Kell (1985)	País de Gales	Aberystwyth University	O estudo investiga os métodos utilizados para estimar a geração de energia a partir da biomassa.	Biomassa	Revisão
7	De Clercq et al. (2017)	China	Tsinghua University	O estudo analisa uma revisão das políticas públicas em âmbito mundial que promovam a conversão de resíduos de alimentos a partir do biogás.	Biogás	Revisão
8	Trapani e Millar (2013)	Canadá	Laurentian University	O estudo avalia a viabilidade de placas solares em Malta.	Energia Solar	Estudo de caso
9	Coimbra-Araújo et al. (2014)	Brasil	Universidade Federal do Paraná	O estudo analisa os processos energéticos, termodinâmicos e químicos do biogás para a geração de energia térmica, e eletricidade e a utilização de biogás em veículos agrícolas brasileiros.	Biogás	Estudo de caso
10	Meza et al. (2019)	Brasil	Universidade de São Paulo	O estudo analisa o fornecimento de insumos técnicos para a reorganização do planejamento energético na Ilha de Ometepe.	Energia Renovável	Estudo de caso
11	Abdulrahman e Huisigh (2018)	Holanda	Erasmus University Rotterdam	O estudo analisa o processo de capitalização dos extensos recursos do Egito a partir de resíduos agrícolas e propor facilitadores para promover a geração sustentável de energia usando biomassa.	Agroalimentar	Estudo de caso
12	Colmenar-Santos et al. (2015)	Espanha	UNED Juan del Rosal	O estudo analisa os parques eólicos para quantificar e caracterizar o mercado adequado para a potenciação de energia diversificando a matriz energética da Espanha.	Energia Eólica	Estudo de caso

13	Varbanov e Klemes (2010)	Hungria	University of Pannonia	O estudo analisa aplicações de transferência de calor em sites que compreendem usuários da Hungria.	Energia Renovável	Estudo de caso
14	Ferreira et al. (2018)	Brasil	Itaipu Technological Park (PTI)	O estudo analisa uma revisão do potencial energético da biomassa residual para geração distribuída no Brasil.	Biomassa	Revisão
15	Notton et al. (2017)	França	University of Corsica Pasquale Paoli	O estudo avalia a redução do pico de demanda elétrica em substituição às turbinas consideradas uma energia cara e poluente.	Energia Renovável	Estudo de caso
16	Scoccia et al. (2018)	Itália	Politecnico di Milano	O estudo compara condições típicas da região europeia, o desempenho sazonal de seis configurações do sistema obtidas pela combinação das tecnologias de aquecimento mais usadas.	Energia Renovável	Estudo de caso
17	Yaseen et al. (2020)	Paquistão	Government College University Faisalabad	O estudo mostra uma revisão com dados sobre o potencial da biomassa para a produção de energia renovável no Paquistão.	Biomassa	Estudo de caso
18	Yin e Li (2017)	Dinamarca	Aalborg University	O estudo apresenta as principais tecnologias usadas para a queima direta de biomassa para produção combinada de calor e energia de resíduos municipais e industriais.	Biomassa	Revisão
19	González-Aparicio et al. (2018)	Holanda	Joint Research Centre	O estudo analisa as condições exigidas para um sistema de utilização de metanol carbônico viável em termos ambientais e econômicos, incorporado ao sistema de energia.	Energia Renovável	Estudo de caso
20	Nadaleti, Santos e Lourenço (2019)	Brasil	Universidade Federal de Pelotas	O estudo mostra o potencial de produção de hidrogênio no Brasil, utilizando o excesso de energia de usinas hidrelétricas e eólicas.	Energia Hidrelétrica e Eólica	Estudo de caso
21	Zhang et al. (2019)	China	Southwest Petroleum University	O estudo analisa um modelo de planejamento ideal de sistemas de energia integrado para plataforma de produção de petróleo e gás.	Energia Renovável	Estudo de caso
22	He e Hägg (2014)	Noruega	Norwegian University of Science and Technology	O estudo analisa a viabilidade do processo de diferentes técnicas para a captura de gás carbônico e os critérios sobre consumo de energia.	Energia Renovável	Estudo de caso
23	De Lara Filho, Unsihuay-Vila e Silva (2019)	Brasil	Universidade Federal do Paraná	O estudo analisa a viabilidade econômica da instalação de sistemas de geração de energia solar e eólica na fábrica de componentes elétricos no Brasil.	Energia Solar	Estudo de caso
24	Azzouni et al. (2019)	Marrocos	Faculty of Sciences Dhar El Mahraz	O estudo investiga a aplicação dos processos biotecnológicos para o tratamento, a valorização e a exploração dos resíduos industriais.	Energia Renovável	Estudo de caso
25	Bernardes e Camacho (2019)	Brasil	Universidade Federal de Uberlândia	O estudo avalia a implementação da viabilidade econômica de projetos de fontes híbridas em áreas rurais.	Energia hidrelétrica	Estudo de caso

26	Arena et al. (2018)	Itália	Palermo University	O estudo analisa o custo benefício para a triagem de reservatórios de irrigação e abastecimento municipais existentes para armazenamento de energia eólica.	Energia Eólica	Estudo de caso
27	Heng (2017)	Cingapura	Singapore Institute	Estudo sobre a conversão de resíduos de frango em biogás como combustível para gerar eletricidade.	Biogás	Estudo de caso
28	Garcia, Nogueira e Betini (2018)	Brasil	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	O estudo investiga a viabilidade econômica da aplicação de energia solar para geração de energia elétrica por meio do uso de sistemas fotovoltaicos.	Energia Solar	Estudo de caso
29	Kang e Cho (2018)	Coréia do Sul	Korea University	O estudo analisa métodos de otimização do mix de energia térmica e elétrica em grandes cidades residenciais.	Energia Renovável	Estudo de caso
30	Asumadu-Sarkodie e Owusu (2016)	Turquia	Middle East Technical University	O estudo analisa os recursos de energia solar em Gana e como esse enorme potencial pode ser utilizado para crescer e modernizar a economia.	Energia Solar	Revisão
31	Kontic et al. (2016)	Eslovênia	Jozef Stefan Institute	Estudo de alternativas tecnológicas como fontes de energia convencionais e renováveis: carvão, gás, biomassa, petróleo, nuclear, hidrelétrica, eólica e fotovoltaica.	Energia Renovável	Revisão
32	Flores, Furubayashi e Nakata (2016)	Japão	Tohoku University	O estudo analisa a seleção de tecnologias de geração de eletricidade para um sistema descentralizado de geração de eletricidade baseado em fontes renováveis locais em Honduras.	Energia Renovável	Estudo de caso
33	Pereira et al. (2017)	Portugal	Instituto Politécnico de Tomar	O estudo analisa a geração de eletricidade por meio de uma mini usina hidrelétrica e um sistema fotovoltaico em Portugal.	Energia Hidrelétrica	Estudo de caso
34	Pisutpaisal, Boonyawanich e Saowaluck (2014)	Tailândia	King Mongkut's University of Technology North Bangkok	O estudo analisa a viabilidade na produção de biometano a partir de casca de banana.	Biometano	Estudo de caso
35	Yang e Athienitis (2015)	Canadá	Concordia University	O estudo analisa o sistema fotovoltaico e térmico integrado em edifícios.	Energia Solar	Estudo de caso
36	Kent et al. (2016)	Irlanda	Waterford Institute of Technology	O estudo analisa sistemas de medição e monitoramento de energia para controlar as máquinas de produção e reduzir os custos operacionais na Irlanda.	Energias Renováveis	Estudo de caso
37	Williams (2015)	África do Sul	Monash University	O estudo analisa o setor de fornecimento de energia existente na África do Sul e a viabilidade da energia nuclear na segurança e eficiência energética.	Energias Renováveis	Estudo de caso

38	Ziuku e Meyer (2013)	África do Sul	University of Fort Hare	O estudo analisa a aplicação prática da energia fotovoltaica como elemento de construção em moradias residenciais com eficiência energética.	Energia Solar	Estudo de caso
39	Schwob, Henriques e Szklo (2009)	Brasil	Instituto Nacional de Tecnologia – INT	O estudo analisa o mercado de gás natural desenvolvido na indústria, contribuindo para reduzir as altas taxas de desmatamento.	Biogás	Estudo de caso
40	Haas (2003)	Austria	Vienna University of Technology	O estudo investiga a avaliação de estratégias para a implantação de mercado para a disseminação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede.	Energia Solar	Revisão
41	Lema e Ruby (2003)	Dinamarca	University of Roskilde	O estudo analisa as políticas públicas da China e o impacto dos benefícios nas instalações domésticas em turbinas eólicas.	Energia Eólica	Estudo de caso
42	Plaza (2011)	Chile	Universidad de Chile	O estudo analisa a relação entre a configuração da matriz energética, as políticas de fornecimento de energia e o efeito nas oportunidades de desenvolvimento na América do Sul.	Energias Renováveis	Estudo de caso
43	Serpa e Zilles (2011)	Brasil	Universidade de São Paulo	O estudo investiga a implementação de projetos de eletrificação fotovoltaica em comunidades tradicionais.	Energia Solar	Estudo de caso
44	De Silva et al. (2007)	Brasil	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	O estudo investiga a avaliação da viabilidade na geração de energia da cadeia de biogás em aterros sanitários.	Biogás	Estudo de caso
45	Anyanwu et al. (2008)	Nigéria	University of Nigeria Nsukka	O estudo analisa a viabilidade socioeconômica da integração de biocombustíveis no mix de energia primária na Nigéria e a otimização do tamanho de usinas de biodiesel na Nigéria.	Energias Renováveis	Estudo de caso
46	Fukasaku (2009)	Inglaterra	Universidade de Sussex	O estudo investiga o aspecto político para o aperfeiçoamento na conservação de energias em indústrias.	Energias Renováveis	Estudo de caso
47	Hall e Hall (1993)	Estados Unidos	College of Environmental Science and Forestry	O estudo analisa a eficiência energética e o uso da terra para as economias na agricultura nos Estados Unidos.	Energia Geotérmica	Estudo de caso
48	Lugg e Probert (1997)	Inglaterra	Cranfield University	O estudo investiga os procedimentos para a eficiência energética em diversos tipos de gases.	Energias Renováveis	Revisão
49	Bain (1993)	Estados Unidos	National Renewable Energy Laboratory	O estudo analisa a geração de eletricidade a partir de biomassa nos Estados Unidos.	Biomassa	Revisão
50	La Rovere, Legey e Miguez (1994)	Brasil	Universidade Federal do Rio de Janeiro	O estudo analisa as principais formas para a redução de custos e emissões de gás carbônico no Brasil.	Energias Renováveis	Estudo de caso

51	Dutt e Mills (1994)	Argentina	Universidad de Buenos Aires	Investiga barreiras que impedem a implementação de iluminação com uma eficiência energética.	Energias Renováveis	Estudo de caso
52	Oktik (1988)	Inglaterra	University of Durham	O estudo investiga técnicas de baixo custo para aplicações fotovoltaicas.	Energia Solar	Revisão
53	Boyle (1994)	Inglaterra	International Institute for Energy Conservation	O estudo investiga as implementações bem-sucedidas de energia renovável e um conjunto de políticas coordenadas que levariam a um papel crescente da energia renovável no mercado comercial de energia.	Energias Renováveis	Estudo de caso
54	Gupta (1994)	Índia	Indian Institute of Technology	O estudo investiga os requisitos de energia da indústria da seda e identifica as áreas potenciais existentes para a aplicação de energia solar.	Energia Solar	Estudo de caso
55	Kaya e Keyes (1980)	Estados Unidos	University of Akron	O estudo investiga as tendências no gerenciamento de energia em indústrias de papel e afins.	Energias Renováveis	Revisão
56	Barbier e Fanelli (1977)	Itália	International Institute for Geothermal Research	O estudo investiga o uso de energias não elétricas com base na energia geotérmica.	Energia Geotérmica	Revisão
57	Barton (1987)	Inglaterra	Eastern Electricity Board	O estudo investiga a economia de energia, custos de produção e na melhoria da qualidade do produto.	Energias Renováveis	Estudo de caso
58	Gileadi et al. (1977)	Israel	Tel Aviv University	O estudo analisa a avaliação econômica de sistema de armazenamento de hidrogênio em relação aos custos com as turbinas a gás.	Biogás	Estudo de caso
59	Sørensen (1978)	Dinamarca	University of Copenhagen	O estudo analisa as condições para a implantação da energia eólica na Dinamarca.	Energia Eólica	Estudo de caso
60	Foell (1980)	Estados Unidos	University of Wisconsin	O estudo analisa modelos sobre a demanda de energia, suprimento de energia e impactos ambientais, fornecendo informações de planejamento de longo prazo a instituições públicas e privadas nas regiões estudadas.	Energias Renováveis	Revisão
61	Dugger, Francis e Avery (1978)	Estados Unidos	The Johns Hopkins University	O estudo analisa a viabilidade técnica e econômica sobre a geração de energia dos oceanos.	Energias Renováveis	Revisão
62	Weingart (1979)	Estados Unidos	University of California.	O estudo analisa a luz solar como fonte primária em âmbito mundial.	Energia Solar	Revisão
63	Smith e Fazzolare (1979)	Estados Unidos	University of Arizona	O estudo analisa o gerenciamento adequado no uso de energia pelo usuário final e os benefícios imediatos e de longo alcance para a humanidade.	Energias Renováveis	Estudo de caso
64	Carrier (1974)	Estados Unidos	University Park	O estudo realiza uma avaliação de sistemas para a formulação de uma política energética de transporte de passageiros em toda a área.	Energias Renováveis	Estudo de caso

Fonte: O autor (2021)

APENDICE C – Procedimento de viabilidade técnica dos tipos de alternativas de energias renováveis

Apêndice C – Procedimento de viabilidade técnica dos tipos de alternativas de energias renováveis

Localidade	Consumo de energia elétrica (MWh/mês) X ¹³⁹	Resíduos Gerados do Restaurante (Ton./ano) X ¹⁴⁰	Área Disponível para placas fotovoltaica X ¹⁴¹	Potencial de Geração de Energia				
				Mercado de Energia	Biogás	Energia Fotovoltaica X ¹⁴²	Energia Eólica	Mini-usina hidrelétrica
Localidade A	XXX	XXX	XXX m ²	*Sem interesse de análise	*Sem interesse de análise	* Interesse de análise (Potencial de XXX MWh/mês)	*Sem interesse de análise	*Sem interesse de análise
Localidade B	XXX	XXX	XXX m ²	*Sem interesse de análise	*Sem interesse de análise	* Interesse de análise (Potencial de XXX MWh/mês)	*Sem interesse de análise	*Sem interesse de análise
Localidade C	XXX	XXX	XXX m ²	*Sem interesse de análise	*Sem interesse de análise	* Interesse de análise (Potencial de XXX MWh/mês)	*Sem interesse de análise	*Sem interesse de análise

¹³⁹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹⁴⁰ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹⁴¹ Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

¹⁴² Os dados são confidenciais e a divulgação não foi autorizada pela organização, sendo representados neste trabalho por XXX.

Localidade D	XXX	XXX	XXX m ²	*Sem interesse de análise	*Sem interesse de análise	* Interesse de análise (Potencial de XXX MWh/mês)	*Sem interesse de análise	*Sem interesse de análise
-----------------	-----	-----	--------------------	---------------------------------	------------------------------	---	------------------------------	------------------------------

* As fontes de alternativas de energias renováveis relacionadas a Mercado de energia, Biogás, Energia Eólica e Mini-usina-hidrelétrica foram excluídas conforme interesses técnicos dos gestores dos parques industriais.

Obs.: Os valores suprimidos e os dados ocultados não foram disponibilizados devido a política de restrição de dados e confidencialidade dos dados dos parques industriais participantes da pesquisa.

Fonte: O autor (2021)