

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO PROFISSIONAL EM**  
**ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Frankysia Faria da Silva

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM SISTEMA SOLAR**  
**FOTOVOLTAICO PARA MINIGERAÇÃO DISTRIBUIDA DE ELETRICIDADE: caso**  
**UFMT, Campus Cuiabá - MT**

Porto Alegre

2022

Frankysia Faria da Silva

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM SISTEMA SOLAR  
FOTOVOLTAICO PARA MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ELETRICIDADE: caso  
UFMT, Campus Cuiabá - MT**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Profissional, na área de concentração em Sistemas de Produção.

Orientadora: Profa. Istefani Carísio de Paula, Dra.

Porto Alegre

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. Carlos André Bulhões Mendes, Dr.

Vice-reitora: Profa. Patrícia Helena Lucas Pranke, Dra.

ESCOLA DE ENGENHARIA

Diretora: Profa. Carla Schwengber ten Caten, Dra.

Vice-diretor: Prof. Afonso Reguly, Dr.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA  
DE PRODUÇÃO

Coordenador: Prof. Ricardo Augusto Cassel, Dr.

Coordenadora Substituta: Profa. Christine Tessele Nodari, Dra.

Orientadora: Profa. Istefani Carísio de Paula, Dra.

### CIP - Catalogação na Publicação

Silva, Frankysia Faria da  
ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM SISTEMA  
SOLAR FOTOVOLTAICO PARA MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE  
ELETRICIDADE: caso UFMT, Campus Cuiabá - MT /  
Frankysia Faria da Silva. -- 2022.

132 f.

Orientadora: Dra. Istefani Carísio de Paula.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Porto Alegre,  
BR-RS, 2022.

1. SFCR. 2. Universidades. 3. Barreiras. 4.  
Facilitadores. 5. Viabilidade Econômica. I. Paula,  
Dra. Istefani Carísio de, orient. II. Título.

Frankysia Faria da Silva

**ANÁLISE DE VIABILIDADE E CONÔMICA DE UM SISTEMA SOLAR  
FOTOVOLTAICO PARA MINIGERAÇÃO DISTRIBUIDA DE ELETRICIDADE: caso  
UFMT, Campus Cuiabá - MT**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Profissional e aprovada em sua forma final pela Orientadora e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

---

**Profa. Istefani Carísio de Paula, Dra.**

Orientadora PMPEP/UFRGS

---

**Prof. Ricardo Augusto Cassel, Dr.**

Coordenador PMPEP/UFRGS

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Cláudio José Müller, Dr. (PMPEP /UFRGS)

---

Prof. Einstein Lemos de Aguiar, Dr. (FACC/UFMT)

---

Profa. Joana Siqueira de Souza, Dra. (PMPEP /UFRGS)

Aos docentes do Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da UFRGS. À equipe IBG. Aos estudiosos que nunca desistem de aprimorar e compartilhar seus conhecimentos. Àqueles que de alguma forma me apoiaram para que este trabalho obtivesse êxito, em especial, meu esposo Rudwallei e minhas filhas Jeovanna e Eduarda. Aos que acreditam que a energia que move o mundo é o amor.

## AGRADECIMENTOS

Às ilustres e carismáticas orientadoras, Profa. Dra. Carla Schwengber ten Caten e Profa. Dra. Istefani Carísio de Paula, que presentearam a terceira turma do Mestrado Profissional em Engenharia de Produção e Inovação, realizado em Rondonópolis-MT, com seus preciosos ensinamentos. E, particularmente, pela condução fiel e motivadora da execução deste estudo.

Aos professores do Mestrado Profissional em Engenharia de Produção e Inovação da UFRGS, pela dedicação em instruir seus saberes, em especial, aos professores Dra. Joana Siqueira de Souza e Dr. Cláudio José Müller.

Ao Prof. Dr. Einstein Lemos de Aguiar da UFMT, pelo apoio ao progresso desta pesquisa.

À equipe IBG, pela presteza nos atendimentos às demandas dos discentes do PMPEP, em Rondonópolis-MT.

Aos meus colegas de curso, pelo compartilhamento de experiências, especialmente, minha parceira de jornada de estudos e de estrada, Alessandra Melo da Silva Mendes.

Aos profissionais da UFMT, CRA-MT e empresas especializadas em Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR), que prontamente aceitaram participar das entrevistas que embasaram o primeiro artigo desta pesquisa.

Aos técnicos-administrativos da UFMT que se dispuseram a compartilhar dados para elaboração deste trabalho, em especial, à equipe do Financeiro, da Reitoria e da SINFRA.

À minha família pela compreensão, paciência e amor incondicional.

*Não se trata de ter ideias. Se trata de fazer as ideias saírem do papel.*

Scott Belsky

## RESUMO

Dados mostram o imenso potencial de energia solar no Brasil. As tarifas energéticas tiveram aumentos anuais significativos. Com uma demanda energética crescente e uma conta de energia alta, que tem impactado negativamente seu orçamento nos últimos anos, a Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) tem buscado alternativas para solucionar essa problemática. Uma possível solução refere-se ao uso da energia solar, mas é viável economicamente a implantação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) no Campus de Cuiabá da UFMT? Quais as barreiras e facilitadores que podem impactar diretamente no processo decisório de implementação desse tipo de sistema? O objetivo geral desse estudo de caso único foi analisar a viabilidade econômica de implantação de um SFCR na UFMT, Campus Cuiabá-MT. Para levantamento das principais barreiras e facilitadores foram realizadas entrevistas semiestruturadas e para análise dos dados usou-se a Análise de Conteúdo (AC) com assistência do *software NVivo®*. Os resultados do estudo indicaram que existem grandes barreiras a serem superadas, como custo de aquisição, falta de recursos financeiros e incentivos governamentais. Contudo, notou-se que há diversos aspectos facilitadores, como o aumento da competitividade do mercado que tem provocado a redução dos preços, a geração de energia limpa e renovável e disponibilização de novos empregos. Após, realizou-se a análise de viabilidade econômica do projeto por meio dos seguintes indicadores: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e o *Payback* Descontado. Os resultados indicaram que é economicamente viável investir em SFCR para esta universidade, sendo que possíveis aumentos nas tarifas de energia e de impostos podem tornar esse investimento ainda mais vantajoso. Entendeu-se que as universidades desempenham papel importante para o desenvolvimento do SFCR e os desafios existentes podem ser transformados em grandes oportunidades. Os resultados descritos trazem contribuições relevantes para o meio acadêmico, institucional e empresarial que ainda carecem de novos estudos sobre esta temática, impactando diretamente na tomada de decisão gerencial sobre o uso ou não desse tipo de fonte energética.

**Palavras-chave:** SFCR; universidades; barreiras; facilitadores; viabilidade econômica.

## ABSTRACT

Data show the immense potential for solar energy in Brazil. Energy tariffs have seen significant annual increases. With a growing energy demand and a high energy bill, which has negatively impacted its budget in recent years, the Federal University of Mato Grosso (UFMT) has been seeking alternatives to solve this problem. One possible solution refers to the use of solar energy, but is the implementation of a Grid-Connected Photovoltaic System (GCPVS) at the Cuiabá Campus of UFMT economically feasible? What are the barriers and facilitators that can directly impact the decision making process for implementing this type of system? The general objective of this case study was to analyze the economic viability of implementing a GCPVS at the UFMT Cuiabá Campus. To survey the main barriers and facilitators, semi-structured interviews were conducted, and for data analysis we used Content Analysis (CA) with the assistance of NVivo® software. The results of the study indicated that there are major barriers to be overcome, such as acquisition cost, lack of financial resources and government incentives. However, it was noted that there are several facilitating aspects, such as increased market competitiveness that has led to price reductions, generation of clean and renewable energy, and the availability of new jobs. After this, the economic viability of the project was analyzed using the following indicators: Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), and Discounted Payback. The results indicated that it is economically viable to invest in GCPVS for this university, and possible increases in energy tariffs and taxes can make this investment even more advantageous. It was understood that universities play an important role in the development of GCPVS and existing challenges can be transformed into great opportunities. The described results bring relevant contributions to the academic, institutional and business environment that still lack new studies on this theme, directly impacting the managerial decision making about the use or not of this type of energy source.

**Keywords:** GCPVS; universities; barriers; facilitators; economic feasibility.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Aquisição de energia elétrica e logística .....	19
Figura 2 - Funcionamento de um SFCR .....	32
Figura 3 - Benefícios da fonte solar fotovoltaica no Brasil .....	32
Figura 4 - Evolução da fonte solar fotovoltaica no Brasil .....	33
Figura 5 - Ranking estadual brasileiro da Geração Distribuída .....	34
Figura 6 - Ranking municipal brasileiro da Geração Distribuída .....	35
Figura 7 - Matriz energética brasileira .....	36
Figura 8 - Geração Centralizada .....	37
Figura 9 - Evolução do preço da fonte solar fotovoltaica .....	38
Figura 10 - Recordes de geração de energia solar fotovoltaica no SIN .....	38
Figura 11 - Cadeia produtiva do setor solar fotovoltaico .....	39
Figura 12 - Sistemas de microgeração e minigeração distribuída .....	40
Figura 13 - Geração Distribuída solar fotovoltaica no Brasil .....	40
Figura 14 - Comparativo da tarifa residencial (R\$/MWh) com IPCA e IGP-M .....	41
Figura 15 - Acionamento e Adicional Bandeiras Tarifárias (R\$/MWh) .....	42
Figura 16 - Árvore Solar no Campus Itaperi da UECE .....	58
Figura 17 - Fluxograma das etapas da pesquisa .....	61
Figura 18 - Mapa do Campus da UFMT em Cuiabá-MT .....	62
Figura 19 - Nuvem de palavras consolidada .....	68
Figura 20 - Coordenadas geográficas da UFMT, Campus Cuiabá-MT .....	88
Figura 21 - Irradiação solar no plano inclinado .....	88
Figura 22 – Gráfico da irradiação solar no plano inclinado .....	89
Figura 23 - Gráfico do Fluxo de Caixa Descontado .....	94
Figura 24 - Rendimentos em renda fixa – Taxa Meta Selic 11,75% a.a. ....	95
Figura 25 - Matriz SWOT adaptada ao caso UFMT - Campus Cuiabá .....	100
Figura 26 - Barreiras que podem inviabilizar a instalação de um SFCR .....	102

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Barreiras ao uso de sistemas fotovoltaicos .....	53
Quadro 2 - Barreiras e facilitados sob a ótica dos entrevistados e dos autores .....	70
Quadro 3 - Barreiras relativas aos aspectos econômico e financeiro .....	78

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Demonstrativo dos gastos com energia elétrica da UFMT (2017-2020) .....	20
Tabela 2 - Consumo de energia elétrica do Campus Cuiabá da UFMT – Ano 2019 .....	86
Tabela 3 - Dimensionamento do SFCR .....	90
Tabela 4 - Pesquisa de mercado .....	91
Tabela 5 - Dados monetários e técnicos do SFCR .....	93
Tabela 6 - Resultados dos indicadores financeiros .....	93
Tabela 7 - Resultados dos indicadores com TMA 15,89% a.a. ....	95
Tabela 8 - Resultados dos indicadores com TMA 10,75% a.a. ....	96

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	14
1.2 TEMA E OBJETIVOS .....	22
1.3 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO .....	22
1.4 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO .....	26
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	27
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>29</b>
2.1 MICROGERAÇÃO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA .....	29
<b>2.1.1 Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (On-Grid) .....</b>	<b>30</b>
2.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL.....	32
2.3 TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL .....	41
<b>2.3.1 Faturas de energia elétrica do Campus Cuiabá da UFMT.....</b>	<b>42</b>
2.4 FACILITADORES AO PROCESSO DE INSTALAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS .....	43
2.5 BARREIRAS QUE DIFICULTAM A IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS .....	49
2.6 VIABILIDADE DE PROJETOS FOTOVOLTAICOS .....	54
2.7 IMPLEMENTAÇÕES DO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PELAS UNIVERSIDADES .....	56
<b>3 MÉTODOS.....</b>	<b>60</b>
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA .....	60
3.2 ETAPAS DO TRABALHO .....	60
<b>3.2.1 Etapas do primeiro estudo de caso.....</b>	<b>62</b>
3.2.1.1 Planejamento da pesquisa.....	61
3.2.1.2 Coleta de dados.....	62
3.2.1.3 Análise da pesquisa e relatório.....	63
<b>3.2.2 Etapas do segundo estudo de caso.....</b>	<b>65</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>68</b>
4.1 PRIMEIRO ESTUDO DE CASO .....	68
4.2 SEGUNDO ESTUDO DE CASO .....	85
<b>4.2.1 Definição dos locais de instalação .....</b>	<b>85</b>
<b>4.2.2 Levantamento do consumo de energia elétrica .....</b>	<b>86</b>

<b>4.2.3 Verificação da irradiação solar .....</b>	<b>87</b>
<b>4.2.4 Dimensionamento do sistema fotovoltaico .....</b>	<b>89</b>
<b>4.2.5 Estimativa de custos de instalação e manutenção do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCCR) .....</b>	<b>90</b>
<b>4.2.6 Tarifas e taxas aplicadas na verificação do retorno econômico .....</b>	<b>90</b>
<b>4.2.7 Indicadores para análise de investimento .....</b>	<b>93</b>
<b>4.2.8 Análise de viabilidade econômica em cenários distintos.....</b>	<b>95</b>
<b>4.3 ANÁLISE CONSOLIDADA DOS RESULTADOS .....</b>	<b>97</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA DISSERTAÇÃO .....</b>	<b>103</b>
<b>5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE OS RESULTADOS DA PESQUISA .....</b>	<b>103</b>
<b>5.2 LIMITAÇÕES DA PESQUISA .....</b>	<b>106</b>
<b>5.3 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>106</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>109</b>
<b>APÊNDICE A - Perfil dos Entrevistados .....</b>	<b>119</b>
<b>APÊNDICE B - Roteiro de Entrevista Semiestruturada .....</b>	<b>120</b>
<b>APÊNDICE C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....</b>	<b>126</b>
<b>APÊNDICE D - Nuvens de palavras das entrevistas .....</b>	<b>129</b>
<b>APÊNDICE E – Fluxo de Caixa Descontado .....</b>	<b>131</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Nesta seção aborda-se as considerações iniciais sobre o tema, as questões de pesquisa, os objetivos, a justificativa do estudo, as delimitações e estrutura do trabalho.

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A energia solar apresenta benefícios, em especial, ao meio ambiente, relativos à não emissão de poluentes, como material particulado, óxidos de nitrogênio (Nox), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e gases de efeito estufa. O potencial de uso dessa fonte para produção de energia elétrica, principalmente, em larga escala, é imenso no Brasil, em virtude de suas características naturais favoráveis, como os níveis elevados de radiação solar. Esses traços viabilizam o desenvolvimento desse recurso que tem atraído novos investidores e tornado significativo o papel dessa fonte para o incremento da matriz elétrica (EPE, 2022).

Segundo o Atlas Brasileiro de Energia, Pereira *et al.* (2017), um grande patrimônio natural do Brasil é seu potencial solar, o qual pode retirar o país da dependência econômica e energética de outros países desenvolvidos que perdura por séculos. Com valor médio do total diário da irradiação global de 5,49 kWh/m<sup>2</sup> (Quilowatt-hora por metro quadrado) e da componente direta normal de 5,05 kWh/m<sup>2</sup>, a região Nordeste possui o maior potencial solar. Para a irradiação global horizontal, as regiões Sudeste e Centro-Oeste apresentam totais diários próximos de 5,07 kWh/m<sup>2</sup>. Já para o plano inclinado, a irradiação global média na região Sudeste apresenta um total diário de 5,26 kWh/m<sup>2</sup> e na região Centro-Oeste gira em torno de 5,20 kWh/m<sup>2</sup>. Dados do Plano Nacional de Energia (PNE) 2030 apontam que a irradiação solar durante o ano na superfície terrestre é o bastante para satisfazer milhares de vezes o consumo energético anual do planeta (EPE, 2007).

Atualmente, em virtude de prevalecer abundantemente as fontes não renováveis de geração de energia na matriz elétrica dos países, especialmente, os mais desenvolvidos, gerar uma economia de baixo carbono torna-se uma necessidade que impulsiona investimentos em fontes alternativas de energias renováveis (CASTRO *et al.*, 2016). A equação que emerge da interface da segurança energética e da preservação ambiental lança um grande desafio para os progressos sociais e científicos dos dias atuais e vindouros (CINTRÃO, 2014). Diante dessas preocupações, que apresentam como agravante o avanço da demanda de energia, é cada vez mais relevante dispor de soluções como a inserção de fontes energéticas renováveis na matriz

mundial (TORRES, 2012). Embora o mercado siga em recuperação, a carga de energia do Sistema Interligado Nacional (SIN), que funciona como um indicador da demanda por energia no país, conforme o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), teve um aumento de 4% em 2021. Em 2022, a carga tem previsão de aumento de 2,7% no SIN, tendo em vista um incremento do PIB de 1,3%, atingindo 71.373 Megawatt médio (MW médio). A previsão para o período 2022 a 2026 é de um crescimento médio anual da carga de 3,4%, alcançando 81,604 MW médio ao final do período (SANTOS JÚNIOR; ANDRADE, 2022).

A falta de chuva em 2021 reduziu os reservatórios das hidrelétricas e forçou a utilização de termelétricas fósseis, poluentes e com preços mais elevados. Houve ainda um aumento quanto à dependência em termos de importação com aquisição de energia elétrica da Argentina e do Uruguai (SAUAIA, 2021). Segundo Sabino (2021) e dados do site oficial da ANEEL (2022), a energia elétrica tem pesado no orçamento da população brasileira, e a grave crise hídrica de 2021 provocou encarecimento da conta de luz, em virtude do alto custo das térmicas que motivou a cobrança de taxa extra e em decorrência dos reajustes anuais, que no mesmo ano teve um reajuste médio homologado de 8,25% com previsão de aumento de aproximadamente 16,68% para 2022.

Para superar essa crise, uma aliada pode ser a geração própria de energia solar. Os sistemas solares em telhados e pequenos terrenos já superam 40% de toda a potência instalada da usina hidrelétrica de Itaipu. Os riscos de racionamento e de bandeira vermelha na fatura de energia podem ser minimizados com a diversificação da matriz energética por meio do uso da energia solar, que é limpa, barata, sustentável e gerada no período em que os brasileiros mais necessitam e usam esse recurso, no horário diurno. Podem ser citadas, como exemplo, as usinas solares de grande porte contratadas em leilões e que produzem eletricidade a preços até dez vezes menores do que as termelétricas fósseis ou a energia elétrica importada dos países vizinhos. Porém, falta incentivos governamentais, visto que dos mais de 87 milhões de consumidores de energia elétrica do país menos de 0,7% utiliza o Sol para produzir eletricidade. Mais de R\$ 30,6 bilhões foram investidos em energia solar pelos próprios consumidores, com geração de 180 mil empregos no Brasil. Em 2020, mesmo com a pandemia de doença do coronavírus, *Corona Virus Disease* (COVID-19), foram instalados em telhados e pequenos terrenos do país mais de um terço dos atuais 6,1 GW (gigawatts) de potência solar, sem depender de recursos do governo (SAUAIA, 2021).

A maioria das fontes de energia são formas indiretas de energia solar, por exemplo: hidráulica, biomassa, eólica, combustíveis fósseis e energia dos oceanos. Ademais, o uso direto da radiação solar também é possível, seja como fonte de energia térmica ou por meio de sua conversão direta em energia elétrica com uso de determinados materiais (ANEEL, 2005). A energia solar é abundante e pode ser usada de várias formas. Soluções de arquitetura que privilegiem a iluminação solar ou o controle natural da temperatura são maneiras simples de aproveitar essa energia. Existe ainda a opção de se usufruir de sistemas de captação da radiação solar para depois usá-la. Atualmente, há três basilares tipos de sistemas de energia solar: Sistema Solar Térmico, Sistema Solar Fotovoltaico (FV) e Sistema Termossolar (ALMEIDA *et al.*, 2016).

O Sistema Solar Térmico funciona através de painéis solares térmicos, coletores solares que captam a energia, são utilizados em casas, hotéis e empresas para aquecimento de água para chuveiros ou piscinas, aquecimentos de ambientes ou mesmo em processos industriais. Tratam-se dos sistemas mais simples, econômicos e difundidos de aproveitamento solar. Por meio de painéis simples o calor da radiação do Sol é transferido para a água ou óleo para, então, ser usado como fonte de calor. O Sistema Solar Fotovoltaico (FV) tem a capacidade de gerar energia elétrica por meio das denominadas células fotovoltaicas, que são produzidas de materiais capazes de converter a radiação solar em energia elétrica pelo conhecido “efeito fotovoltaico”, sendo o silício (Si) o material mais utilizado nos dias atuais. Já o Sistema Termossolar gera inicialmente calor, a partir de um sistema de espelhos que concentram a radiação do Sol, depois transformam esse calor em energia elétrica. Apesar de sua finalidade ser a produção de energia elétrica, é também um tipo de energia solar térmica. Por conta de seu alto custo e complexidade possui menor disseminação (SCHERER *et al.*, 2015).

A partir de 17 de abril de 2012, quando passou a vigorar a Resolução Normativa (REN) ANEEL nº 482, o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica por meio de fontes renováveis ou cogeração qualificada, fornecendo o excedente para a rede de distribuição de sua localidade (ANEEL, 2022). A Geração Distribuída (GD) trata-se da geração de energia de até 5 MW (Megawatt) conectada diretamente na rede de distribuição de energia elétrica. É uma nova definição de produção de energia que pode agregar economia financeira para os consumidores com diminuição de sua fatura de energia elétrica e as concessionárias podem ter seus custos com instalação e manutenção de extensos sistemas de transmissão reduzidos. Pode ainda apresentar ganhos socioambientais, diminuindo os impactos ambientais com usinas menores e baixo índice de poluição em comparação às grandes termelétricas e

autossustentabilidade com os consumidores produzindo a própria energia (KNOPKI; SCHEIDT, 2019).

Neste contexto, Teston (2011) afirma que a melhor maneira para aproveitamento da energia solar é através do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR). O projeto estudado refere-se ao uso de energia solar no Campus sede da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), em Chapecó-SC. Durante os períodos de consumo mais elevado, a energia é consumida no próprio local, suprimindo a iluminação, climatização, entre outros sistemas. Já no período de baixo consumo, a energia excedente é injetada na rede de distribuição do Campus e usada para atender as demandas de outros prédios desta Instituição Federal de Ensino Superior (IFES). Alguns dos locais de instalação apresentam fácil acesso aos módulos fotovoltaicos (FV), tanto para realizar as manutenções como para visitas técnicas. O sistema foi projetado para produzir energia e auxiliar a instituição a desempenhar seu papel de ensino e pesquisa, possibilitando que os discentes possam ver na prática o que é estudado em sala de aula. O autor conclui que os custos de instalação são compensados, especialmente, pela função pedagógica do laboratório e considerando um retorno mensal de R\$ 933,99 para a instalação proposta.

Oppermann (2019) salienta que tendo em vista investimentos na área de eficiência energética, no dia 24 de setembro de 2019, reitores de Universidades Federais do Rio Grande do Sul estiveram em Brasília para solicitar a deputados gaúchos que apresentassem propostas de Emenda Parlamentar de Bancada estabelecidas pelas Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) do estado. Trata-se de um projeto para implantação de usinas fotovoltaicas nas universidades, visando o desenvolvimento de fontes renováveis de energia. Além da geração de energia limpa, há a redução de custos na conta de luz, que representa atualmente o maior gasto para as universidades. Existe ainda o interesse de usar estrategicamente essa tecnologia no ensino de cursos como de Engenharia de Energia e de Gestão de Energia, na produção de conhecimento técnico e científico e no aperfeiçoamento tecnológico e de inovações relativas à utilização de sistemas solares. Tem-se que as IFES, que estão à frente de mais de 90% das pesquisas feitas no Brasil, possuem parcelas expressivas de responsabilidade para melhorias e disseminação desse tipo de fonte. Embora sejam sistemas de baixa complexidade e com demandas crescentes, ainda são inacessíveis ou escassos em diversas localidades do estado, portanto, essa iniciativa teve por objetivo otimizar os processos de geração, armazenamento e distribuição energética nas universidades.

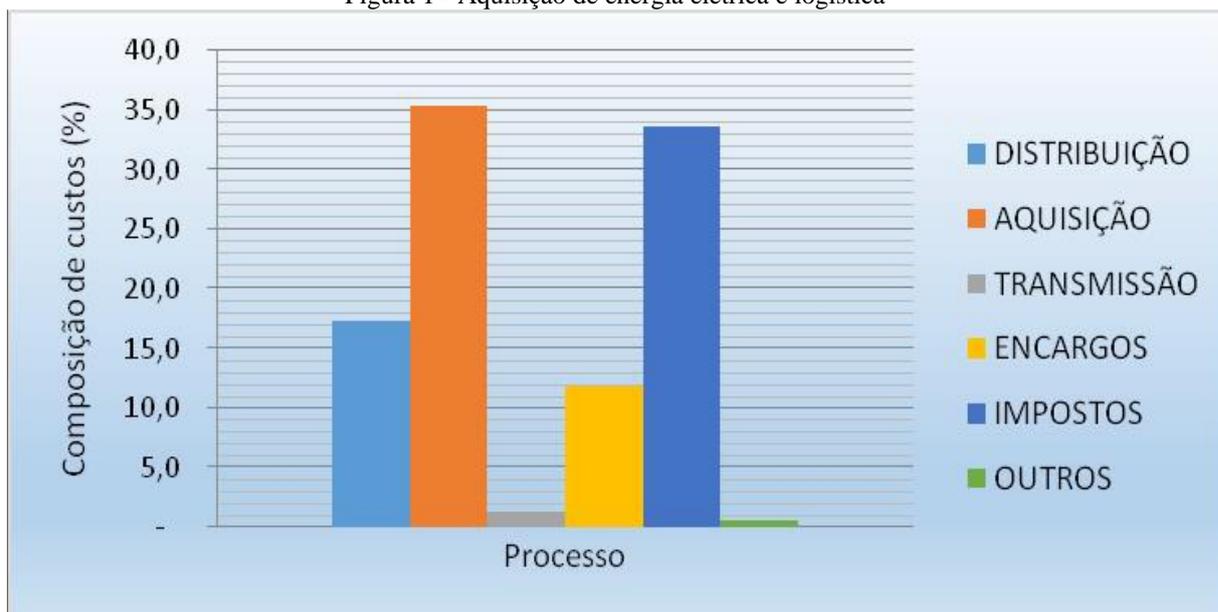
A Oferta Interna de Energia (OIE), energia que se faz necessária para mover a economia do Brasil, teve previsão de crescimento de 4,5% em 2021, sendo 44,4% de participação de renováveis (MASILI, 2021). Nos dias atuais, há uma demanda maior pela oferta de energia frente ao avanço da eficiência energética e uma ampliação da participação das fontes renováveis de energia, tendência essa que solicita uma política energética com a integração de três agentes fundamentais: Estado, empresas e universidades (GUERRA; YOUSSEF, 2011). A atuação coerente dos órgãos estatais que possuem competência para planejar o setor energético potencializa o desenvolvimento nacional (DANTAS, 2011). Para o crescimento econômico do país, é de suma importância que haja progresso das tecnologias de geração de eletricidade e para que isso ocorra é preciso investir no desenvolvimento do conhecimento científico-tecnológico produzido no Brasil. As universidades possuem um papel especial no processo de criação e disseminação de novos saberes e tecnologias, por meio de pesquisas básicas e aplicadas, desenvolvimento e engenharia (CHIARINI; VIEIRA, 2012).

Silva *et al.* (2019) discutem sobre o Plano de Gestão Logística Sustentável (PLS), uma das iniciativas do Governo Federal brasileiro que visa a promoção da racionalização de gastos e práticas sustentáveis na Administração Pública, incluindo as universidades, sendo sua implementação obrigatória e um dos temas tratados é justamente a energia elétrica. Portanto, verifica-se que vem crescendo o cuidado com o meio ambiente e a busca por sustentabilidade, aumentando o enfoque das políticas públicas sobre a manutenção dos recursos naturais e a gestão do meio ambiente. O governo brasileiro passou a elaborar medidas para promover a sustentabilidade nos órgãos e entidades públicas, com destaque para a edição do PLS, que é uma resposta às preocupações da sociedade com o futuro ambiental. O estudo revela que menos da metade das universidades federais (UF) tem cumprido as determinações legais impostas. Com relação às UF que implementaram o PLS, os Planos de Ações (PA) e seus respectivos Relatórios de Acompanhamento (RA), o estudo indica que a realização das ações não foi efetiva como planejado. A análise foi feita por Índices de Comprometimento com as Metas Definidas no Plano de Ação (ICMD), o resultado foi abaixo de 33% e 47% para as categorias Mecanismos de Base Comportamental e Mecanismos de Base Tecnológica, respectivamente. O ICMD foi de 55% para a categoria Medidas Administrativas.

A pesquisa realizada por Teixeira (2016) na UFMT, Campus Cuiabá, traz alguns dados alarmantes sobre o consumo de energia elétrica nesta Unidade Consumidora (UC). Em relação aos custos que compõem a conta de luz, em uma análise feita entre os meses de dezembro do ano de 2015 e maio de 2016, considerando um valor médio mensal de R\$ 857.571,48, foram

obtidos os seguintes resultados: aquisição de energia elétrica no valor de R\$ 305.653,77 (35,33% do total da fatura); incidência dos tributos na prestação dos serviços de energia elétrica no valor de R\$ 284.557,06; distribuição no valor de R\$ 150.477,14; encargos no valor de R\$102.599,44; transmissão no valor de R\$10.716,28; e outros no valor de R\$ 3.567,78. Para o período levantado, quanto à média do consumo de energia reativa excedente na Ponta, foi de 57.974,00 kWh e Fora Ponta de 296.429,00 kWh, gerando, respectivamente, os valores de R\$ 13.446,93 e R\$ 69.297,21. Entre os meses de maio de 2015 a março do ano de 2016 teve a atenuante da bandeira tarifária com destaque para a bandeira amarela que afetou os meses de março e abril de 2016, com os sucessivos valores extras de R\$ 566.499,60 e R\$ 20.107,74. As multas, correções monetárias e juros aplicados foram de R\$ 296.675,52 ao longo dos meses referenciados. Na Figura 1, é possível visualizar o percentual relativo a cada um desses serviços citados: compra, transmissão, distribuição, tributos e encargos.

Figura 1 - Aquisição de energia elétrica e logística



Fonte: Teixeira, 2016.

De acordo com o Relatório de Gestão e Prestação de Contas (RGPC) da UFMT (2020), os gastos com energia elétrica foram de R\$ 11.276.060,27 em 2018 e R\$ 19.869.480,24 em 2019, logo, houve uma evolução dessas despesas essenciais com um crescimento vegetativo em razão das altas nas taxas públicas cobradas pelas concessionárias, que também é sentida pelo consumidor residencial. Somadas a esse aumento contínuo das tarifas tem ainda o orçamento destinado às Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) que tem sofrido constantes reduções. Oliveira (2021) menciona que o repasse do Ministério da Educação (MEC) em 2021 teve diminuição de 37% nas despesas discricionárias se comparadas às de 2010 corrigidas pela

inflação. Essa situação afeta recursos voltados a investimentos e despesas correntes, como é o caso do pagamento de energia elétrica. Na Tabela 1, podem ser vistos os gastos com energia elétrica pela UFMT relativos aos anos de 2017, 2018, 2019 e 2020.

Tabela 1 - Demonstrativo dos gastos com energia elétrica da UFMT (2017-2020)

<b>UG Executora: FUFMT (154045)</b>	
<b>ENERGIA ELÉTRICA (33903943)</b>	
<b>Despesas Empenhadas</b>	
<b>Ano</b>	<b>Valor R\$</b>
2020	15.549.009,80
2019	19.869.480,24
2018	11.276.060,27
2017	9.342.786,13

Fonte: elaborada pela autora com base no RGPC da UFMT, 2020.

Embora as oportunidades sejam consideráveis em função do crescimento de escala e queda do custo dessa tecnologia, para o aproveitamento do potencial da energia solar no Brasil ainda existem várias barreiras a serem superadas, sejam elas institucionais, tarifárias, financeiras, ambientais, entre outras (EPE, 2007). Desse modo, apesar das conveniências existentes, é evidente que para o desenvolvimento sustentável dessa fonte de energia há obstáculos a serem trabalhados (SILVA, 2015). Ao realizar o estudo de caso denominado “Análise de projeto de eficiência energética em instituição do segmento de educação”, da Unidade Operacional (UO) do SENAI CUIABÁ, Botelho (2018) revela que uma das maiores despesas da unidade estudada é a conta de luz. Situação que é vista como uma oportunidade pelos profissionais dessa instituição, uma vez que pode ser um impulsionador para novas pesquisas de eficiência energética, na busca pela solução da questão levantada podem surgir novos trabalhos acadêmicos de docentes e discentes. Para os envolvidos na pesquisa, caso a organização decida pelo uso dos módulos FV, poderá ser considerada uma referência nacional, entre as unidades do SENAI, no que tange a eficiência energética. Entretanto, existem barreiras que precisam ser analisadas e superadas, as barreiras governamentais, a heterogeneidade, o poder e de procedimentos rigorosos foram as que mais se destacaram no *ranking* médio realizado pelo autor. Destaca-se ainda a importância da barreira tecnológica frente a demanda por novos procedimentos internos para incorporação de tecnologias relativas à eficiência energética.

No que diz respeito a investimentos em fontes energéticas alternativas, nem sempre é simples o trabalho de estimar a rentabilidade advinda da implantação dessas. As incertezas provêm do desconhecimento da tecnologia, barreiras de infraestrutura, barreiras financeiras ou outras. Por

essa razão, a análise do cenário de implantação é uma tarefa preliminar e que deve envolver a investigação de potenciais barreiras, conforme menciona Conceição (2011, p. 6)

Existem diferentes barreiras que limitam a implementação de medidas de eficiência energética em instituições públicas brasileiras e sua importância varia de acordo com os setores, instituições e regiões, embora tendam a diminuir à medida que as tecnologias progredam e conquistem sua fatia de mercado.

Para se obter a almejada sustentabilidade da solução, é preciso em um primeiro momento desenvolver uma pesquisa acerca das barreiras que podem impedir o aproveitamento eficiente dessa fonte. Entende-se também que é necessário levantar os facilitadores pertinentes ao caso, de modo a fomentar o processo futuro de instalação desse tipo de sistema.

Tendo em vista o cenário literário estudado, considerando a problemática de gastos elevados com energia elétrica nas Instituições Federais de Ensino Superior (IFES), considerando ainda a possibilidade de adotar soluções alternativas de energia, limpas e renováveis, que têm apresentado crescimento no mercado, como os sistemas FV, e levando em consideração as barreiras que podem impedir o sucesso desse tipo de projeto, entendeu-se necessário trazer novas contribuições aos *stakeholders* desse processo. Então, esta pesquisa se propôs a responder às seguintes questões: é viável economicamente a implantação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCCR) no Campus de Cuiabá da UFMT? Quais as barreiras e facilitadores desse processo?

Assim, a unidade de estudo selecionada foi a Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Campus Cuiabá-MT. A escolha dessa Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) foi motivada de duas formas, primeiramente, frente aos Relatórios de Gestão de 2017, 2018, 2019 e 2020 dessa Universidade Federal (UF), onde constam os progressos dos valores gastos com as contas de energia elétrica e o reconhecimento da relevância da inserção do tema Gestão Ambiental e Sustentabilidade dentro de sua estrutura, visando implementar, entre outras, ações que busquem reverter o seu quadro de elevado consumo de energia (SCHOENHERR; CAMPOS; MOREIRA, 2018; UFMT, 2018, 2019, 2020). Em segundo lugar, entende-se que as IFES são importantes centros de formação de profissionais e opiniões, implantar fontes energéticas alternativas não somente impacta em termos de redução de custos e melhoria da imagem da instituição como também estimula que outras organizações sigam seu exemplo, contribuindo para o fortalecimento da matriz energética brasileira.

## 1.2 TEMA E OBJETIVOS

Ante o exposto na introdução deste trabalho, registra-se que o tema abordado foi “a eficiência energética advinda do uso de fontes alternativas para geração de eletricidade nas Instituições Federais de Ensino Superior (IFES)”. O objetivo geral desse estudo de caso único foi analisar a viabilidade econômica de implantação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) na UFMT, Campus Cuiabá-MT. Para alcançar o supracitado objetivo principal foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar as barreiras e os facilitadores do processo de implantação de um SFCR na UFMT, Campus Cuiabá - MT;
- Identificar oportunidades provenientes da possível utilização de sistemas solares fotovoltaicos pela IFES objeto deste estudo.

## 1.3 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

No que alude ao suprimento energético, a eletricidade se consagrou como uma das maneiras mais mutáveis e apropriadas de energia, constituindo-se em um recurso fundamentalmente estratégico para o crescimento socioeconômico de muitos países e regiões, sendo que a exaustão, a escassez ou mesmo a inconveniência de uma determinada fonte tendem a ser supridas por meio de novos recursos alternativos. Embora tenha ocorrido significativos avanços tecnológicos e diversos benefícios provenientes do uso da energia elétrica, aproximadamente um terço da população mundial ainda não conta com esse recurso e dos dois terços remanescentes há uma parte acentuada que é atendida de maneira bem precária. Uma enorme parcela das fontes energéticas do país se encontra em áreas de pouco desenvolvimento, situadas longe dos grandes centros consumidores e apresentando fortes ressalvas ambientais. Desse modo, alguns dos desafios do Brasil consiste em fomentar o crescimento econômico-social dessas regiões, conservar a sua variedade biológica e assegurar o suprimento energético das regiões mais desenvolvidas (ANNEL, 2005).

O processo decisório relativo ao investimento em fontes alternativas, projetos de economia e utilização eficiente da energia requer uma análise de viabilidade econômica. Duas vertentes podem ser observadas nesse procedimento: pode-se limitar a escolher entre duas ou mais opções mutuamente excludentes ou pode-se levantar a economicidade de uma certa alternativa. Geralmente, essas análises usam índices econômicos capazes de indicar a atratividade de um investimento. No que concerne a aplicabilidade desses índices, o valor presente líquido e o

tempo de retorno do capital (*Payback*) são considerados de grande relevância para efetivação da análise (CONCEIÇÃO, 2011). As variáveis social e ambiental devem ser incluídas no processo de análise de alternativas de fontes de energia, considerando que o conceito de sustentabilidade busca integrar essas questões à viabilidade econômica (RODRIGUES, 2006).

O entendimento exposto no parágrafo anterior recai sobre os sistemas fotovoltaicos (FV), uma vez que a introdução deles no sistema elétrico deve ser precedida de planejamento tanto sob a ótica da Unidade Consumidora (UC) quanto no que se refere à rede elétrica. Sendo instigante e desafiador avaliar tecnicamente os componentes do arranjo FV e os impactos que podem advir ao sistema elétrico pela geração de energia. Um ponto que também é crucial nesta panorâmica diz respeito aos custos para implantação, operação e manutenção desse tipo de sistema, reclamando uma verificação da viabilidade econômica para inserção da energia solar FV (MIRANDA; SZKLO; SCHAEFFER, 2015). Embora a energia FV tenha tido reduções de custos, ainda é uma tecnologia que apresenta impedimentos para seu melhor aproveitamento por conta de preços elevados (KOMOR; BRAZILIAN, 2005).

Para o dimensionamento de qualquer sistema FV, é fundamental verificar dados solarimétricos, visto que a radiação solar que está disponível para conversão é demonstrada a partir dessas informações. Importante se faz levantar a área disponível para instalação do sistema. Para determinar a quantidade de energia a ser produzida devem ser estimados os equipamentos com maior consumo e o seu respectivo tempo mensal de utilização ou deve ser feita uma checagem das contas de energia do órgão em análise. O sistema FV pode ser do tipo isolado que não se conecta à rede tradicional, armazenando a energia em baterias para depois consumi-la ou pode ser conectado diretamente à rede (SANTANA; ANDRADE, 2014).

A energia alternativa gerada durante o ano pelo sistema e a economia registrada na fatura de energia são estimados por meio da especificação técnica de um sistema FV de energia elétrica. A intenção é atender a necessidade de energia quando essa exceder a demanda contratada (CONCEIÇÃO, 2011). Tendo em vista que o amortecimento da dívida ocorre com a economia na conta de energia, a viabilidade econômica deve ser determinada através do fluxo de caixa que se altera anualmente, de forma a apreciar as diferentes variáveis de decisão que interferem na energia produzida pelo arranjo FV: irradiação solar, período de vida e manutenção dos equipamentos, taxa de juros, entre outras. Já a viabilidade técnica refere-se à ponderação dos prováveis impactos da inclusão da geração FV sobre a operação e eficiência do sistema elétrico (MIRANDA; SZKLO; SCHAEFFER, 2015).

Portanto, estudar as barreiras e facilitadores que interferem na análise de viabilidade econômica de implantação de um sistema de energia solar FV é o alicerce para se alcançar indicadores confiáveis de atratividade do empreendimento. Logo, efetivar decisões assertivamente eficazes quanto às alternativas de energia disponíveis, bem como para se averiguar a economicidade da alternativa selecionada.

A UFMT foi criada em 1970, trata-se da maior instituição de ensino superior no estado de Mato Grosso (MT), dispõe de uma área total de aproximados 4.360 hectares (ha), incluindo os 1.775 ha da Fazenda Experimental e 149 mil metros quadrados de área construída, divididos pelos campi. Possui presença acentuada em todas as regiões de MT. Sua sede localiza-se em Cuiabá, porém tem campus em outras quatro cidades: Várzea Grande, Barra do Garças, Pontal do Araguaia e Sinop. A UFMT ainda está presente em 24 polos de educação a distância; é detentora de uma base de pesquisa no Pantanal e fazendas experimentais em Santo Antônio do Leverger e em Sinop; dois hospitais veterinários e o Hospital Universitário Júlio Müller – HUJM (WIKIPÉDIA, 2021).

A UFMT disponibiliza-se como parceira estratégica das entidades compromissadas com a sustentabilidade ambiental, econômica, social e política do desenvolvimento regional do estado mato-grossense, contribuindo com: a formação de profissionais em nível superior; as reengenharias institucionais da gestão pública; a utilização de tecnologias atuais e não invasivas ao meio ambiente; e novas maneiras de interação econômica. Para a UFMT o cenário contemporâneo do desenvolvimento abanca-se densamente na construção do conhecimento científico, na promoção de novas ideias, na inovação tecnológica, nas soluções inovadoras e na formação de quadros profissionais de qualidade para a sociedade (SCHOENHERR; CAMPOS; MOREIRA, 2018). A visão dessa Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) é ser referência nacional e internacional como instituição multicampi de qualidade acadêmica, de modo a se solidificar como marco referencial para o desenvolvimento sustentável da região central da América do Sul, na confluência da Amazônia, do Cerrado e do Pantanal (VELOSO *et al.*, 2019).

A UFMT direcionada para a sustentabilidade e fundamentada nos princípios da legalidade, economicidade e eficiência deve adotar políticas e ações focadas no planejamento e implementação das estratégias de aquisição, acompanhamento e controle do gasto público, tendo em vista que se trata de uma unidade consumidora de bens e serviços de valor proeminente (TEIXEIRA, 2016). Constata-se que, em sua maior parte, as edificações públicas vislumbram grandes oportunidades de diminuição de custos e de economia de energia por meio

da adoção de práticas melhores de gestão das instalações, uso de equipamentos com tecnologias mais modernas e eficientes, modificações arquitetônicas e alterações de costumes dos usuários e seus hábitos de trabalho (ROCHA, 2012).

Pode haver grande beneficiamento por parte do setor público com a implantação de energia solar FV, visando explorar melhor seu potencial de economia de energia e, conseqüentemente, reduzir sua fatura de energia elétrica. Esses benefícios de progressos de eficiência energética se revelam para a sociedade em impactos ambientais reduzidos, diminuição de gastos públicos com energia e garantindo recursos livres para demais finalidades (JANNUZZI *et al.*, 2009). Ademais, a pesquisa da energia solar FV encontra respaldo nas características da região centro-oeste, especialmente, o estado de Mato Grosso (MT) e a cidade de Cuiabá, que durante o maior percentual do dia exibem incidências altas e estáveis de radiações solares, o que indica que o aproveitamento de placas FV para transformação em energia elétrica é uma alternativa apreciável (CORRÊA, 2013).

Dentro do contexto institucional apresentado ficou evidenciado que há considerável preocupação com gestão ambiental e sustentabilidade dentro da UFMT. Contudo uma das problemáticas que esta Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) se depara é com o alto custo de energia elétrica. O que impulsionou a realização deste trabalho foi identificar que a UFMT busca reverter o seu quadro de elevado consumo de energia somado ao fato de ser visualizado que há grandes possibilidades de solução ao integrar esta questão de relevante interesse público com o tema abordado na introdução, que vem ganhando os olhares do mundo, o qual refere-se ao uso da energia solar para geração de eletricidade, uma fonte limpa, renovável e sustentável.

Quanto às contribuições deste estudo, têm-se as contribuições diretas para o órgão federal estudado que passa a ter à disposição esta pesquisa que pode servir de suporte para tomadas de decisões futuras quanto à viabilidade econômica de implantação de Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR), uma alternativa para redução de seus gastos com energia elétrica, no Campus Cuiabá, podendo estender aos demais campi. De igual modo, como contribuições indiretas para o Governo há o fato de que pode ampliar sua capacidade financeira por meio da economia de escala, com adesão de outros órgãos federais a projetos dessa natureza, tendo este estudo como base de argumentação e divulgação; para empresas especializadas que podem ampliar seus clientes potenciais e aumentar, gradativamente, suas vendas caso haja decisão de implantação desse sistema pela UFMT ou por outros órgãos que se inspirem neste caso

abordado; para o meio ambiente, aumentando o compilado de informações sobre fontes sustentáveis de energia que não emitem poluentes durante seu funcionamento, ampliando às possibilidades de novas instalações de SFCR e, conseqüentemente, fortalecimento da matriz energética brasileira; para o meio acadêmico que pode contar com uma base para pesquisas futuras sobre a temática aqui exposta; para a sociedade que pode se beneficiar de novos projetos provenientes dos recursos que tendem a exceder com a implantação de sistemas fotovoltaicos e ainda com o estímulo para formação de novos profissionais e geração de novos empregos nessa área.

#### 1.4 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

Embora existam outras fontes de energia reconhecidas como renováveis e que poderiam ser abordadas visando uma contribuição positiva para o cenário de sustentabilidade ambiental, que carrega uma grande preocupação derivada do uso inadequado de recursos energéticos que provocam diversos e graves problemas à atmosfera e ao planeta de um modo geral, este estudo enfatizou o processo de aproveitamento de uma fonte específica de energia: o Sol.

Para tanto, considerou-se que nos dias atuais há três tipos básicos de sistemas de energia solar: Sistema Solar Térmico, Sistema Solar Fotovoltaico e Sistema Termossolar. Desse modo, surgiu uma nova delimitação desta pesquisa que teve como foco somente o Sistema Solar Fotovoltaico (FV) com intuito de aproveitamento da radiação solar para sua conversão direta em energia elétrica.

A decisão de efetivar múltiplos estudos de caso de maneira geral é mais desafiadora que a elaboração de caso único, visto que garante uma robustez e amplitude mais elevada, situação que pode galardoar o pesquisador, aumentando, por exemplo, as possibilidades de replicações teóricas por meio de intercepções dos dados obtidos dos diversos casos (YIN, 2005). Porém quando o caso estudado é único e parte de características peculiares de uma organização para resolução da problemática que se encontra instalada em sua estrutura ou quando o acesso a múltiplos casos é complicado, o mais adequado é usufruir do caso único (GIL, 2009). Destarte, visando uma exploração mais detalhada do tema junto a UFMT para identificação de soluções a princípio local, nesta situação em que o tempo para a coleta e análise de dados foi um fator determinante para elaboração da pesquisa, optou-se pela qualidade da aplicabilidade do caso único em desfavor da quantidade de casos múltiplos, tendo em vista a maior dificuldade de

acessibilidade desse último. Todavia, mesmo tendo utilizado o caso único como fundamento da presente pesquisa registra-se que o uso de múltiplos casos é de grande valia para a ciência.

Em sequência analógica do proferido no parágrafo anterior, as pesquisas possuem limitações vinculadas ao contexto em que foram realizadas e no que tange às limitações deste trabalho, a pesquisa se restringiu a uma determinada região de Cuiabá-MT, especificadamente, o Campus da UFMT, assim, os dados e a interpretação dos resultados foram intrínsecos de um comportamento local.

Embora existam diversas ferramentas que podem ser usadas no estudo de caso para formalizar o processo de coleta de dados, nesta pesquisa foram aplicadas apenas três técnicas complementares: a entrevista semiestruturada com perguntas abertas, a observação participante e dados (documentos) disponibilizados.

O trabalho teve por objetivo geral demonstrar a viabilidade econômica de implantação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) na UFMT, Campus Cuiabá-MT, não sendo implementada a solução proposta, nem mesmo experimentalmente, ficando sua aplicabilidade como recomendação para estudos futuros. A contribuição da presente pesquisa delimitou-se ao fornecimento de bases concretas para análise de viabilidade do mencionado sistema fotovoltaico (FV), foram identificadas as barreiras e facilitadores que, concomitantemente, à análise de viabilidade econômica realizada, podem dar sustentabilidade ao processo gerencial decisório de implantação do SFCR na Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) objeto de estudo.

## 1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Com o objetivo de situar o leitor na dialética da pesquisa que foi realizada faz se necessário elencar a visão global das partes que compõem a estrutura do trabalho em tela. Desse modo, o presente estudo está organizado em cinco capítulos:

- Capítulo 1: traz uma introdução ao tema, justificando a relevância de demonstrar a viabilidade econômica de implantação de um sistema de energia solar fotovoltaico na UFMT. Esta seção discorre ainda sobre os objetivos, as delimitações e a estrutura do estudo;
- Capítulo 2: apresenta o referencial teórico que forneceu as bases científicas para elaboração do estudo;

- Capítulo 3: apresenta o método e procedimentos da pesquisa, fornecendo o direcionamento para novas pesquisas sobre o tema;
- Capítulo 4: divulga os resultados e traz a discussão sobre os achados da pesquisa;
- Capítulo 5: proporciona as considerações finais alcançadas a partir do trabalho desenvolvido, explanando as limitações da pesquisa e sendo propostas sugestões para trabalhos futuros, de maneira a fomentar a perpetuidade do estudo elaborado.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

A primeira subseção traz o marco legal da Geração Distribuída no Brasil e a forma de funcionamento de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR). A segunda subseção traz uma análise dos dados atuais do mercado brasileiro de energia solar fotovoltaica (FV). É trazida uma panorâmica da tarifa de energia elétrica no Brasil na terceira subseção, demonstra-se também um breve histórico das faturas de energia elétrica do Campus Cuiabá da UFMT. Na quarta subseção são levantados aspectos facilitadores ao processo de instalação de placas fotovoltaicas. Na quinta subseção, são trazidas barreiras que dificultam a implantação de sistemas fotovoltaicos. A questão que envolve a viabilidade de projetos fotovoltaicos é exposta na sexta subseção. Implementações do sistema solar fotovoltaico pelas universidades é o assunto da sétima subseção.

### 2.1 MICROGERAÇÃO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Desde que a Resolução Normativa (REN) ANEEL n.º 482/2012 entrou em vigor em 17 abril 2012, por meio de fontes renováveis ou cogeração qualificada, o consumidor brasileiro pode produzir sua própria energia elétrica, podendo ainda disponibilizar o excedente para a rede de distribuição local. Essa possibilidade refere-se a micro e a minigeração distribuída de energia elétrica, que são inovações que buscam unir a economia financeira, consciência socioambiental e autossustentabilidade. A microgeração distribuída é a central geradora com potência instalada de até 75 kW (quilowatts) e minigeração distribuída trata-se daquela com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW (megawatts), conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. Como motivadores à Geração Distribuída (GD) tem-se a potencialidade de benefícios que tal modalidade pode gerar ao sistema elétrico, como o adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, impacto ambiental minimizado, diminuição no carregamento das redes, redução das perdas e diversificação da matriz energética (ANEEL, 2012).

Em 2015, em revisão à normativa citada anteriormente, a ANEEL publicou a REN n.º 687, visando, entre outras soluções, baixar os custos e o tempo para a conexão da microgeração e minigeração, maximizar o público alvo e aprimorar os dados das faturas de energia. Segundo as regras dessa normativa, o consumidor adquire créditos que podem ser usufruídos para reduzir a fatura dos meses seguintes sempre que a quantidade de energia produzida em certo mês for maior que a energia consumida naquele período. O prazo de validade dos créditos é de 60

meses, podendo ainda ser utilizados para subtrair o consumo de unidades consumidoras do mesmo titular, localizadas em outro endereço, se estas estiverem na área de cobertura de uma mesma distribuidora, só não pode ser convertido em dinheiro. É chamada de “autoconsumo remoto” essa categoria de utilização de créditos (ANEEL, 2022).

Dessa forma, a GD refere-se à energia elétrica gerada no local de consumo ou próximo a ele, sendo válida para várias fontes de energias renováveis, como a energia solar, eólica e hídrica. Depois da publicação da REN n.º 482/12 da ANEEL, iniciou-se no Brasil um processo brando de propagação de micro e minigeradores distribuídos, o qual começou a acelerar a partir de 2016 (ANEEL, 2017). Vale ressaltar que, no dia 07 de janeiro de 2022, foi publicada no Diário Oficial da União (DOU) a Lei n.º 14.300/2022, que institui o marco legal da GD. Apesar de ter entrado em vigor nesta data a legislação estabelece um período de transição, denominado vacância, para projetos solicitados em até 12 meses contados da publicação da Lei, ou seja, todos os projetos de GD já instalados ou cuja solicitação de acesso ocorram até o dia 7 de janeiro de 2023 serão válidos nas regras atuais de compensação previstas na REN n.º 482/2012 até o dia 31 de dezembro de 2045. Conforme previsto na Agenda Regulatória 2022-2023 da ANEEL, ressalta-se que a REN n.º 482/2012 está sendo aprimorada e a minuta da nova resolução será examinada pela Diretoria Colegiada em Reunião Pública no 2º semestre de 2022 (ANEEL, 2022).

### **2.1.1 Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (On-Grid)**

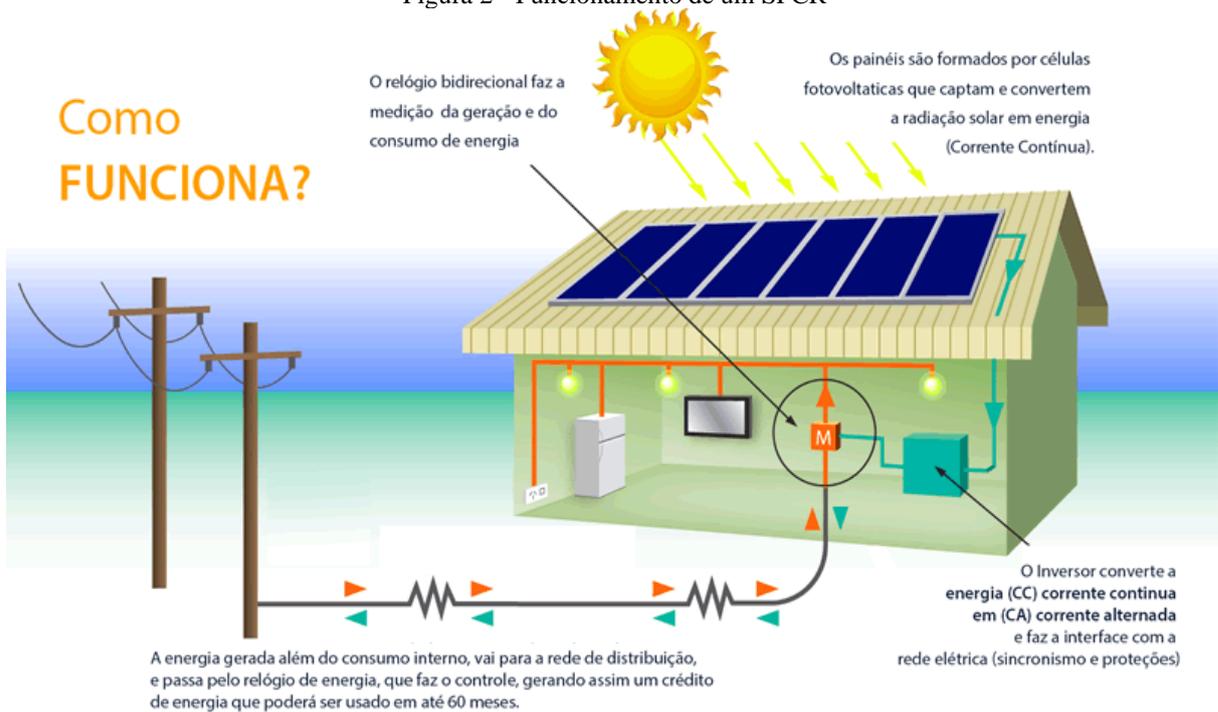
O Brasil além de apresentar uma grande irradiação solar em, aproximadamente, toda extensão territorial, ainda possui uma das maiores fontes de silício do mundo, que é uma das principais matérias primas usadas na produção dos módulos fotovoltaicos (FV), o que possibilita níveis elevados de eficiência (CORTELETI; SANTOS, 2021). O sistema FV trata-se de um mecanismo de conversão da radiação solar em energia elétrica, composto por um gerador, um condicionador de potência e um local para armazenamento. É dividido em três categorias diferentes a classificação do sistema fotovoltaico: sistemas isolados, híbridos e interligados à rede (CRESESB, 2006).

Denominados como sistemas *on-grid* ou *grid-tie*, os Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCR) referem-se efetivamente àqueles que são ligados ao sistema público de fornecimento de energia elétrica e que usa a rede elétrica como *back-up* da energia excedente ou como suplemento em caso de geração insuficiente. Geralmente, não usam baterias para *back-up* da

energia produzida, uma vez que possuem a rede elétrica como suporte, esses sistemas apresentam menor custo efetivo de implantação, tornando-se mais comuns (CORTELETI; SANTOS, 2021). Esse tipo de sistema tem quatro modalidades principais: Geração Distribuída (GD) junto à carga, onde a energia produzida é consumida no próprio local; Condomínio com GD/EMUC (empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras), onde a energia gerada, em percentuais estabelecidos pelos próprios consumidores, é dividida entre os condôminos; Autoconsumo Remoto, onde o consumidor pode instalar um micro ou minigerador em um local diverso de onde reside e, estando na mesma área de concessão, usar os créditos produzidos para abater seu consumo, diminuindo sua fatura de energia; Geração Compartilhada (*Community Solar*), no qual várias partes interessadas, pessoas ou empresas, formalizam um consórcio ou cooperativa para implantar um sistema de micro ou minigeração distribuída, logo compartilham os créditos de energia gerados e injetados na rede pelo sistema (ABSOLAR, 2022).

Segundo a *Projetando Edificações Energeticamente Eficientes (Projeteee)*, primeira plataforma nacional que agrupa soluções para um projeto de edifício eficiente, com intuito de dar continuidade ao trabalho desenvolvido pelo PROCEL/Eletrobrás e pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) é composto, basicamente, por: módulos, inversores e medidor bidirecional. Os módulos são compostos por células, onde ocorre o efeito fotovoltaico, que é a transformação da irradiação solar incidente em energia elétrica em forma de corrente contínua (CC). Existem vários tipos de módulos, com variados valores de potência de pico. Os inversores são aparelhos responsáveis por transformar a eletricidade gerada pelos painéis de CC para corrente alternada (CA), tornando possível seu uso na edificação, sendo que sua quantidade depende da sua capacidade e do tamanho do sistema instalado, pode variar de um até diversos inversores. Já o medidor bidirecional é o equipamento medidor da quantidade de energia que entra da concessionária para a edificação e também a que é gerada e injetada na rede, é muito importante, pois a energia, normalmente, é produzida durante o dia nos horários em que há irradiação solar e nem sempre o padrão de uso do edifício controla a produção. Assim, a energia produzida em excesso precisa ser injetada na rede e nos horários em que a produção de energia pelo sistema FV é reduzida ou inexistente a energia da concessionária supre a demanda da Unidade Consumidora (UC) (PROJETEEE, c2022). A figura 2 mostra como funciona um SFCR.

Figura 2 - Funcionamento de um SFCR



Fonte: Multitech Ecosystems, 2018.

## 2.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

Quanto aos benefícios trazidos pela fonte solar fotovoltaica (FV) no Brasil, conforme dados da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR, 2022), destaca-se que já são mais de 13,5 GW de sistemas fotovoltaicos em operação no país, sendo que os novos investimentos privados já ultrapassam R\$ 72,3 bilhões de reais. Com isso, foram gerados mais de 405 mil novos empregos pelo setor, a contribuição tributária supera R\$ 18,2 bilhões de reais e mais de 17,7 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> não foram emitidas no meio ambiente, esses dados se encontram na Figura 3.

Figura 3 - Benefícios da fonte solar fotovoltaica no Brasil

### Benefícios da Fonte Solar Fotovoltaica ao Brasil

Fonte: ABSOLAR, 2022.

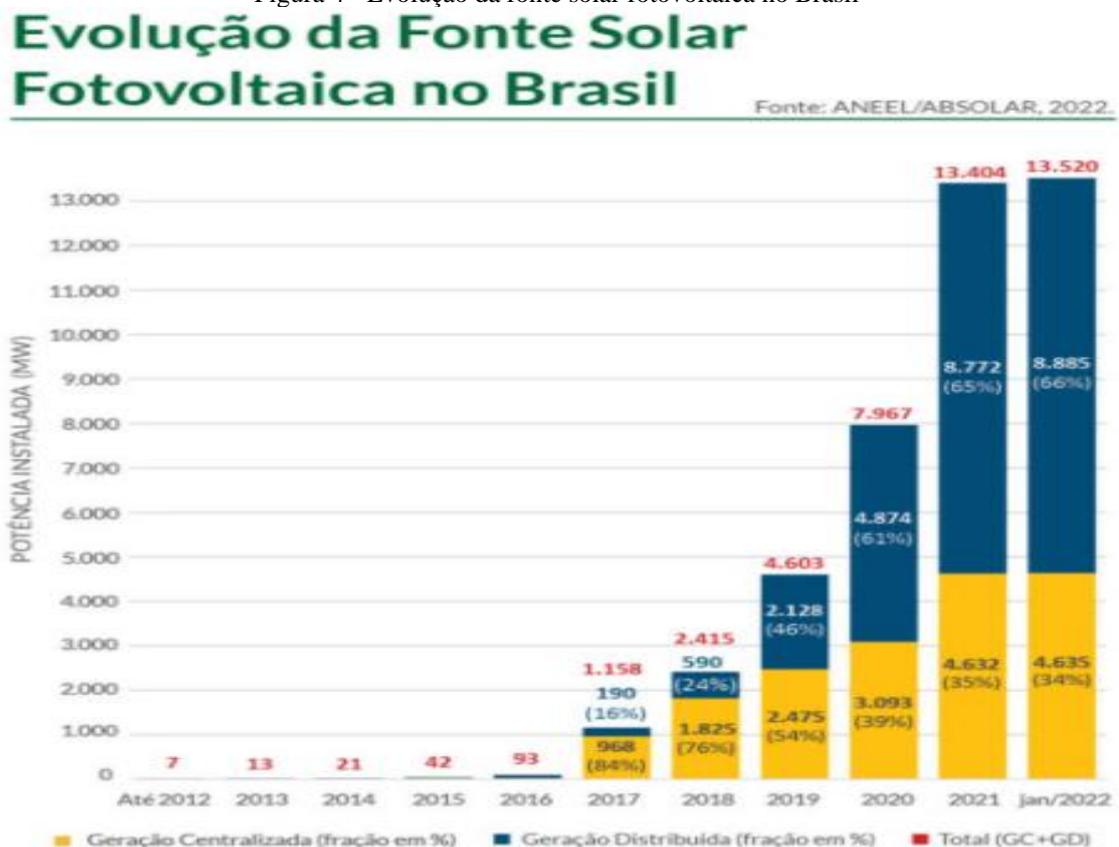


Dados acumulados desde 2012.

Fonte: ABSOLAR, 2022.

Segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e da ABSOLAR, é possível verificar a evolução da Geração Distribuída (GD) em comparação com a Geração Centralizada (GC) na Figura 4, para o período de 2012 a janeiro de 2022 observa-se um crescimento acentuado da fonte solar fotovoltaica no Brasil, sendo que de 2012 a 2016 a participação fotovoltaica era muito pequena. Em 2017, começa a apresentar um volume maior, mas ainda é muito pouco, representando apenas 16% do total de potência instalada no país. Já em 2020, a energia solar consegue ultrapassar a energia elétrica centralizada, chegando a representar 66% da potência implementada até janeiro de 2022 (ANEEL; ABSOLAR, 2022).

Figura 4 - Evolução da fonte solar fotovoltaica no Brasil



Fonte: ANEEL; ABSOLAR, 2022.

De acordo com os dados da ANEEL e ABSOLAR (2022), o ranking da Geração Distribuída (GD) entre os estados brasileiros é mostrado na figura 5, com destaque para o estado de Minas Gerais que se encontra na primeira posição com 1.530,4 MW de potência instalada até janeiro de 2022, o que representa 17,2% do somatório dos outros estados do país. Em segundo lugar, aparece São Paulo com 1.153,3 MW de potência implantada. Rio Grande do Sul surge em terceiro lugar com 1.057,6 MW instalados. O estado de Mato Grosso assume a quarta posição com 618,8 MW de potência para produção de energia solar fotovoltaica.

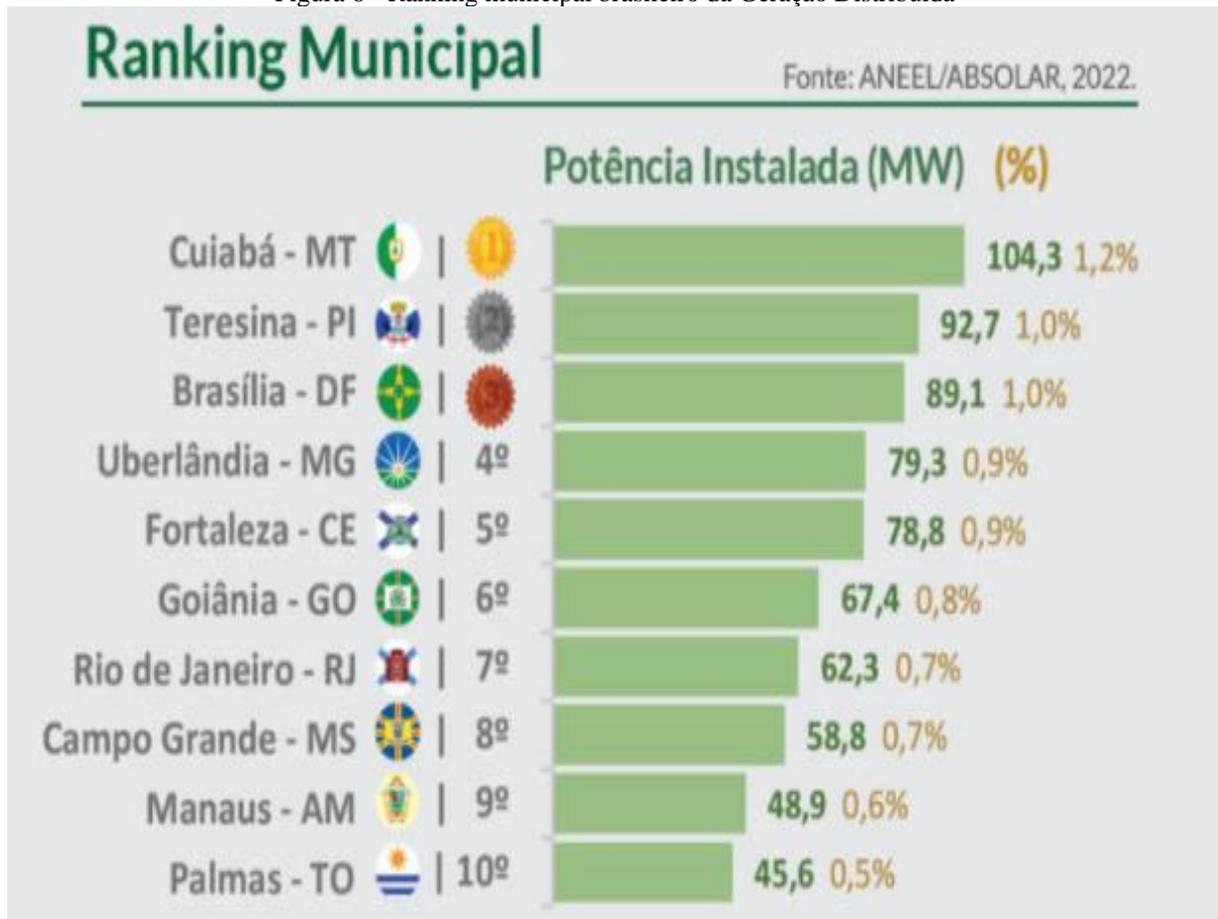
Figura 5 - Ranking estadual brasileiro da Geração Distribuída



Fonte: ANEEL; ABSOLAR, 2022.

Ainda sobre a Geração Distribuída (GD), quando o ranking se refere aos municípios brasileiros, conforme a figura 6, Cuiabá-MT assume o primeiro lugar com 104,3 MW de potência instalada, representado 1,2% em relação aos demais municípios. Em seguida, em segundo lugar, desponta Teresina-PI com 92,7 MW de potência implantada, logo, na terceira posição, aparece Brasília-DF com 89,1 MW de potência instalada, o quarto lugar é ocupado por Uberlândia-MG com 79,3 de potência implementada (ANEEL; ABSOLAR, 2022).

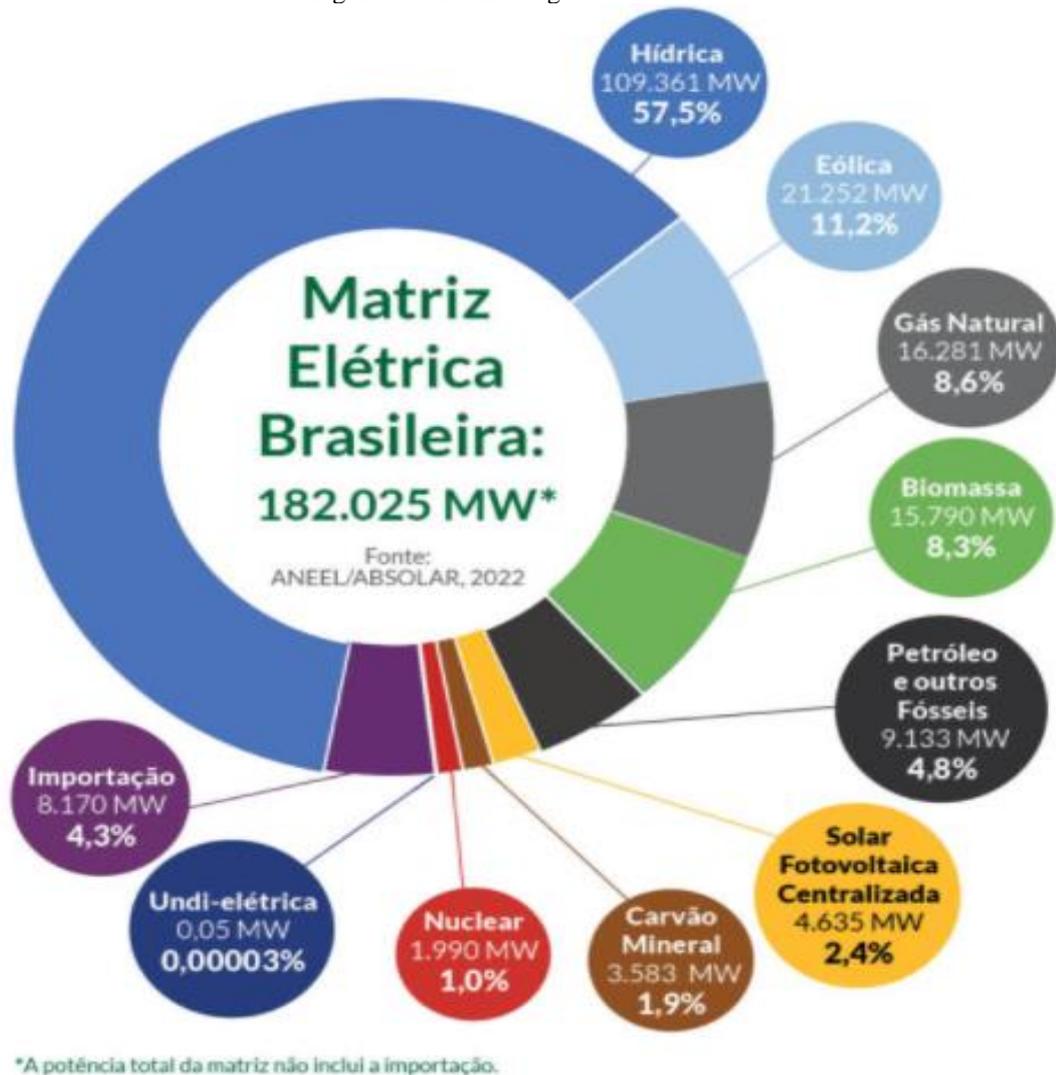
Figura 6 - Ranking municipal brasileiro da Geração Distribuída



Fonte: ANEEL; ABSOLAR, 2022.

Ao analisar a matriz energética brasileira com total de 182.025 MW de potência instalada, na figura 7, pode-se subtrair o entendimento de que as fontes hídricas ainda possuem a maior representatividade, sendo responsável por 57,5% da geração de energia elétrica no país. Em seguida vem a energia produzida pela fonte eólica, 11,2%. A terceira posição fica com a fonte de gás natural com 8,6%. Considerando apenas a produção nacional, a energia solar fotovoltaica centralizada (grandes usinas) ocupa o sexto lugar com 2,4%. A preocupação quanto à sustentabilidade ambiental pode aumentar na medida que se somam as seguintes fontes: 8,6% (gás natural), 4,8% (petróleo e outros fósseis), 1,9% (carvão mineral) e 1,0% (nuclear). Dessa forma, as fontes consideradas mais poluentes ao meio ambiente garantem o segundo lugar na matriz energética do país com 16,3%. Ainda há de ser ressaltado que 4,3% da energia consumida no Brasil vem de fontes importadas, que em sua maior parte possui uma produção por meio de fontes poluentes (ANEEL; ABSOLAR, 2022).

Figura 7 - Matriz energética brasileira



Fonte: ANEEL; ABSOLAR, 2022.

Em relação à Geração Centralizada, usinas solares fotovoltaicas de grande porte, tendo como medida a potência já instalada (MW) e as demais usinas outorgadas do mercado regulado e mercado livre por estado, que estejam com construção em andamento ou a iniciar-se, conforme a figura 8, tem-se que a potência total outorgada é de 36,6 GW, com estimados R\$ 136,2 bilhões em investimentos totais em usinas solares fotovoltaicas tendo como parâmetro a potência total outorgada. Nesse sentido, o Estado de Minas Gerais aparece em destaque com 633,7 MW de potência instalada, 1.866,0 MW em construção e 10.128,5 MW a ser construída (ANEEL; ABSOLAR, 2022).

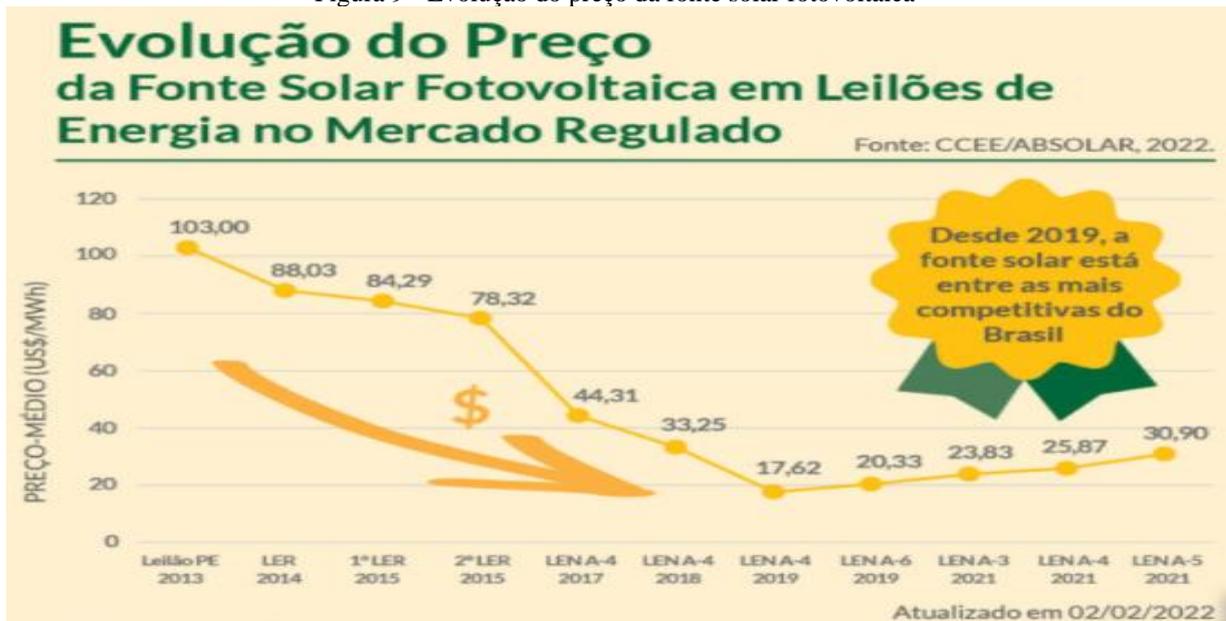
Figura 8 - Geração Centralizada



Fonte: ANEEL; ABSOLAR, 2022.

Segundo dados da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) e da ABSOLAR, no que concerne à evolução do preço da energia solar fotovoltaica em leilões de energia no mercado regulado, desde 2019 a energia solar está entre as mais competitivas do Brasil. O preço médio de 103,00 US\$/MWh registrado em 2013 foi apresentando queda nos anos seguintes. Em 2018 chegou a um preço médio de 33,25 US\$/MWh. Considerando o período analisado de 2013 a 2021, em 2019 apresentou-se o menor valor médio de 17,62 US\$/MWh, depois disso, os preços se mantiveram competitivos, mesmo com a pandemia de COVID-19, em 2021 o valor médio registrado foi de 30,90 US\$/MWh. Esses dados são de grande relevância, pois servem de base para empresas de energia solar nacionais e estrangeiras definirem seus investimentos no setor e com preços cada vez mais competitivos pode-se elevar a expansão brasileira de energia solar no mercado internacional. Na Figura 9, é possível visualizar a perspectiva apresentada (CCEE; ABSOLAR, 2022).

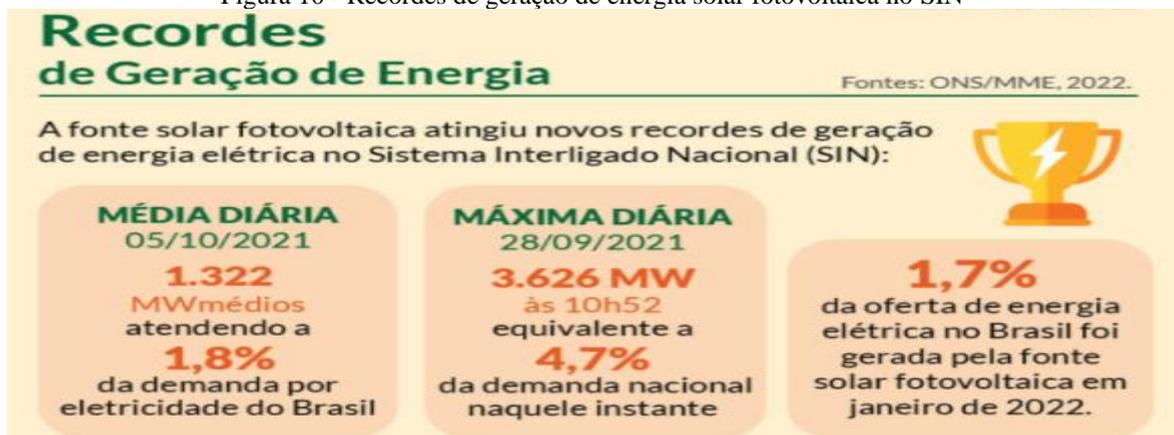
Figura 9 - Evolução do preço da fonte solar fotovoltaica



Fonte: CCEE; ABSOLAR, 2022.

Conforme informações do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e do Ministério de Minas e Energia (MME), na figura 10, apresentam-se alguns recordes relativos à geração de energia solar fotovoltaica junto ao Sistema Interligado Nacional (SIN). A média diária registrada em 05 de outubro de 2021 foi de 1.322 MW médios, que foram suficientes para atender 1,8% da demanda por eletricidade do Brasil. A máxima diária foi atingida às 10h52min do dia 28 de setembro de 2021 com 3.626 MW, equivalente a 4,7% da demanda nacional naquele instante. Em janeiro de 2022, 1,7% da oferta de energia elétrica no país foi produzida pela fonte solar fotovoltaica. São valores pequenos ainda se comparados com a totalidade de geração de energia da matriz energética brasileira, porém para o setor esses dados representam grandes avanços e tendências excelentes de crescimento nos próximos anos (ONS; MME, 2022).

Figura 10 - Recordes de geração de energia solar fotovoltaica no SIN



Fonte: ONS; MME 2022.

Apesar do Brasil possuir uma das maiores reservas mundiais do quartzo, matéria prima bruta para o silício, o país importa com altos preços as lâminas desse elemento químico purificado para produzir as placas fotovoltaicas, que exigem alto grau de purificação. Verifica-se, de acordo com a figura 11, que embora tenha aumentado o número de fábricas do setor solar fotovoltaico esse número ainda é bem reduzido, são apenas 7 (sete) indústrias para produção dos módulos fotovoltaicos que são os principais componentes do sistema e o segundo item mais utilizado que são os inversores contam com apenas 9 (nove) fábricas. Assim, a cadeia produtiva fotovoltaica brasileira ainda requer uma política mais atuante, que gere maior competitividade aos produtos nacionais, buscando diminuir os preços de componentes e equipamentos produzidos no Brasil, o que pode gerar mais empregos, tecnologia e inovação (BNDES, 2022).



Fonte: BNDES, 2022.

A figura 12 revela alguns dados relevantes sobre a microgeração (até 75 kW) e minigeração (acima de 75 kW e até 5 MW) distribuída no Brasil, incluindo instalações residenciais, comerciais, industriais, rurais e públicas. A fonte solar fotovoltaica é a líder isolada do segmento com 97,9% de potência instalada relativa a parcela da microgeração e minigeração distribuída. Pertencem a fonte solar fotovoltaica 99,9% do total das conexões de micro e minigeração distribuída. São, aproximadamente, 816.961 Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCR). E cerca de 1.028.555 unidades consumidoras (UC), 1,2% do total recebendo créditos pelo Sistema de Compensação de Energia Elétrica (ANEEL; ABSOLAR, 2022).

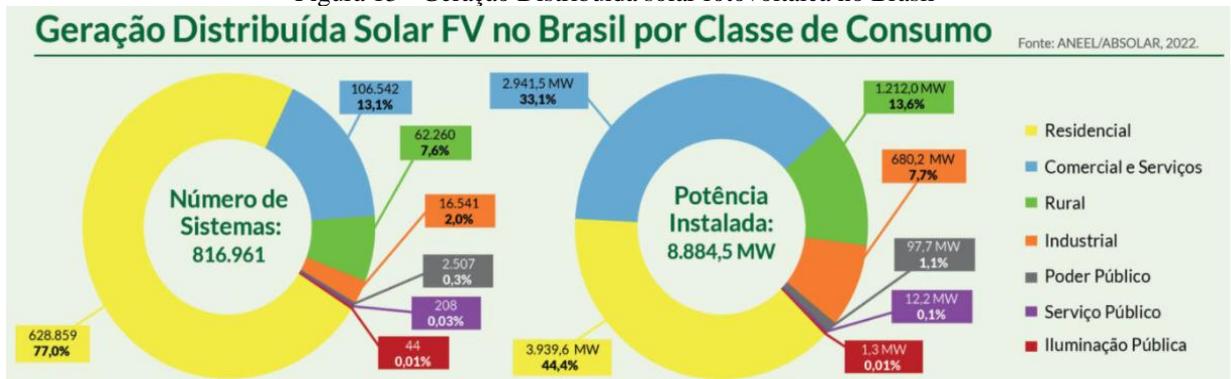
Figura 12 - Sistemas de microgeração e minigeração distribuída



Fonte: ANEEL; ABSOLAR, 2022.

Por fim, tem-se os dados da Geração Distribuída Solar Fotovoltaica no Brasil por classe de consumo, na figura 13, com um total de 816.961 sistemas instalados e uma potência total de 8.884,5 MW, onde o maior percentual corresponde a classe Residencial com 77,0%. Em segundo lugar, encontra-se a classe Comercial e Serviços com 13,1%. O que chama atenção é o Serviço Público com somente 0,03% de sistemas instalados e uma potência implementada de 12,2 MW, ficando em penúltima posição, perdendo apenas para classe Iluminação Pública que tem 0,01% de sistemas implantados e 1,3 MW de potência instalada. Esses dados provocam uma crítica ao setor público, o que se espera é que o Governo esteja à frente de projetos que incluem questões de sustentabilidade ambiental e que podem impactar diretamente na matriz energética do país, onde as fontes de energias renováveis e limpas devem ser incentivadas a fortalecer o sistema energético do Brasil (ANEEL; ABSOLAR, 2022).

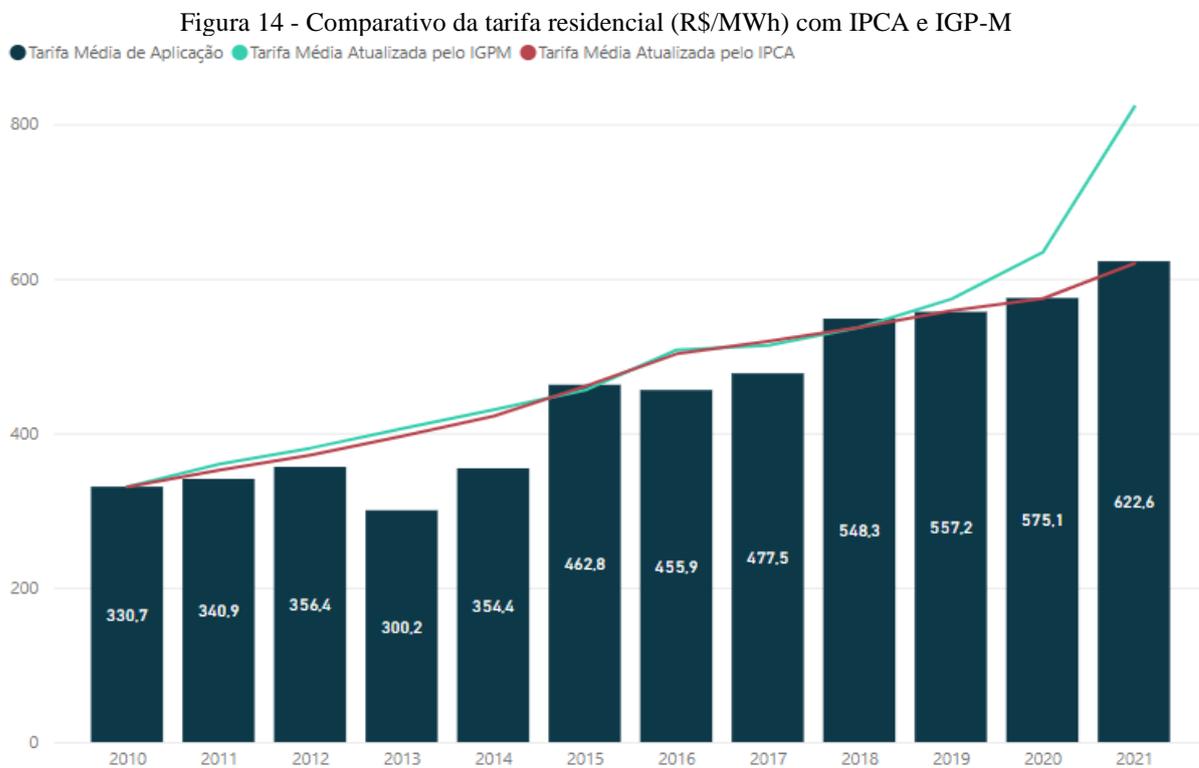
Figura 13 - Geração Distribuída solar fotovoltaica no Brasil



Fonte: ANEEL; ABSOLAR, 2022.

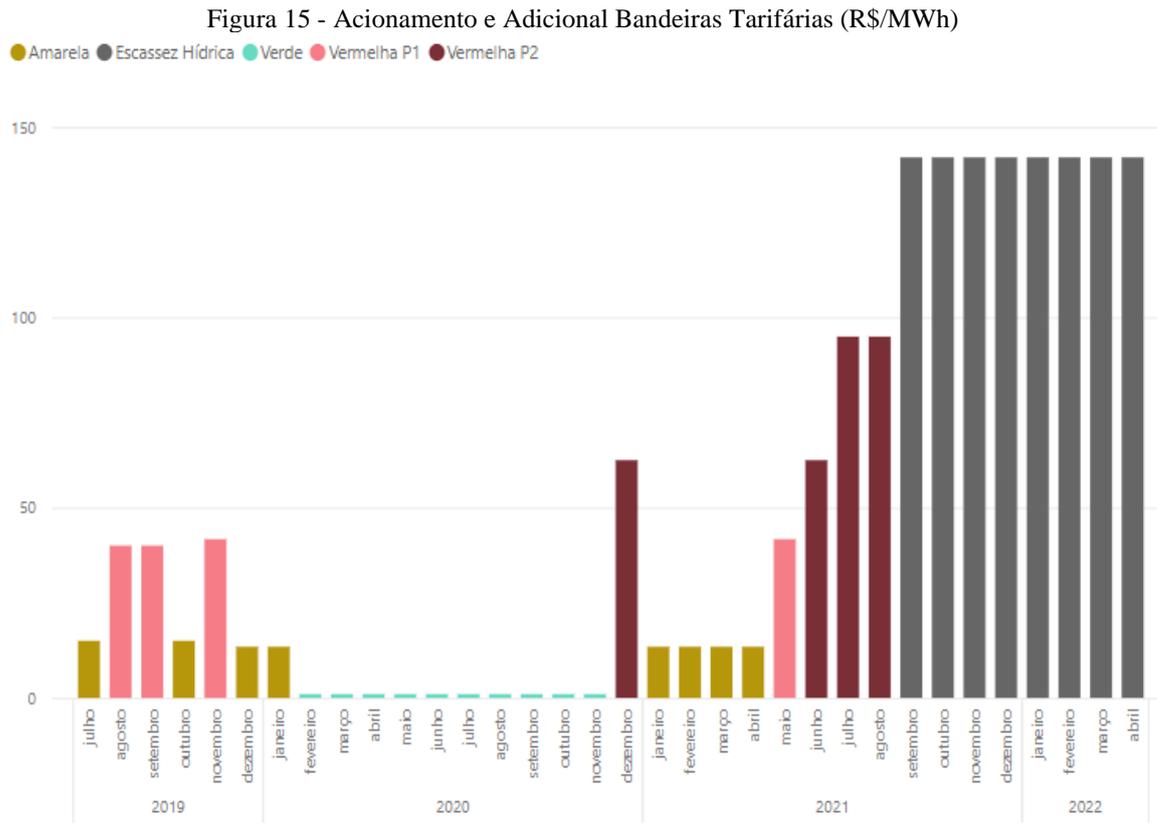
## 2.3 TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

A tarifa de energia elétrica no Brasil tem sofrido aumentos anuais significativos, o que para a energia solar fotovoltaica é positivo, pois eleva seu retorno econômico sobre as faturas de energia elétrica, tornando projetos dessa natureza com uma viabilidade maior. Na figura 14, da ANEEL (2022), é possível observar o aumento tarifário da energia elétrica em comparação com o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) e o Índice Geral de Preços de Mercado (IGP-M). Em 11 anos, entre 2010 a 2021, tem-se um aumento de mais de 50% na tarifa residencial, é um número expressivo e que mostra a tendência de crescimento da tarifa desse setor.



Fonte: ANEEL, 2022.

Como agravante ao aumento tarifário contabilizam-se ainda o constante acionamento e adicional das bandeiras tarifárias à conta de luz do consumidor final, principalmente, com a baixa dos níveis dos reservatórios das hidrelétricas provocada pela falta de chuvas, que tem se tornado cada vez mais frequente no país com as mudanças climáticas mundiais. Logo, na figura 15, da ANEEL (2022), observa-se o comportamento relativo ao acionamento e adicional das bandeiras tarifárias, a escassez hídrica aparece destacada no período que compreende setembro de 2021 a abril de 2022.



Fonte: ANEEL, 2022.

### 2.3.1 Faturas de energia elétrica do Campus Cuiabá da UFMT

Os gastos com energia elétrica no Campus Cuiabá da UFMT são crescentes e analisando a tendência nacional de aumento da tarifa de energia elétrica, o cenário que se espera, caso não sejam adotadas medidas de eficiência energética e uso de fontes alternativas de energia, é que essa situação fique cada vez mais insustentável para um órgão público que vem, constantemente, buscando reduzir seus custos com a fatura de energia elétrica, enfrentando até mesmo cortes em sua rede elétrica com suspensão da prestação dos serviços pela concessionária local Energisa em 2019. Como várias outras universidades federais (UF), a UFMT tem sofrido ainda com reduções em seu orçamento anual e tem apresentado aumento na demanda de consumo energético, o que é natural para uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) que visa crescer e aumentar a oferta de seus cursos. Em 2020, percebe-se uma redução no valor total de seu gasto com energia elétrica, de R\$ 19.869.480,24 em 2019 para R\$ 15.549.009,80 em 2020, mas essa diminuição foi proveniente da suspensão das aulas presenciais e do trabalho remoto, *home office*, ocasionado pela COVID-19.

## 2.4 FACILITADORES AO PROCESSO DE INSTALAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS

O Ministério da Educação (MEC), em 2017, criou o Programa para Desenvolvimento em Energias Renováveis e Eficiência Energética na Rede Federal (EnergIF), com objetivo de desenvolver a cultura das energias renováveis e eficiência energética na Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica. As ações educacionais do EnergIF junto a outras de fomento e projetos de pesquisa e desenvolvimento somam R\$ 4,6 milhões, porém têm sido divulgados vários resultados significativos, como a capacitação de 437 docentes na rede federal na área de energia renovável e eficiência energética, além de 310 professores e pesquisadores dedicados em suas ações em rede federal. O programa tem buscado ainda a disponibilização de cursos na rede federal, em 2020 foram aprovados cinco projetos para criação de centros de referências em energia solar fotovoltaica somados a 20 projetos iniciados em 2019, que também buscam expandir a infraestrutura para oferta de cursos, incluindo curso de formação inicial e continuada, como instalador de sistemas fotovoltaicos e programas pós-técnico e de pós-graduação (MEC, 2022).

Em 2021, a Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) firma o primeiro passo rumo a implantação de Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR). O bloco C da Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia (FAET) trata-se do primeiro local de instalação de um sistema de geração fotovoltaica (FV) no Campus Cuiabá da UFMT. A ação é proveniente do programa "UFMT Construindo o futuro", que incorpora investimentos nas áreas de segurança, infraestrutura, sustentabilidade, inclusão social, tecnologia e inovação. O recurso provém da concessionária de energia elétrica local, Energisa, pelo Programa de Eficiência Energética da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). O sistema instalado é composto por 144 placas de 365 watt-pico (Wp) cada, um total de 52,56 quilowatt-pico (KWp), com um custo total de instalação de cerca de R\$ 400 mil. Somente com essa instalação, é esperada uma diminuição de R\$ 7.500 mensais na conta de energia elétrica da instituição. A partir de 2000, ano que houve intenso racionamento de energia, a ANEEL estabeleceu que 0,5% da receita operacional líquida anual das distribuidoras de energia elétrica seja voltado para projetos de eficiência energética com foco em prédios públicos (UFMT, 2021).

Por meio da Secretaria de Parcerias e Investimentos, o Governo do Tocantins estima que no ano de 2022 o estado pode receber R\$ 157 milhões de investimentos da iniciativa privada. O projeto trata-se de contratação de Parceria Público-Privada (PPP) destinada à construção,

operação e manutenção de Usina Solar Fotovoltaica (UFV) para suprir a demanda energética das edificações públicas que compõem a infraestrutura de educação, saúde e demais órgãos e entidades do executivo identificados ao longo da parceria entre os cooperantes. Durante a vigência de 25 anos do contrato com a eventual empresa que vencer a licitação, o estado prevê uma economia de aproximadamente R\$ 1 bilhão. Não há investimento público na implantação, operação e na gestão das miniusinas, pois todo o investimento das concessionárias é amortizado ao longo do contrato. O estudo teve início com um Termo de Cooperação Técnica entre a Tocantins Parcerias e o Instituto de Planejamento e Gestão de Cidades (IPGC), não há custo para o estado visto que o contrato estabelece que a própria empresa que vai instalar as usinas fotovoltaicas fará o ressarcimento de todo o projeto, que é regido pela Lei de Concessão. Assim, Tocantins estima reduzir a emissão de carbono na atmosfera em mais de 2 toneladas ao ano, o equivalente ao gás carbônico absorvido anualmente por 130 mil árvores (COBO; JULIATE, 2022).

Um novo programa de incentivos à energia solar do Governo Federal denominado de “Pró-Solar” busca minimizar as cobranças internacionais, estimulando a redução da emissão de carbono (CO<sub>2</sub>) com o crescimento do uso de energia limpa pelo país. Em resposta aos questionamentos internacionais sobre a preocupação ambiental surge essa iniciativa, proveniente da discussão realizada no Fórum Econômico Mundial que ocorreu em Davos, no ano de 2020. Vai além da renovação dos atuais incentivos para a instalação de placas solares, trata-se da tratativa de preservação da Amazônia e uma matriz energética mais limpa. Assim, o programa vem sendo apresentado às empresas que investem em energia solar fotovoltaica (FV) como um convite ao debate (ABSOLAR, 2020).

Desde 2016, a *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)* por intermédio de um projeto de cooperação técnica denominado Sistemas de Energia do Futuro, entre o Ministério de Minas e Energia (MME) e o Ministério Alemão de Cooperação Econômica e Desenvolvimento (BMZ), tem apoiado o governo brasileiro na integração de energias renováveis e eficiência energética na matriz elétrica do país. O projeto inclui assessoramento a ministérios e instituições públicas, além de outros atores importantes para o setor, buscando delinear estratégias e apoiar o aprimoramento de estruturas de cooperação e gestão. A denominação dessa iniciativa junto ao setor de educação é “Profissionais para Energias do Futuro” e tem como principais parceiros a Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica do Ministério da Educação (SETEC/MEC), o SENAI e as universidades. A GIZ promove uma aproximação das escolas às empresas e associações do setor de energia para desenvolvimento

de cursos inerentes à demanda do mercado, oferece capacitação a professores, cria materiais didáticos, ajuda na divulgação dos cursos e ações das instituições relacionadas ao tema e ainda acompanha a qualidade dos cursos ofertados e a inserção dos discentes no mercado de trabalho (KNOPKI; SCHEIDT, 2019).

O Grupo Energisa pretende investir R\$ 26 milhões por meio do Programa de Eficiência Energética (PEE) que é regulamentado pela Agência Nacional de Energia elétrica (ANEEL) e tem por objetivo a promoção da utilização eficiente da energia elétrica por meio de projetos inovadores com execução pelas distribuidoras locais que atuam nos estados do Acre, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraíba, Rio de Janeiro, Rondônia, Sergipe e Tocantins. Dentro desse projeto, destaca-se que oito instituições de ensino de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais receberam o benefício. No estado de Minas Gerais foram selecionados os colégios em Cataguases e Ervália. Em Cataguases, foram dois investimentos: um no valor de R\$ 74 mil na Escola Estadual Marieta Soares Teixeira para substituição de 333 lâmpadas por modelos em LED e a implantação de um sistema fotovoltaico (FV) e outro no valor de R\$ 189 mil na Escola Estadual Manuel Inácio Peixoto para trocar 759 lâmpadas por LED e instalação de um sistema FV. Já em Ervália, os investimentos foram de R\$ 158 mil para substituir 1.742 lâmpadas das treze escolas municipais e também instalar sistemas FV. Em Cuiabá (MT), os investimentos alcançaram R\$ 500 mil na Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT) somados a outros R\$ 460 mil no Campus do Araguaia, em Barra do Garças, para substituição de lâmpadas comuns por modelos mais eficientes em LED e trocas de condicionadores de ar. Em Barra do Garças, foram destinados também R\$ 440 mil para substituir lâmpadas e implementar sistema FV no Instituto Federal do Mato Grosso (IFMT). Para tornar mais eficientes os sistemas de iluminação de suas escolas foram disponibilizados R\$ 500 mil para Nova Mutum, município de Mato Grosso. Para substituir 243 luminárias e lâmpadas convencionais por modelos de alta eficiência foram R\$ 195 mil direcionados para UFMS, em Campo Grande-MS (ENERGISA JUNTOS, 2021).

Quanto aos incentivos para a Geração Distribuída (GD) no Brasil registra-se que o Conselho Nacional de Política Fazendária (Confaz) por meio do Ajuste SINIEF 2 revogou o convênio que orientava a tributação da energia injetada na rede, assim, cada estado passou a decidir se tributa ou não a energia injetada. Houve adesão nos seguintes estados quanto à isenção de ICMS: São Paulo (SP), Pernambuco (PE), Goiás (GO), Ceará (CE), Tocantins (TO), Rio Grande do Norte (RN), Mato Grosso (MT), Bahia (BA), Distrito Federal (DF), Maranhão (MA), Rio de Janeiro (RJ), Rio Grande do Sul (RS), Roraima (RR), Acre (AC), Alagoas (AL) e Minas

Gerais (MG). O Governo Federal isentou o PIS e COFINS da energia injetada na rede por meio da Lei nº 13.169/2015. Existe tendência de dedução de Imposto de Renda (IR) por amortização de equipamentos e também que municípios procurem adotar medidas de incentivo para a dedução de IPTU para a GD, como é o caso do município de Palmas (TO). Dessa forma, foi aprovado na Comissão de Serviços de Infraestrutura do Senado o Projeto de Lei nº 371/2015 para o resgate do FGTS destinado à aquisição de sistemas de microgeração. Além das empresas que estão oferecendo soluções financiadas por meio de contratos de performance (ESCO) e aluguéis, foram disponibilizadas novas Linhas de financiamento para a geração distribuída: Mais Alimentos (Pronaf); Economia Verde (Desenvolve SP); Finem (BNDES); PE Solar (Agefepe); Crédito Produtivo Energia Solar (Goiás Fomento); FNE Sol (BNB); Construcard (Caixa Econômica Federal); CDC Eficiência Energética (Santander); Proger (Banco do Brasil); Consórcio Sustentável (Sicredi). O Governo Federal desenvolveu o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), visando promover a Geração Distribuída no país (PORTAL SOLAR, c2014-2022).

Levando em consideração sua disponibilidade e seu baixo dano ambiental, diversas são as oportunidades de aplicação de energia solar: aquecimento e arrefecimento de edifícios; geração de calor para as indústrias alimentícias; refrigeração; aquecimento de água; destilação; secagem de grãos; cozinhar; geração de energia e outros processos (KANNAN; VAKEESAN, 2016). Neste sentido, Jannuzzi *et al.* (2009) apresentam algumas oportunidades para o uso de sistemas solares no Brasil como o fato do país possuir grandes reservas de quartzo para a produção de silício; possuir um elevado potencial solar que torna diversos projetos viáveis; possuir projetos voltados à produção e análise de desempenho de placas solares desenvolvidos por suas universidades; e o fato do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) possuir certificações para incentivar a indústria de células, inversores e baterias.

A ABNT também possui normas que podem ajudar na padronização do sistema fotovoltaico. A norma ABNT NBR 5410:2004 de Instalações Elétricas de Baixa Tensão é uma das primordiais do setor elétrico, trata-se da revisão de 1980 que substituiu a antiga NB 3, datada de 1960, marcando o início da adoção dos padrões da IEC (*International Electrotechnical Commission*). Um gerador fotovoltaico (GFV) deve atender diversos requisitos definidos por outras normas. Há a norma ABNT NBR 16690:2019 que estabelece os requisitos de projetos das instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos e traz disposições sobre os condutores, dispositivos de proteção elétrica, dispositivos de manobra, aterramento e equipotencialização

do arranjo fotovoltaico. A ABNT NBR 16254-1:2014 e ABNT NBR 5419:2021 têm sempre aplicabilidade, pois os arranjos fotovoltaicos são necessariamente instalações externas e expostas ao tempo, que podem ou não ser protegidas contra quedas diretas de raios. Se a instalação que abriga o GFV possuir uma subestação de média ou alta-tensão, então, serão observáveis as normas da ABNT NBR 14039: 2021 e NBR 15751:2013 (ABNT *apud* FREIRE, 2021).

Diversos estudos vêm sendo realizados para melhorar a capacidade de geração de energia solar, ressaltando que os sistemas fotovoltaicos (FV) foram concebidos de tal maneira que podem proporcionar maiores eficiências de conversão. Um exemplo é o sistema híbrido que torna a fonte de energia consistente e reduz o efeito de estações de energias autônomas, assim, ao associar a tecnologia FV de forma positiva com demais fontes renováveis como usinas hidroelétricas e turbinas eólicas é possível uma comercialização plausível. Outra associação interessante é dos coletores FV com os térmicos, os quais são usados para aumentar a eficiência de aproveitamento do Sol, sendo as células FV projetadas de tal forma que gerem eletricidade por meio da radiação solar enquanto os coletores térmicos recuperam a energia térmica da radiação não absorvida por tais células, evitando desperdícios. Desse modo, diferentes arranjos de coletores podem ser configurados em busca de uma maior eficiência, sendo que 50% de eficiência é conseguida em combinações de coletores FV (KANNAN; VAKEESAN, 2016).

Em relação à engrenagem de aspectos ambientais e técnicos capazes de aumentar o potencial de geração de energia, pontua-se que a rotação da terra faz com que o período de visibilidade solar seja variável em determinadas regiões e estações do ano, entretanto, como o Brasil está situado próximo da linha do Equador não apresenta grande variação na luz solar durante o dia. Para otimizar a radiação solar, pode-se regular a posição do painel solar em conformidade com a latitude local e a época do ano que precisa de uma energia maior. Uma placa solar instalada no Hemisfério Sul, por exemplo, deve ser direcionada para o norte com ângulo de inclinação de acordo com a latitude do local (FERREIRA *et al.*, 2018).

O mercado de energia solar FV continua crescendo e tem impulsionado o surgimento de novas plantas fabris no Brasil para atender essa demanda. Em dezembro de 2016, a multinacional Canadian Solar inaugurou em Sorocaba (SP) a maior fábrica do segmento de energia solar do país. Essa fábrica foi instalada dentro do espaço onde se encontra a Flex, segunda maior produtora de painéis solares do mundo, o investimento foi de cerca de R\$ 80 milhões. A Canadian Solar recebeu suporte da Agência Brasileira de Promoção de Exportações

e Investimentos (Apex) para se instalar no Brasil. Existe uma dominância da Canadian Solar no mercado brasileiro e um dos motivos é possuir uma fábrica de módulos FV no país, sendo enquadrada nos requisitos de financiamento do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). A BYD ocupa a segunda posição como escolha da maioria das empresas do ramo solar FV (ECO A ENERGIAS, 2019; NASSA *et al.*, 2017).

No que concerne aos benefícios trazidos pela energia fotovoltaica (FV), enfatiza-se a sinergia com a carga, ou seja, os Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCCR) podem agir em sinergia com o sistema de distribuição, diminuindo a carga e nos centros urbanos podem ser usados como unidades de Geração Distribuída (GD) em locais já ocupados (coberturas de estacionamentos e edifícios). Os baixos impactos ambientais também se enquadram como benefícios, o processo de geração de energia por esse sistema é considerado 100% livre de emissão de poluentes e com uma emissão bem controlada na produção das células FV. Em relação à confiabilidade do sistema, destaca-se que a tecnologia de células solares possui aproximados 50 anos de desenvolvimentos ininterruptos. É oferecida pelos fornecedores uma garantia sobre a capacidade de produção mínima das células que, geralmente, ultrapassa 90% da potência inicial após 10 ou 12 anos e 80% da potência inicial após 20 anos. Tem ainda o benefício ligado a produção de empregos, visto que as instalações FV podem empregar e qualificar a mão de obra de regiões brasileiras com baixo nível de desenvolvimento e que possuem elevado potencial de geração solar, podendo ser gerados trabalhos diretos ou indiretos com o aumento da capacidade de compra local. Quanto ao suporte e operação da rede, menciona-se que as instalações recentes desse tipo de sistema corroboram serviços e facilidades. Pode-se citar como exemplo, o controle da produção que, quando preciso, é feito por telecomando pelo operador da rede; no caso de aumento da frequência tem-se o controle da potência ativa; para controle de tensão da rede apresenta-se a alternativa de provisão de potência reativa; e mesmo com queda inesperada na tensão da rede é possível a continuação da operação do sistema FV (ABINEE, 2012).

De acordo com a Nota Técnica DEA 19/14 da Empresa de Pesquisa Energética, mesmo com uma capacidade instalada pequena, o Brasil tem acompanhado o progresso mundial do setor fotovoltaico (FV), buscando superar as barreiras por meio de um pacote de contribuições direcionadas para a inserção dessa fonte em sua matriz energética e com ações de diversos agentes e esferas tem alcançado melhorias nos últimos tempos nas áreas regulatória, tributária, normativa, fomento econômico, Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Entretanto, o desenvolvimento de uma indústria nacional de equipamentos FV é dependente de políticas de

incentivos adequadas para implantação de um parque industrial que vise benefícios de diminuição de custos e uma agregação de valor à indústria nacional (EPE, 2014).

## 2.5 BARREIRAS QUE DIFICULTAM A IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Foram identificados inúmeros facilitadores para implantação de um sistema fotovoltaico (FV), porém sua aquisição não se motiva somente em virtude deles, pelo contrário, envolve outras questões que podem ter um valor significativo de escolha, como pode-se mencionar a consciência ambiental, barreiras técnicas, econômicas e burocráticas percebidas pelos consumidores (KONZEN, 2014). Assim, conforme menciona Lisita Júnior (2005), certas barreiras têm dificultado a geração FV, no sentido de ultrapassar as linhas dos laboratórios e dos centros de pesquisas, elas possuem várias classificações: econômica; financeira; política; cultural. As barreiras relativas à inserção de tecnologias que utilizam fontes renováveis de energia foram alvos de um estudo efetivado na região amazônica, sendo discutidas sob diversos enfoques: ambiental, regulatório, ações de P&D, recursos humanos, econômico, político, falta de informações e modelo institucional (SOUZA; DERZI; CORREIA, 2004).

Ainda existem grandes desafios para o uso dessas fontes no Brasil, como pode-se mencionar a falta de incentivo e investimento por parte do Governo e a ausência de competitividade do custo das energias renováveis (GUERRA; YOUSSEF, 2011). Nota-se que a disseminação em escala maior da geração de energia FV sugere grandes desafios técnicos, econômicos e regulatórios, sendo preciso estabelecer uma estratégia dinâmica entre a difusão da nova tecnologia, o equilíbrio econômico-financeiro entre o sistema “antigo” e o emergente e a rota regulatória, na proporção que a expansão desse sistema solar tende a permanecer no decorrer dos próximos anos (CASTRO *et al.*, 2016). Um dos aspectos relevantes reside na normalização de questões fundamentais da Geração Distribuída (GD), no que se refere à qualidade, segurança e proteção, com destaque para o custo elevado das células (EPE, 2007).

A partir de um estudo realizado sobre barreiras, potencialidades e ações para implementação da energia sustentável em universidades públicas brasileiras, Ávila *et al.* (2018) revelam as barreiras para implementação das pesquisas e projetos existentes em universidades sobre energia sustentável, destacando cinco principais: falta de recursos financeiros, indisponibilidade de um corpo técnico especializado, excesso de burocracia institucional, falta de infraestrutura e a cultura da população. Ressaltam ainda que ter consciência das barreiras

existentes é um primeiro passo para implementação desses projetos, tornando as ações futuras mais assertivas.

Ademais, diversas barreiras são direcionadas à cadeia produtiva, à infraestrutura de projeto, Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), ausência de regulamentação e ao mercado. A energia solar fotovoltaica (FV) precisa de um conhecimento tecnológico em toda sua cadeia produtiva: apresenta um processo moroso na importação de insumos e produtos químicos, que acarreta demoras no ciclo de desenvolvimento de produtos; em comparação aos países desenvolvidos o Brasil está obsoleto, aproximadamente, 20 anos no que concerne à propriedade de tecnologias; a engrenagem entre os centros de pesquisa e as empresas vem se traduzindo em uma demanda crescente; considera-se ainda que é preciso solucionar limitações legais para a negociação de fabricação independente (JANNUZZI *et al.*, 2009).

Para alcançar uma energia sustentável e estável a longo prazo é preciso um progresso considerável nos setores de energia renovável. Para romper com as barreiras enfrentadas pelo setor, entre outras medidas, é preciso oferecer suporte financeiro e investir em P&D para motivar o surgimento de tecnologias modernas na indústria solar. A qualidade de dados sobre a radiação global é outra apreensão que atinge projetos que contemplam a energia solar, podendo afetar o desempenho dos sistemas fotovoltaicos (FV) pelo seu dimensionamento incorreto. As iniciativas políticas são fundamentais para gerar determinada quantia de eletricidade por meio de fontes renováveis, minimizando a energia ociosa. Assim, para facilitar o acesso às tecnologias benéficas ao meio ambiente, o Governo deve auxiliar na transferência de novas tecnologias desse setor entre nações desenvolvidas. A política inteligente e de apoio governamental é basilar para agregar desenvolvimento para a indústria FV no país, seja na forma de subsídios, políticas fiscais ou plano de recompensa para a geração de energia renovável (MANJU; SAGAR, 2017)

A partir de um estudo elaborado por Ferreira *et al.* (2018), que trata dos principais aspectos da evolução dos incentivos regulatórios para a utilização de energia solar fotovoltaica (FV) no Brasil, pontua-se que esse tipo de energia, nos últimos tempos, tem se tornado uma realidade em alguns países por conta de vários incentivos. No Brasil, apesar de terem tido reduções, os custos de gerar energia solar ainda ultrapassam os custos de outras fontes energéticas renováveis, porém a tendência é que esses custos continuem a cair e alcancem a devida competitividade em um futuro próximo. Considera-se que a energia FV é uma alternativa para diversificar a matriz energética brasileira, entretanto, o país precisa investir em incentivos que

ainda são modestos. A cadeia inicial de purificação de silício e a produção de células FV possuem preços elevados, exigindo uma produção em grande escala para se tornarem competitivas. Para diminuição dos custos de produção, a cadeia FV precisa ser fomentada no mercado nacional, ampliando o potencial de competição no comércio mundial, que é altamente acirrado no que se refere à fabricação dos componentes desse tipo de sistema. É um desafio o desenvolvimento de uma indústria brasileira competitiva e sustentável, devendo ser disponibilizadas novas linhas de crédito voltadas para a energia solar FV, que sofre com a falta de conhecimento sobre essa tecnologia por parte do setor financeiro, o qual se depara com dificuldades para compreender e mensurar adequadamente os riscos do empreendimento, situação que requer também projetos de divulgação desse sistema.

No que tange às barreiras atuais para preparação de uma regulamentação específica sobre Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) elétrica no Brasil, Jannuzzi *et al.* (2009) enumeram as seguintes: falta de indústrias nacionais de equipamentos; elevado custo; baixo índice de nacionalização dos equipamentos; falta de qualificação de mão de obra e necessidade de reunir as informações dos especialistas da área. Enfatiza-se que embora o país seja um considerável produtor de silício metalúrgico ainda não dispõe de silício grau solar e uma solução para essa situação seria purificá-lo no território nacional. Contudo, outra problemática refere-se a escassez de profissionais qualificados. Soma-se a essas barreiras a quantia a ser investida na produção de células fotovoltaicas (FV), que se localiza na casa dos milhões de reais, estima-se que seria preciso um investimento inicial de cerca de R\$ 50 milhões para uma fábrica gerar no ano aproximados 10 megawatt-pico (MWp). Embora seja essencial para a mudança de mercado, a ausência de regulamentação é um fator crítico que se caracteriza como uma das principais barreiras ao mercado FV. Segundo a ABINEE (2012), como barreiras à evolução da cadeia FV pode-se elencar: a falta de uma demanda pelo produto final que vem atrelada às questões culturais e financeiras; a estrutura tributária; os custos de transação da economia brasileira; o custo do crédito, bem como a ausência de políticas microeconômicas dirigidas para o apoio da indústria local.

No âmbito das instituições públicas brasileiras, existem barreiras que bloqueiam a implementação de medidas de eficiência energética e sua relevância muda conforme os setores, instituições e regiões, tendendo a ser minimizadas na proporção que as tecnologias avancem e conquistem sua parcela de mercado. No que tange as ações negativas por parte do Governo, existem indícios de desperdícios de energia resultantes de políticas que em busca de um objetivo específico terminam por incentivar a ineficiência energética, como é o caso da política

governamental de conservar os preços de diversos energéticos abaixo do custo de maneira a minimizar os índices de inflação ou no caso da aplicação de altas taxas de juros para atrair investimentos internacionais e que diminuem a atratividade de ações de conservação que requerem capitais antecipados. Outro exemplo, que reduz a atratividade de soluções renováveis internas, uma vez que diminui a competitividade frente aos combustíveis fósseis importados, trata-se da sobrevalorização cambial do real (CONCEIÇÃO, 2011).

Ainda em relação aos aspectos institucionais, Conceição (2011) destaca que a manutenção de energia em edifícios públicos apresenta algumas barreiras que provém dos recursos financeiros conquistados com a economia de energia, visto que as despesas com energia elétrica compõem o custeio desses órgãos, pode haver dificuldades em reverter essa economia para ele, inclusive pode haver diminuição no seu orçamento para o próximo exercício. Referente à barreira de infraestrutura, a ausência de profissionais especializados que são necessários para desenvolver projetos dessa natureza é um dos pontos mais críticos. O procedimento licitatório e a falta de informação também prejudicam muito a evolução das técnicas de eficiência energética, principalmente, nas instituições públicas, onde os recursos financeiros para aquisição de equipamento são racionalizados e os servidores responsáveis pelo certame não possuem informação suficiente, culminando por diversas vezes em compras de equipamentos de baixa qualidade e ineficientes por falta de especificações técnicas adequadas. Já as concessionárias de energia que têm, geralmente, seus lucros aumentados proporcionais ao crescimento das vendas, não vislumbram a eficiência energética.

Quanto às barreiras ambientais, o processo de manufatura dos painéis solares responde por cerca de 85% da energia consumida nos processos industriais da tecnologia fotovoltaicas (FV), pois o equipamento precisa de vários recursos, etapas e elementos químicos para ser fabricado. Ao final da vida útil do sistema FV, o consumidor deve proceder com o reaproveitamento dos equipamentos de energia solar, bem como as placas solares, inversores e demais resíduos que não necessitem ser desfeitos. Existem resíduos, como os radioativos, que não eliminam todos os riscos, mesmo com um método de descarte considerado adequado, por serem de alta contaminação. As usinas que causam impactos negativos durante sua construção são somente as de grande porte, como é o caso das usinas de geração centralizada que precisam ocupar na maior parte das vezes uma área com diversos hectares para receber suas inúmeras placas solares. Nesse caso, podem causar danos aos ecossistemas presentes no local, principalmente, às vegetações que ficam comprometidas com a terraplanagem realizada e com o sombreamento gerado pelos módulos FV; os animais podem correr riscos, uma vez que acidentes podem

acontecer ao abrir espaço para a construção das usinas e sua alimentação pode ficar comprometida devido às alterações de padrões, como escassez de vegetação (PORTAL SOLAR, c2014-2022).

Quanto ao silício, o problema está na sua extração, a mineração da areia é uma prática usada para extrair areia de poços, praias, dunas, fundo de oceanos e rios. Essa prática é responsável por erosões e compromete as formas de vida que habitam esses locais, prejudicam os corais e outras formas de vida aquáticas que precisam da luz do Sol. A retirada das dunas faz com que as terras fiquem mais suscetíveis a inundações e tem ainda os prejuízos ao turismo. Outra questão relacionada ao silício que traz preocupação é em relação à saúde, em especial, dos trabalhadores, pois apesar de ser um dos elementos fundamentais na composição dos organismos vivos e, em pequenas quantidades, desempenhar um papel biológico de valor para as estruturas de suporte do organismo, a inalação do silício pode causar pneumoconiose e silicose. A sílica cristalina foi analisada pelo *International Agency For Research on Cancer* (IARC) e classificada como possível cancerígena para humanos. Além de causar pneumoconiose e silicose, se inalada, a sílica cristalina também pode causar câncer de pulmão. Esta é uma preocupação não apenas para os trabalhadores, mas para os moradores próximos das minas de areia (INCA, 2013).

O quadro 1 traz algumas barreiras ao uso de sistemas fotovoltaicos (FV), bem como os motivos destas segundo Jannuzzi *et al.* (2009) e ABINEE (2012).

Quadro 1 - Barreiras ao uso de sistemas fotovoltaicos

BARREIRAS	MOTIVOS REFERENCIADOS
<b>Cadeia Produtiva</b>	É preciso ter o domínio tecnológico de toda a cadeia produtiva.
	É moroso o processo de importação de insumos e produtos químicos.
	Ausência de uma indústria de silício grau solar no Brasil.
	Alto custo de purificação do silício, que é intensiva em insumos energéticos.
	Custos significativos com operação e manutenção de plantas de purificação de silício.
	Falta de infraestrutura de produção de equipamentos e componentes nacionais que atenda ao mercado.
	Produção de fotovoltaicos insuficiente para dar escala de mercado.
	Ausência de uma demanda expressiva que motive a instalação de plantas voltadas à fabricação de células fotovoltaicas.
	O custo elevado de eletricidade frente aos altos e numerosos encargos setoriais.
<b>P&amp;D</b>	Falta de laboratório que realize a caracterização elétrica e micro estrutural completa do silício.
	Escassez profissional, necessidade de qualificar recursos humanos.
	Insuficiência de domínio tecnológico, em especial, quanto à eficiência de sistemas energéticos.
	Necessidade de maior integração entre os centros de pesquisa e as empresas.
	A tecnologia fotovoltaica requer P&D na indústria.

BARREIRAS	MOTIVOS REFERENCIADOS
<b>Mercado/ Regulatórias</b>	Trata-se de uma tecnologia emergente e cara.
	Falta subsídios dirigidos ao uso dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede.
	Ausência de regulamentação suficiente para investimentos e falta de detalhamento da regulamentação vigente.
	É preciso investimentos multimilionários para o desenvolvimento de células fotovoltaicas.
	É necessário solucionar as limitações legais para a comercialização da produção independente.
<b>Técnicas</b>	Grandes alterações de potência ocorrendo em curto espaço, ou seja, a intermitência da geração solar fotovoltaica (exemplo: passagem de nuvens).
	Apreensão sobre eventual diminuição do controle operativo sobre sua rede por meio da injeção “não firme” (intermitente) de energia.
	Exigência por parte da concessionária de demonstração via despacho da ANEEL do registro de autoprodutor do acessante para celebrar contrato obrigatório de acordo operativo para se resguardar de responsabilidade sobre qualquer incidente (exemplo: choque elétrico) acontecido durante a instalação da geração distribuída.

Fonte: elaborado pela autora, com base em Jannuzzi *et al.* (2009) e ABINEE (2012).

Neste sentido, Cintrão (2014) relata que embora o Brasil seja dono de um potencial elevado para geração de energia solar fotovoltaica (FV) ainda há possíveis barreiras ao seu desenvolvimento, das quais são grifadas: barreiras econômicas (custos de produção, de instalação e custo ao consumidor); barreiras políticas, de incentivos e regulatórias (planos nacionais e estaduais de energia); barreiras geofísicas e ambientais. Porém, segundo o autor, o levantamento das barreiras aparece ligado à necessidade de identificação de soluções cabíveis, como é o caso dos incentivos econômicos à instalação e interligação da cadeia produtiva do sistema FV, que pode resultar na inauguração de mercados de produtos e subprodutos da cadeia no país. Outra solução que permeia as políticas públicas diz respeito à capacitação e qualificação da mão de obra especializada e a modernização dos centros distribuidores de energia. Para motivar a participação da área privada e obter uma exploração mais acentuada da energia solar FV no país uma saída pode ser a efetivação de leilões voltados para o setor e com preços competitivos.

## 2.6 VIABILIDADE DE PROJETOS FOTOVOLTAICOS

Deve-se garantir a viabilidade das fontes de energias renováveis considerando que se faz necessário um crescimento substancial referente a participação dessas energias mediante um contexto sustentável direcionado para suprir as constantes demandas energéticas, seja com sistemas conectados à rede ou isolados (PÉREZ-NAVARRO *et al.*, 2016). A viabilidade de projetos de sistemas fotovoltaicos (FV) depende da junção de alguns fatores, tais como: custo de investimento, tarifa de energia elétrica, incentivos governamentais, radiação solar, entre outros (RODRIGUES *et al.*, 2016).

Para realizar a análise econômica de sistemas solares diversos parâmetros precisam ser considerados, como o preço da eletricidade, taxas, multas e demais itens estabelecidos pelo mercado regulador da eletricidade no Brasil. Outros fatores também influenciam diretamente esse modo de análise, por exemplo, a quantidade de energia solar disponível para esse tipo de sistema deve ser definida, para tanto deve-se considerar que a irradiação solar real que é absorvida pelas placas modifica-se muito em virtude dos efeitos provocados pelas nuvens e sombras. Na maioria dos dias, com céu limpo, a temperatura máxima é alcançada ao meio-dia, visto que a irradiação solar que está disponível nesse período é a mais elevada possível. O aumento de coletores instalados potencializa a capacidade de energia solar que pode ser absorvida e transferida ao sistema energético. Assim, cidades com climas quentes com pouca variação de temperatura são locais propícios para instalação de sistemas solares (ARABKOOHSAR *et al.*, 2016).

No TSE, em 2017, registra-se a implantação de uma usina minigeradora fotovoltaica com indicativo de economia acumulada no período de cerca de R\$ 1,6 milhão em energia elétrica, respondendo por cerca de 20% da eletricidade consumida nos dois prédios do Tribunal. Instalado sobre a laje, o sistema tem reduzido a incidência direta do sol e provocado ainda um conforto térmico, que tem reduzido o consumo de ar condicionado. Com um investimento próximo de R\$ 5,8 milhões no projeto, a usina possui 3.080 módulos e uma previsão de retorno dos investimentos antes de 2024, sendo que a vida útil média do equipamento é de 25 anos. Foi instalada no final de 2019, nos terraços dos três blocos do TST, uma usina fotovoltaica com 2.688 placas e estimativa de reverter o custo com o projeto em quatro anos, gerando uma economia em torno de R\$ 1 milhão por ano com a conta de eletricidade (NASSA *et al.*, 2020).

Foi desenvolvido por Lee *et al.* (2016) um estudo cujo objetivo foi analisar a viabilidade econômica de expansão de sistemas fotovoltaicos (FV) solares na Universidade de New Haven (UNH), na região da Nova Inglaterra, conforme dados de um sistema instalado no campus. A geração de energia solar foi calculada a partir de dados meteorológicos reais e por meio da determinação de níveis favoráveis de telhado e direções cardinais de edifícios da universidade. Dentro de um intervalo de 8 e 12 anos, o período de recuperação média de um sistema FV em todo o campus foi estimado em 11 anos e a eletricidade média anual produzida com a instalação do sistema em todos os telhados dos edifícios do campus determinou uma economia de 8%. Os parâmetros econômicos, como o VPL e a TIR, também validaram a excelência do investimento.

Um estudo realizado no edifício do bloco G do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) objetivando avaliar a viabilidade de implantação de um sistema de ar condicionado com aproveitamento da energia solar concluiu que o sistema elétrico que utiliza painéis fotovoltaicos (FV) conectados ao *chiller* convencional de compressão de vapor é mais econômico que o sistema solar térmico por absorção, consumindo menos energia elétrica e chegando a gerar mais energia do que consome em determinados meses. Embora seja tecnicamente viável o uso de sistemas FV neste caso de condicionadores de ar, especialmente, considerando que a potência frigorífica do edifício estudado é maior justamente no período em que a radiação solar alcança níveis mais elevados, verificou-se que uma das barreiras se refere ao custo de investimento que é elevado, apresentando um *payback* longo, sendo seu prazo de retorno próximo da vida útil das placas FV (LEITÃO, 2014).

Segundo Bona (2016), a análise da viabilidade econômica se fundamenta na aplicação de técnicas quantitativas, afim de identificar qual a melhor forma de investimento entre as variadas opções disponíveis, tornando possível visualizar se há rentabilidade, de quanto ela pode ser e se o investimento será positivo ou não. Para análise de investimento, os métodos mais comuns são: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa interna de retorno (TIR) e *Payback*.

## 2.7 IMPLEMENTAÇÕES DO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PELAS UNIVERSIDADES

As universidades desempenham papel importante para o desenvolvimento do sistema solar fotovoltaico (FV) por meio de pesquisas e qualificação de profissionais, situação que requer atualização dessas instituições no que tange às demandas do mercado energético, que anseiam por novos serviços e produtos advindos de pesquisa, desenvolvimento e transferência de tecnologia (GUERRA; YOUSSEF, 2011). Segundo dados da Secretaria de Ensino Superior (SESu) do Ministério da Educação, as Universidades Federais em 2015 tiveram um gasto de R\$ 430 milhões com energia elétrica, representando o 3º maior grupo de despesas dessas instituições e cerca de 9% dos gastos levantados em 2015 (ANEEL, 2016). A UFMT busca inserção do tema gestão ambiental e sustentabilidade dentro de sua estrutura, procurando implementar ações que possam reverter o seu quadro de elevado consumo de energia elétrica, que nos últimos anos teve crescimento expressivo impactando em sua base orçamentária e dificultando investimentos em outras áreas importantes. Em 2019, por exemplo, essa despesa foi de R\$ 19.869.480,24 (SCHOENHERR; CAMPOS; MOREIRA, 2018; UFMT, 2020).

Um dos principais componentes de custeio das Instituições Públicas de Educação Superior trata-se do gasto com energia elétrica, sendo que ações de eficiência energética e de implantação de sistemas de geração própria de energia (micro ou minigeração) poderia evitar parcela significativa dessa despesa. Objetivando incentivar o desenvolvimento de projetos pilotos em Instituições Públicas de Educação Superior, com vistas a conseguir subsídios para a implantação de ações semelhantes em todo o setor público e minimizar as barreiras à implementação de projetos de Eficiência Energética (EE) e de geração própria de energia (minigeração), foi efetivada pela Agência Nacional de Energia Elétrica a Chamada de Projeto Prioritário de Eficiência Energética e Estratégico de P&D nº 001/2016 (ANEEL, 2016).

A implantação de sistemas fotovoltaicos (FV) no campus de uma universidade não gera apenas energia renovável, mas reduz também todas as despesas de operação dos edifícios onde são instalados e ainda pode ser utilizado como um instrumento eficaz para aumentar o nível de consciência da comunidade universitária em relação ao uso de energias renováveis e demais formas de sustentabilidade. Um grande percentual de estudantes universitários se formará em breve, começando a tomar decisões importantes onde moram ou trabalham, de maneira que a aproximação dessas práticas sustentáveis durante seu processo de formação superior pode modificar suas concepções e perspectivas sobre o assunto, fato que pode gerar impactos a longo prazo (LEE *et al.*, 2016).

Para disseminar os benefícios da energia durável para os indivíduos, em especial, para os jovens, devem ser lançadas algumas campanhas. Nesse propósito, as universidades, instituições de pesquisa e escolas desempenham papel de destaque, devendo desenvolver cursos voltados para a energia solar e incentivar com bolsas de estudos para alguns estudantes e taxas acadêmicas atrativas para os demais. Assim, o Governo deve ofertar fundos de iniciação científica para o desenvolvimento de fontes renováveis de energia (MANJU; SAGAR, 2017).

Um método para estimar o potencial energético solar no campus da Universidade Federal do Paraná (UFPR) foi proposto por Freire (2013), sendo estabelecidos quais os melhores telhados dos prédios do campus seriam analisados e arranjados os painéis fotovoltaicos (FV) e qual a área apta para instalação, logo, por meio do *software ArcGIS* e mapas encontrados on-line, foram mapeados cerca de 44 mil m<sup>2</sup>, gerando um potencial anual de 8 gigawatt-hora (GWh), capaz de abastecer o consumo energético do campus em estudo.

Como resultado da geração de três microgeradores fotovoltaicos (FV) implantados na Reitoria e nas unidades de São Paulo do Potengi e de Ceará-Mirim, no ano de 2014, o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) alcançou uma economia de R\$ 85,8 mil em contas de energia elétrica. Esses microgeradores são responsáveis, anualmente, pela produção de 340.532 quilowatt-hora (kWh). Ademais, a emissão de 30,3 toneladas de dióxido de carbono (CO<sup>2</sup>) também foi evitada, por se tratar de uma energia limpa (MEC, 2015).

Uma árvore solar foi instalada no Campus Itaperi, na Universidade Estadual do Ceará (UECE), trata-se de uma iniciativa pioneira no país, onde a energia captada do Sol é utilizada para carregar bicicletas elétricas. O projeto foi realizado com uma parceria entre o Departamento de Mestrado em Ciências Físicas Aplicadas e empresas do estado, sendo o desenho inovador elaborado pela empresa Consultoria em Engenharia, Arquitetura e Meio Ambiente (PROJEC) e os equipamentos disponibilizados pela Soluções em Energia (Eco). Sua viabilização teve ainda participação da IncubaUECE, instituição da própria universidade que apoia a concepção e ampliação de novos negócios. Na base da árvore, fica o bicicletário que atende 10 bicicletas por dia e são abastecidas em aproximadamente quatro horas. Vale destacar também o simbolismo desse projeto que remete à importância da energia renovável para os dias atuais, como pode-se observar na Figura 16 (MEC, 2017).

Figura 16 - Árvore Solar no Campus Itaperi da UECE



Fonte: site do MEC, 2017.

Considerando que as universidades, geralmente, possuem em suas estruturas os chamados Hospitais Universitários, vale citar um trabalho realizado por Santos e Jabbour (2013) sobre a tecnologia fotovoltaica (FV) tendo como foco analítico os hospitais, o qual trouxe os seguintes resultados principais: o sistema FV é uma opção atrativa por ser uma fonte limpa que gera prejuízos menores ao meio ambiente; novas alternativas energéticas devem ser buscadas visto

que as reservas de petróleo nacional possuem sua suficiência definida em 22 anos e apenas 23% do potencial hidrelétrico nacional é aproveitado; sendo o uso da energia solar FV válido também no âmbito hospitalar.

### **3 MÉTODOS**

Esta seção versa sobre o método e os procedimentos de pesquisa utilizados neste trabalho, sendo dividida em duas principais subseções: classificação da pesquisa e etapas do trabalho.

#### **3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA**

No que diz respeito à abordagem, esta pesquisa é classificada como qualitativa. Os resultados foram obtidos com base em preceitos e métodos qualitativos focados na compreensão aprofundada do tema abordado com identificação das barreiras e facilitadores do processo decisório de implantação de sistemas fotovoltaicos de aproveitamento da energia solar nas Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) e análise de viabilidade econômica de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) no Campus Cuiabá da UFMT.

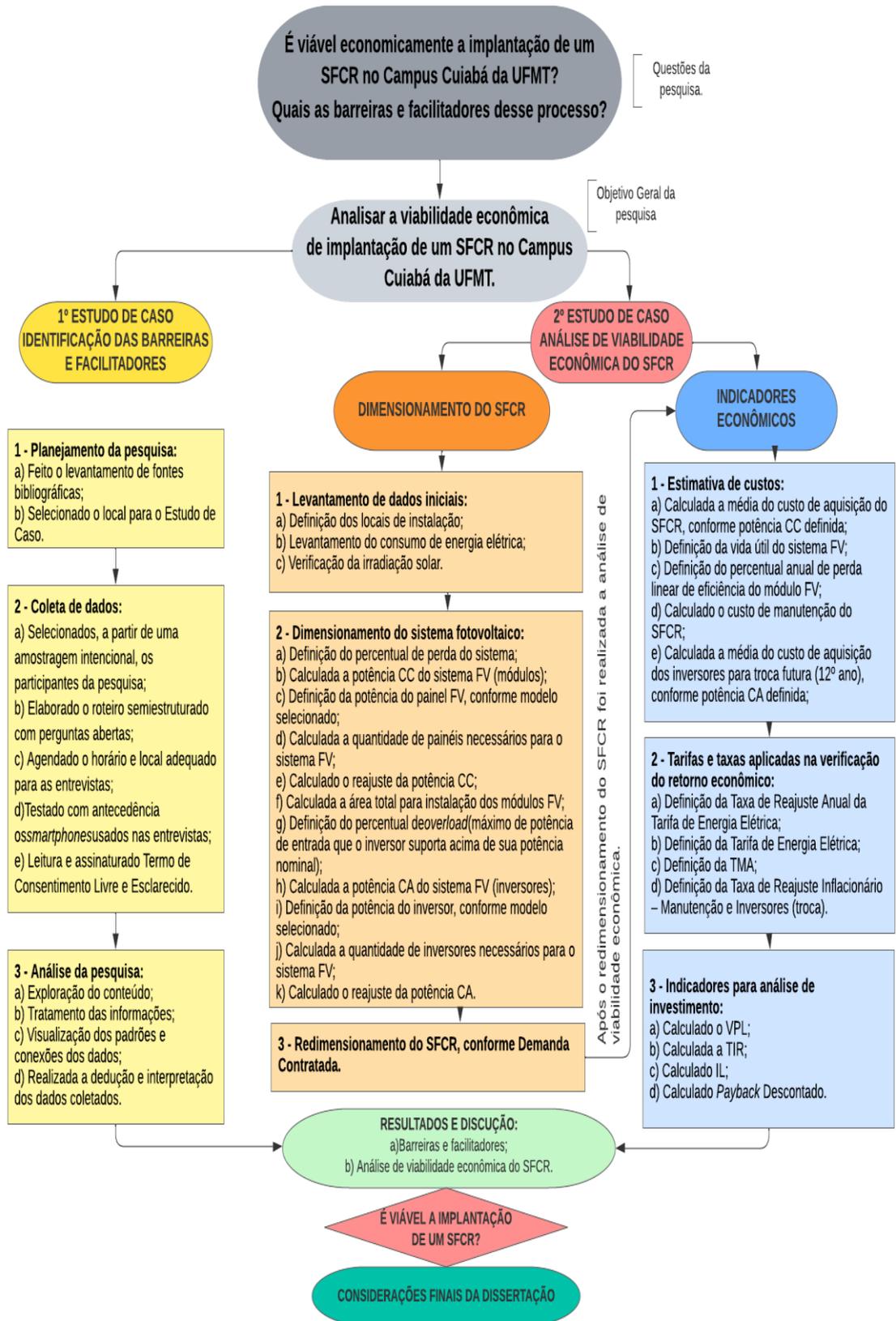
Em relação aos objetivos, a pesquisa enquadra-se como exploratória, uma vez que possibilitou uma significativa aproximação do problema com aferição profunda de fontes bibliográficas e entrevistas semiestruturadas com servidores da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), do Conselho Regional de Administração de Mato Grosso (CRA-MT) e profissionais do setor de tecnologias solares.

Quanto aos procedimentos técnicos, este trabalho é classificado como estudo de caso. Foram realizados dois estudos de caso, o primeiro com o objetivo específico de identificar as barreiras e facilitadores que podem impactar na tomada de decisão relativa à instalação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) em uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES). O segundo estudo de caso teve por objetivo realizar a análise de viabilidade econômica de implantação de um SFCR na UFMT, Campus Cuiabá-MT, sendo feito primeiramente o dimensionamento desse sistema com dados de consumo real dessa Unidade Consumidora (UC).

#### **3.2 ETAPAS DO TRABALHO**

As etapas necessárias para alcançar o objetivo geral e os específicos desta pesquisa foram delineadas conforme a Figura 17.

Figura 17 - Fluxograma das etapas da pesquisa



Fonte: elaborado pela autora, 2022.

### 3.2.1 Etapas do primeiro estudo de caso

As etapas da pesquisa que teve por objetivo específico identificar as barreiras e facilitadores que podem impactar na tomada de decisão relativa à instalação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCCR) em uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) são apresentadas nesta subseção. O planejamento foi a base para as demais etapas, que foram divididas em: planejamento, coleta, análise e relatório.

#### 3.2.1.1 Planejamento da pesquisa

Definida a questão de pesquisa, foram desbravados conteúdos provenientes de obras de outros autores que tratam, similarmente, do tema abordado, fornecendo o embasamento teórico que reforçou o caráter científico deste estudo. A pesquisadora buscou, preferencialmente, apresentar as ideias e resultados fundamentais e atualizados de outros autores.

O local selecionado para levantamento das barreiras e facilitadores que impactam diretamente na análise da viabilidade de implantação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCCR) foi o Campus da UFMT, localizado na Avenida Fernando Correa da Costa, nº 2.367, bairro Boa Esperança, em Cuiabá-MT. A figura 18 mostra o mapa dos edifícios desse campus universitário.

Figura 18 - Mapa do Campus da UFMT em Cuiabá-MT



Fonte: site oficial da UFMT, 2022.

### 3.2.1.2 Coleta de dados

No que diz respeito à quantidade de participantes, o pesquisador qualitativo ao invés de recrutar um número elevado de indivíduos ou locais, opta por identificar e selecionar um número pequeno, porém que é capaz de garantir dados em profundidade sobre a questão pesquisada (CRESWELL; CLARK, 2013). Assim, a pesquisadora selecionou a partir de uma amostragem intencional, entre outros participantes, técnicos administrativos e professores com cargos estratégicos dentro da UFMT, com conhecimentos específicos em sistema solar fotovoltaico (FV). Destarte, para compor o grupo de profissionais que foram entrevistados, individualmente, foram selecionados 08 (oito) servidores da UFMT, 01 (um) funcionário do CRA/MT e 2 (dois) representantes de distintas empresas prestadoras desse tipo de serviço (fornecimento e instalação de placas solares) em Cuiabá-MT. Para garantir a seriedade da pesquisa e a confidencialidade dos dados esses participantes foram chamados de entrevistados *A, B, C, D, E, F, G, H, I, J e K*, conforme APÊNDICE A.

Portanto, para manter a organização da pesquisa e garantir os registros das informações de forma padronizada, foi desenvolvido um roteiro de entrevista pela pesquisadora, conforme APÊNDICE B, nesse documento constam as questões abertas que serviram de norte para a entrevistadora (pesquisadora) conduzir as entrevistas satisfatoriamente e de acordo com o objetivo deste estudo. As perguntas foram divididas em seis blocos: questões gerais; econômico-financeiro; técnico; político; social; e ambiental. Cada bloco foi composto por cinco questões abertas, sendo que ao final da entrevista foi dada a oportunidade para que o entrevistado discorresse livremente sobre o tema pesquisado, visando agregar valor à pesquisa frente aos conhecimentos reservados a cada participante. Sendo que em alguns casos, conforme necessidade identificada no momento da efetivação das entrevistas individuais, foram estabelecidas imediatamente novas questões ao entrevistado para melhor aproveitamento do contexto de discussão estabelecido ou até mesmo saltadas algumas destas questões de forma a evitar redundância das respostas.

A revisão e a previsão de situações que podem emergir no momento da coleta dos dados e que podem gerar dados inadequados são fundamentais, e requerem do pesquisador correta administração dos procedimentos, tais como: prazo de seleção dos entrevistados; o papel do pesquisador no processo observatório; o funcionamento apropriado dos materiais e equipamentos utilizados para coleta (gravador, roteiro de entrevista, papel e caneta); o local da entrevista (CRESWELL; CLARK, 2013). Logo, a pesquisadora buscou seguir estas

orientações: selecionando os entrevistados conforme o perfil e relação de cada um deles com o tema pesquisado; foi agendado o horário e local adequado para as entrevistas de acordo com a disponibilidade do entrevistado; foi testado com antecedência os *smartphones* usados na entrevista, bem como seus aplicativos *Siri* e *Ditado*; foi verificada a consistência das questões dispostas no roteiro de entrevista por meio de inserção, como teste, das informações provenientes da primeira entrevista no *software NVivo®*, criado pela empresa Qualitative Solutions and Research Pty Ltd, a atual QSR International (c2022).

No momento da entrevista, a pesquisadora portou-se de forma respeitosa não apenas com o entrevistado, mas também com todo o seu ambiente de trabalho, zelando para que o processo não transcorresse em qualquer prejuízo moral e/ou material para o participante. A pesquisadora buscou ainda esclarecer todas as dúvidas do participante, colocou-se à disposição para demais esclarecimentos, evidenciou os objetivos da pesquisa, estabelecendo um maior entendimento e interação do entrevistado com as questões que foram propostas, de modo que o mesmo se sentisse confortável para manifestar suas opiniões em profundidade e de maneira autêntica. Para tanto, sempre antes das entrevistas, procedeu-se com a leitura e assinatura, pelas partes envolvidas (entrevistador e entrevistado), do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE C), que trata da natureza da pesquisa, participantes da pesquisa, voluntariedade, entrevista semiestruturada, riscos e desconforto, confidencialidade, benefícios, pagamento (gratuito) e demais informações. Logo, foram realizadas as entrevistas seguindo o roteiro semiestruturado com perguntas abertas e, no final de cada entrevista, os entrevistados foram instigados a pontuar aspectos relevantes e que não foram contemplados pelas questões pré-definidas. Todas as entrevistas foram gravadas e transcritas pelos aplicativos dos *smartphones*. Por fim, foram feitos os devidos agradecimentos aos participantes pela livre colaboração com a pesquisa.

### *3.2.1.3 Análise da pesquisa e relatório*

Para organização e análise dos dados da pesquisa qualitativa foi utilizada a Análise de Conteúdo (AC). A análise de conteúdo nos dias atuais é “um conjunto de instrumentos metodológicos cada vez mais sutis, em constante aperfeiçoamento, que se aplicam a “discursos” (conteúdos e continentes) extremamente diversificados” (BARDIN, 2011, p. 15). Segundo a supracitada autora, as diversas fases da análise de conteúdo são definidas nas seguintes vertentes: pré-análise; exploração do material; tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

Na fase de exploração do conteúdo, as informações coletadas foram cuidadosamente examinadas por meio de técnicas de leitura, como sublinhar, esquematizar (fazer anotações) e resumir as partes relevantes, buscou-se compreender os textos provenientes das entrevistas. Conforme menciona Creswell e Clark (2013, p. 183), trata-se de “desenvolver um entendimento geral do banco de dados.”.

O tratamento das informações foi efetivado com assistência do *software NVivo®* da empresa QSR International (c2022), que suporta métodos qualitativos de pesquisa, sendo projetado para auxiliar na organização e análise de dados não estruturados como os advindos de questões abertas feitas por meio de entrevistas. Através do *software*, foi feita a categorização e classificação do conteúdo com cruzamento de dados temáticos. A visualização dos padrões e conexões dos dados foi realizada pela apresentação de uma nuvem de palavras para cada entrevista realizada, conforme APÊNDICE D, depois os dados dessas entrevistas foram consolidados em uma única nuvem de palavras. Esse recurso gráfico demonstrou os termos mais frequentes usados pelos entrevistados ao discutir as questões propostas pela entrevistadora, facilitando a interpretação e análise do conteúdo. As palavras mais usadas pelo entrevistado aparecem em destaque nas nuvens com tamanho proporcional à sua incidência, quanto maior a frequência destas no texto percebe-se que sua relevância também se acentua na contextualização do assunto abordado.

Quando o pesquisador expõe os resultados, deve em seguida fazer uma interpretação do significado desses achados (CRESWELL; CLARK, 2013). Com suporte desses relatórios visuais (nuvens de palavras), foi realizada a dedução e interpretação dos dados coletados através do cruzamento, análise e condensação das informações levantadas por meio das entrevistas e do referencial teórico.

### **3.2.2 Etapas do segundo estudo de caso**

O segundo estudo de caso que buscou realizar a análise de viabilidade econômica de implantação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) no Campus Cuiabá da UFMT teve três etapas básicas: levantamento de dados iniciais; dimensionamento do SFCR; e o cálculo dos indicadores econômicos, ou seja, a análise de viabilidade econômica do sistema fotovoltaico (FV).

### 3.2.2.1 Levantamento de dados iniciais

Resumidamente, o levantamento de dados iniciais foi feito da seguinte maneira: definição dos locais de instalação; levantamento do consumo de energia elétrica; e verificação da irradiação solar. Foi realizada a pesquisa documental com coleta de dados administrativos e financeiros junto a UFMT: faturas de energia elétrica, Relatórios de Gestão e Prestação de Contas (RGPC), Planos de Desenvolvimento Institucional (PDI), Estudo Técnico da Secretaria de Infraestrutura (SINFRA/UFMT), Termo de Referência, entre outros. Os telhados dos edifícios do UFMT, Campus Cuiabá-MT, foram definidos como o local de instalação do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR).

Procedeu-se com o lançamento, em planilha Excel, dos dados das faturas de energia elétrica do exercício de 2019 do Campus Cuiabá da UFMT, sendo feita a discriminação mensal e anual do consumo por KWh (quilowatt-hora) e do seu respectivo valor cobrado pela concessionária de energia elétrica local. Considerando que a energia é gerada no horário Fora Ponta e que é parcialmente consumida de forma instantânea e o excedente é injetado na rede que gera créditos para consumo em outro momento demandado pela Unidade Consumidora (UC), a legislação vigente (REN nº 482/2012 da ANEEL) exige que seja feita uma compensação para uso do crédito gerado em horário diverso do qual essa energia solar é gerada, ou seja, o horário Ponta. Assim, foi calculado o fator de compensação e depois calculada a geração de energia necessária para atender esta Universidade Federal (UF).

Foi realizado o levantamento das coordenadas geográficas do local de implantação do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) pelo *Google Maps* e efetivada a medida do seu potencial solar (irradiação) por meio do programa *SunData* disponibilizado pela CRESESB.

### 3.2.2.2 Dimensionamento do sistema fotovoltaico

Nesta etapa foram averiguados os dados técnicos como: potência do painel fotovoltaico (FV), usado como referência; eficiência da placa utilizada; percentual de perda de eficiência da placa; taxa de desempenho global do sistema; potência dos inversores, tomados como modelo; percentual de *overload* (máximo de potência de entrada que o inversor suporta acima de sua potência nominal). A partir desses dados, foram feitos os cálculos da energia gerada por painel (potência CC); cálculo da quantidade de painéis solares necessários para suprir a demanda da Unidade Consumidora (UC); cálculo da área necessária para instalação dos painéis; cálculo da potência do inversor (potência CA); cálculo da quantidade de inversores necessários para o

sistema FV. Por fim, considerando que o §1º do Art. 4º da REN Nº 687/2015 da ANEEL estabelece que a potência total da central geradora fica limitada à demanda contratada que está fixada na conta de energia elétrica da UC e considerando que o dimensionamento do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR), calculado conforme a média mensal de consumo energético da UFMT, resultou em uma potência CA maior que a demanda contratada, foi necessário redimensionar o sistema.

### *3.2.2.2 Análise dos indicadores econômicos*

Esta etapa foi dividida em três partes: estimativa de custos; definição de tarifas e taxas aplicadas na verificação do retorno econômico; cálculo dos indicadores para verificação da rentabilidade do projeto. Foi realizada a pesquisa de mercado com 5 (cinco) empresas especializadas no desenvolvimento de projetos fotovoltaicos (FV), tendo como base os parâmetros técnicos pré-estabelecidos, ou seja, a perfeita definição do objeto a ser contratado, definiu-se o custo do sistema como a média aritmética dos valores ofertados. Foram estabelecidos a vida útil do sistema FV e o percentual anual de perda linear de eficiência do módulo FV. Foram calculados o custo de manutenção do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) e a média do custo de aquisição dos inversores para troca futura (12º ano), conforme potência CA definida e consulta de preços efetivada junto a 3 (três) empresas distintas.

Para a análise de viabilidade econômica, foram definidas a Taxa de Reajuste Anual da Tarifa de Energia Elétrica; a Tarifa de Energia Elétrica, conforme fatura de luz da UFMT; a Taxa Mínima de Atratividade (TMA); e a Taxa de Reajuste Inflacionário. Foi elaborado o fluxo de caixa do projeto considerando o prazo de 25 anos de vida útil. Ademais, a análise de viabilidade econômica foi realizada por meio das seguintes ferramentas: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e *Payback* Descontado. Os resultados provenientes destas operações foram consolidados em tabelas e gráficos. Para ter uma segurança maior na tomada de decisão quanto à viabilidade econômica do investimento, foi feita uma análise de seis cenários distintos, considerando duas taxas mínimas de atratividade e três taxas de reajuste de energia elétrica.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o primeiro estudo de caso, buscou-se realizar um diagnóstico preliminar das barreiras e facilitadores dirigidos ao uso de sistemas solares para geração de eletricidade nas Instituições Federais de Ensino Superior (IFES), tendo como base a UFMT e sua problemática de custos elevados de energia elétrica. Já o segundo estudo de caso teve por objetivo a análise de viabilidade econômica de implantação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) no Campus Cuiabá da UFMT. A seguir são apresentados os resultados da pesquisa com sua efetiva discussão, realizada por meio de cruzamento dos dados obtidos de cada estudo de caso e do levantamento teórico.

### 4.1 PRIMEIRO ESTUDO DE CASO

Na análise do primeiro caso, a figura 19 consolida todas as informações levantadas durante o processo de entrevistas, que trata sobre as barreiras e facilitadores dirigidos ao uso de sistemas solares para geração de eletricidade nas Instituições Federais de Ensino Superior (IFES). Aparecem em destaque as palavras que possuem maior frequência na fala dos entrevistados, o que norteia a direção do tema debatido é o fato de que quanto mais elevada a marcação desse termo, maior é sua incidência no contexto estudado. Por meio da análise da nuvem de palavras consolidada, percebe-se que para certificar a viabilidade econômica da energia solar fotovoltaica (FV) deve-se analisar seus custos, valor de investimento, preço de manutenção do sistema, entre outros aspectos, sendo que a pesquisa e o conhecimento podem ser alguns dos facilitadores do processo de implantação desse tipo de tecnologia.

Figura 19 - Nuvem de palavras consolidada



Fonte: elaborado pela autora, 2017, através do software NVivo®.

Ao realizar a análise das barreiras e dos facilitadores, de acordo com a visão dos entrevistados e também das obras de outros autores consultados, esses aspectos foram categorizados em: Econômico-Financeiro, Técnico e P&D, Político, Social e Ambiental. Dentre as barreiras identificadas, considera-se que as que mais podem impactar o processo decisório de instalação de Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) no Campus de Cuiabá da UFMT são as seguintes: falta de recursos financeiros; falta de incentivos fiscais; falta de mão de obra especializada; falta de informação, conhecimento técnico e gerencial; processos burocráticos (da concessionária e da UFMT – licitação); falta de parcerias; falta de iniciativas para participação de programas de fomento; estabelecimento de outras prioridades pelos gestores.

E quanto aos aspectos facilitadores, têm-se: múltiplos perfis de profissionais com conhecimentos diversos que podem compor comissões interdisciplinares e discutir sobre o tema e divulgar informações; ações para aproveitar as oportunidades (programas de incentivo e fomento), como o acompanhamento feito pela Secretaria de Infraestrutura (SINFRA) com proposição de projetos fotovoltaicos (FV) junto aos programas governamentais e privados lançados para promoção do setor solar; busca por outras fontes alternativas de energia e implantação de programas de eficiência energética na UFMT, concomitante ao uso de Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR); facilidades para realizar pesquisas (P&D); recursos humanos e materiais para promover cursos de capacitação na área.

Procedeu-se com a elaboração do quadro 2, que consolida as barreiras e facilitadores sob a ótica dos participantes da entrevista e dos autores das obras consultadas. Considera-se o referido quadro muito importante para a análise que foi realizada pela pesquisadora e para as demais análises a serem feitas pelos leitores deste trabalho, pois é possível organizar melhor as ideias, identificar as semelhanças, divergências, as oportunidades e as necessidades gerenciais de todo processo, ou seja, o cruzamento das informações fica mais acessível.

Quadro 2 - Barreiras e facilitados sob a ótica dos entrevistados e dos autores

ASPECTOS	BARREIRAS		FACILITADORES	
	ENTREVISTADOS	AUTORES	ENTREVISTADOS	AUTORES
Econômico- financeiro	Custo elevado de implantação	Custos com Demanda Contratada e impostos	Prazo de retorno rápido	Aumento da competitividade do mercado solar brasileiro
	Falta de repasses financeiros pelo governo	Custo elevado de eletricidade frente aos altos e numerosos encargos setoriais na cadeia produtiva	Redução dos gastos com energia elétrica	Aumento de fomento financeiro (BNDS, PRONAF, CONSTRUCARD, PROGER, entre outras linhas de crédito para o setor)
	Falta de recursos financeiros	Custos significativos com operação e manutenção de plantas de purificação de silício	Redução dos gastos com energia reativa	Programas de incentivo (EnergIF, Pró-Sol, PEE, ProGD, entre outros)
	Outras prioridades de investimento	Alto custo de purificação do silício, que é um dos principais insumos para tecnologia fotovoltaica	Redução de pagamento de multas e juros	Redução dos custos dos equipamentos
	Prazo de retorno elevado e falta de definição do prazo aceitável (controle)	Tecnologia emergente e cara	Redução dos custos operacionais	
		Necessidade de investimentos multimilionários para o desenvolvimento de células fotovoltaicas	Programas de incentivos financeiros (ProGD, PEE)	
Técnico e P&D	Falta de mão de obra qualificada	Falta domínio tecnológico de toda a cadeia produtiva	Redução das perdas do sistema	Possuir projetos voltados à produção e análise de desempenho de placas solares desenvolvidos por universidades brasileiras
	Infraestrutura inadequada (telhados sem estrutura de suporte adequada)	Escassez profissional, necessidade de qualificar recursos humanos	Diversidade de profissionais nas Instituições Federais de Ensino Superior (comissões interdisciplinares)	Diversos estudos vêm sendo realizados para melhorar a capacidade de geração de energia solar (eficiência do sistema fotovoltaico)

ASPECTOS	BARREIRAS		FACILITADORES	
	ENTREVISTADOS	AUTORES	ENTREVISTADOS	AUTORES
Técnico e P&D	Valor da manutenção do sistema e mão de obra técnica especializada	Ausência de indústria de silício grau solar no Brasil	Facilidade para realizar pesquisas (P&D)	Possibilidade de usar sistema hídrico, que torna a fonte de energia consistente e reduz o efeito de estações de energia autônomas (fácil associação com outras fontes como a eólica ou a térmica)
	Falta de segurança no Campus Cuiabá - UFMT (furtos)	Grandes alterações de potência ocorrendo em curto espaço de tempo, ou seja, a intermitência da geração solar fotovoltaica (exemplo: sombreamento de árvores, passagem de nuvens)	Diversificação do sistema elétrico (fortalecimento e diminuição da sobrecarga do sistema elétrico)	Possibilidade de regular a posição do painel solar em conformidade com a latitude local e a época do ano que precisa de uma energia maior
	Problemas com eficiência energética e uso racional da energia	Apreensão das concessionárias sobre eventual diminuição do controle operativo sobre suas redes por meio da injeção “não firme” (intermitente) de energia	Horário de produção da energia solar é no mesmo horário de maior consumo (autossustentabilidade)	Implantação de centros de pesquisas, inclusive para purificação do silício no Brasil
	Redes de distribuição não estão preparadas	A tecnologia fotovoltaica requer P&D na indústria.	Cursos na área (como os de engenharia/ <i>workshops</i> )	Diminuição da carga do sistema elétrico
	Falta de conhecimento técnico e comprometimento em assumir riscos operacionais por parte dos gestores (é preciso se responsabilizar legalmente, com registro em cartório, conforme documentação exigida pela concessionária de energia local - Energisa).	Falta de infraestrutura de produção de equipamentos e componentes nacionais que atenda ao mercado	Vida útil do sistema longa	A instalação pode ser feita em centros urbanos, locais já ocupados (estacionamentos, edifícios)
	Falta de área suficiente para instalar um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (espaço físico)	Ausência de demanda expressiva que motive a instalação de plantas voltadas à fabricação de células FV	Alta eficiência dos painéis fotovoltaicos (FV)	Suporte técnico da rede, por telecomando (facilidades)

ASPECTOS	BARREIRAS		FACILITADORES	
	ENTREVISTADOS	AUTORES	ENTREVISTADOS	AUTORES
Técnico e P&D		Falta de laboratório que realize a caracterização elétrica e micro estrutural completa do silício	Garantia dos equipamentos estendida	Alta eficiência dos módulos fotovoltaicos com quedas lineares baixas (cerca de 90% de eficiência no início e 80% no final da vida útil do sistema)
		Produção de fotovoltaicos insuficiente para dar escala de mercado	Possibilidade de instalação em locais diferentes, desde que a Unidade Consumidora (UC) seja registrada com o mesmo CNPJ	Garantia de longo prazo (mais de 20 anos)
			Espaço físico (área extensa - telhados, estacionamentos, edifícios horizontais)	
			Chaves de manobras (subestações, transformadores)	
Político	Falta de legislação regulatória	Falta de subsídios dirigidos aos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede e em larga escala	Incentivos fiscais (ICMS)	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) possuir certificações para incentivar a indústria de células, inversores e baterias
	Falta de incentivos fiscais	Limitações legais para a comercialização da produção independente	Parcerias entre instituições (licitações compartilhadas)	Atualização da legislação - Lei n.º 14.300/2022, que institui o marco legal da Geração Distribuída (GD)
	Falta de linhas de crédito	Falta de regulamentação relativa a todo processo fabril e descarte dos componentes do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede	Convênios e parcerias Público-Privadas	Avanços regulatórios e de incentivos fiscais
	Falta de incentivo às pesquisas	É moroso o processo de importação de insumos e produtos químicos	Atualização das normas	Programas de incentivo (Energif, Pró-Sol, PEE)

ASPECTOS	BARREIRAS		FACILITADORES	
	ENTREVISTADOS	AUTORES	ENTREVISTADOS	AUTORES
Político	Falta de incentivo à produção interna de equipamentos (plantas fabris brasileira)	Ausência de regulamentação suficiente para investimentos e falta de detalhamento da regulamentação vigente	Bancos do Governo para fomento	Programas de apoio e disseminação de práticas sustentáveis
	Falta de recursos das concessionárias para atender agilmente as normativas vigentes.	Exigência por parte da concessionária de demonstração via despacho da ANEEL do registro de autoprodutor do acessante para celebrar contrato obrigatório de acordo operativo para se resguardar de responsabilidade sobre qualquer incidente (exemplo: choque elétrico) acontecido durante a instalação de geração distribuída	Programas de subsídios e benefícios (ProGD, PEE, entre outros)	Parcerias Público-Privadas
	Resistência e desinteresse dos gestores (outras prioridades)			ABNT possuir normas de padronização para os materiais e procedimentos do SFCR
	Burocratização por parte das concessionárias (dificultando a competitividade)			
Social	Falta de conhecimento	Necessidade de maior integração entre os centros de pesquisa e as empresas	Multiplicação do conhecimento, por intermédio dos discentes	Geração de empregos diretos e indiretos
	Resistências culturais	Falta de informação	Laboratórios de ensino, pesquisa e extensão	Aumento do poder de compra da população (geração de renda)
	Falta de informação adequada		Geração de novos empregos e rendas	Aumento de cursos e capacitação de profissionais e docentes, com suportes didáticos e controle de qualidade

ASPECTOS	BARREIRAS		FACILITADORES	
	ENTREVISTADOS	AUTORES	ENTREVISTADOS	AUTORES
Ambiental	Altas temperaturas em Cuiabá-MT que podem reduzir a eficiência dos painéis fotovoltaicos	Sombreamento natural (árvores, nuvens)	Sustentabilidade	Disponibilidade (renovável, a fonte é o Sol)
	Sombreamento natural (árvores, nuvens)	Danos ambientais na forma de extração do silício, usinas de areia que provocam erosões e impactos na flora e fauna local	Energia limpa e redução de emissões de gases de efeito estufa na atmosfera	Baixo dano ambiental (limpa, não emite poluentes como o CO2) e emissões de poluentes podem ser controladas nos processos de fabricação de células fotovoltaicas
	Falta de sustentabilidade na produção das placas fotovoltaicas (uso de energias poluentes pelas fábricas)	Problemas de saúde pela inalação de sílica cristalina (pneumoconiose, silicose e câncer de pulmão)	Potencial solar em Cuiabá-MT (níveis altos de radiação solar)	Brasil possui grandes reservas de quartzo para a produção de silício
	Ausência de regulamentação sobre os descartes desses materiais após a vida útil do sistema fotovoltaico	Formas de armazenamento de produtos químicos de maneira inadequada e descarte incorreto de componentes fotovoltaicos, inclusive radioativos	Energia renovável	Possuir um elevado potencial solar que torna diversos projetos viáveis
		Impactos ambientais e sociais pela instalação de grandes usinas fotovoltaicas (desmatamento, escassez de alimento para animais, densidade demográfica, especulação imobiliária, ruídos e vibrações)		Brasil está situado próximo da linha do Equador não apresenta grande variação na luz solar durante o dia

Fonte: elaborada pela autora, 2022.

Quando questionados sobre a importância da adoção de medidas energéticas advindas de fontes renováveis nas Instituições Federais de Ensino Superior (IFES), o posicionamento dos entrevistados foi bem similar, todos denotaram concordância ao afirmarem ser de grande relevância a adoção de medidas desse tipo. A importância de adotar simultaneamente as fontes alternativas de energia e outras medidas de eficiência energética também ficou bem clara na pesquisa. Para os entrevistados, a adoção de medidas energéticas advindas de fontes renováveis nas IFES pode acarretar a diminuição de emissão de gás carbônico e ainda motivar as pesquisas na área. Na literatura, esse entendimento também é unânime, tanto que foi criado, pelo Ministério da Educação (MEC), o Programa para Desenvolvimento em Energias Renováveis e Eficiência Energética na Rede Federal (EnergIF), que objetiva, de uma maneira geral, desenvolver a cultura das energias renováveis e eficiência energética na Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (MEC, 2022).

A questão 2 (dois), bloco I, deixou transparente a opinião dos entrevistados em relação ao papel das Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) no processo de disseminação do uso de fontes renováveis, 100% dos entrevistados destacaram a importância de uma atuação ativa por parte das universidades em temas sociais e ambientais como o elencado na pergunta. A energia elétrica também foi vista como uma forma de advertir sobre a importância de se ter como prioridade estabelecida pelas universidades a pesquisa sobre energias renováveis. Entendeu-se que o papel das universidades vai além de se produzir conteúdo aleatoriamente, o mundo que se vive, atualmente, disponibiliza à sociedade diversas fontes de informação para consulta a todo tempo, em especial, pela internet e aqui cabe ressaltar uma questão singular das IFES que é a confiabilidade e segurança de seus dados e materiais produzidos. A problemática e costumeira falta de incentivo à pesquisa também foi levantada. Como asseguram Guerra e Youssef (2011), as universidades desempenham um papel relevante para o aprimoramento do sistema solar fotovoltaico (FV), por meio de pesquisas e qualificação de profissionais.

Ao serem indagados sobre as barreiras que poderiam dificultar o processo de adoção de medidas de eficiência energética em uma Instituições Federal de Ensino Superior (IFES), os participantes levantaram diversas delas, com destaque para a falta de recursos e custo alto de investimento inicial. O custo de implantação, ou seja, o investimento inicial foi citado como barreira por cerca de 73% dos entrevistados (A, C, D, F, H, I, J e K). Para os entrevistados, a ausência de empresas de grande porte na região também pode dificultar a instalação de grandes projetos nessa área. A segunda barreira mais mencionada foi a questão política, especialmente, no que concerne à legislação pela ausência ou pela falta de aplicabilidade; os incentivos pela

falta de ações concretas e favoráveis ao desenvolvimento da eficiência energética; e o processo burocrático que envolve tanto os órgãos públicos quanto as concessionárias de energia elétrica.

Foi confirmado que o orçamento das Instituições Federal de Ensino Superior (IFES) é bem reduzido se comparado com suas despesas operacionais, porém contemplou-se o entendimento de mais de 50% dos entrevistados que existem linhas de financiamentos que podem ser obtidas com certa facilidade por estas universidades. Deve-se empenhar um esforço maior na busca por verbas de fomento por parte do órgão interessado.

A ausência de conhecimento, inclusive dos gestores, foi pontuada também, sendo considerada uma das primeiras barreiras pelo entrevistado D. Foi percebida, pela fala do entrevistado H, uma diferença marcante entre uma Instituição de Ensino Superior (IES) pública e uma privada, para ele a primeira possui um cunho mais investigativo voltado para pesquisas enquanto que a segunda visa mais a parte econômica do mercado, o que torna a decisão de investimento em sistemas renováveis pelas instituições particulares mais palpável. A problemática das infraestruturas também foi registrada por dois dos entrevistados que consideram o espaço físico insuficiente para atender toda a demanda energética da UFMT.

Olhando para a literatura, é importante mencionar que o custo dos equipamentos continua elevado, mas é verdade também que a competitividade vem aumentando e os produtos que eram na sua maior parte importados, hoje, com plantas fabris instaladas no mercado brasileiro, lentamente, o cenário tende a mudar. Contudo o desenvolvimento de uma indústria nacional de equipamentos fotovoltaicos (FV) requer políticas de incentivos coerentes para implantação de *clusters* fabris, que visem benefícios de redução de custos, contribuindo com o avanço da indústria nacional (EPE, 2014). Observa-se que para o crescimento sustentável da geração de energia fotovoltaica (FV) ainda existem barreiras técnicas, econômicas e regulatórias a serem superadas, exigindo novas estratégias que alinhem e promovam soluções para esses desafios, na medida que a disseminação desse sistema solar tende a perdurar pelos próximos anos (CASTRO *et al.*, 2016).

No que concernem aos aspectos facilitadores para adoção de fontes renováveis pelas Instituições Federais de Ensino Superior (IFES), o destaque foi para três: produção de conhecimento, vantagens econômicas e ambientais. Relativo à produção de conhecimento, foi confirmado que a pesquisa é uma oportunidade, visto que as IFES possuem diversos cursos, como a Engenharia Elétrica, Engenharia de Controle e Automação, Engenharia de Energia, que

podem auxiliar no processo de fomento desse tipo de fonte por meio de grupos de pesquisas, onde os discentes junto aos docentes podem realizar diversos estudos. No quesito economia, entendeu-se que o prazo de retorno do investimento é fator determinante frente ao elevado custo de investimento inicial do sistema fotovoltaico (FV). Referente às questões ambientais, a adoção de fontes renováveis reduz às emissões de gases de efeito estufa, percebeu-se que esse entendimento já é consolidado entre os entrevistados. O entrevistado F salienta o clima característico da cidade de Cuiabá como um facilitador e ainda menciona a possibilidade de produção de uma energia limpa.

Os facilitadores ao uso de sistemas renováveis repousam no fortalecimento do próprio sistema de geração de eletricidade com fontes sustentáveis. A disposição em adotar medidas de eficiência energética, a abertura de crédito governamental, o local onde será instalada a usina também são possíveis facilitadores dependendo da abordagem. Para os entrevistados existem diversos aspectos facilitadores ao uso de fontes alternativas, inclusive existem barreiras que podem ser transformadas em facilitadores dependendo da forma como forem tratadas. O programa “Pró-Solar” é um exemplo de que novas soluções podem emergir do debate sobre problemas como de preservação da Amazônia e uma matriz energética mais limpa (ABSOLAR, 2020).

Registram-se divergências de opiniões quando o assunto abordado é a possibilidade de adoção de sistema fotovoltaico (FV) pela UFMT como uma alternativa de energia renovável para minimizar seus altos custos com energia elétrica. Sendo que 63,63% dos entrevistados (B, C, E, F, G, I, J) se posicionaram como favoráveis, 18,18% dos entrevistados (A, D) denotaram uma visão cética e outros 18,18% (H, K) foram contrários a implantação desse tipo de sistema pela UFMT. De acordo com os entrevistados F, G e J, a UFMT pode adotar o sistema FV como uma iniciativa para reduzir os seus custos com eletricidade, porém é difícil suprir a totalidade da demanda energética desta Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) apenas com essa fonte. Por outro lado, estudando a literatura, entende-se que essa barreira vem sendo superada pela UFMT, tanto que já foi implantado um pequeno Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) no Campus Cuiabá e novos projetos estão sendo ambicionados, anualmente, na tentativa de reduzir seus custos com eletricidade, atender ao plano de eficiência energética com diminuição nas perdas de energia, garantir maior sustentabilidade e disponibilizar um campo de prática para os futuros profissionais da área (UFMT, 2021).

Quanto aos aspectos econômico e financeiro, os entrevistados apontaram como sendo o custo e a falta de recursos as principais barreiras, como pode ser visto no quadro 3.

Quadro 3 - Barreiras relativas aos aspectos econômico e financeiro

<b>BARREIRAS</b>	<b>REFERÊNCIA</b>
<b>Custo elevado do projeto e falta de recursos financeiros</b>	“Primeiro seu custo, hoje a gente não tem disponível, teria que ter algum investimento, algum tipo de fomento.” (ENTREVISTADO A).
	“É o recurso propriamente dito, não é uma solução barata.” (ENTREVISTADO B).
	“Então, pensando financeiramente, hoje a UFMT não tem condições [...]” (ENTREVISTADO D).
	“Entre as principais barreiras que podem inviabilizar é o custo das placas [...]. Hoje a universidade não tem recursos financeiros disponíveis para esse investimento [...]” (ENTREVISTADO E).
	“Acho que na UFMT, por exemplo, uma barreira seria a situação econômica do país, barreira extremamente complicada, porque está difícil para o pessoal ter dinheiro para pagar equipamentos, pesquisas, o básico.” (ENTREVISTADO H).
	“[...] acredito que no momento não há recurso disponível por parte da UFMT.” (ENTREVISTADO I).
	“A viabilidade de financiamento, devido ao alto custo de investimento inicial [...]” (ENTREVISTADO G).
	“O preço inicial é muito elevado [...]” (ENTREVISTADO J).
<b>Necessidade de investimento em infraestrutura</b>	“[...] a gente tem aqui um problema muito grande com nossos telhados, a maioria não são tão aplicáveis assim, são bem frágeis.” (ENTREVISTADO A).
<b>Necessidade de investimento em segurança</b>	“E no estacionamento a gente tem o problema de segurança [...]” (ENTREVISTADO A).
<b>Falta de proatividade</b>	“A barreira financeira é falta de vontade de fazer um projeto e levar esse projeto nas fontes financiadoras que existem aí no Ministério de Minas e Energia, que possam proporcionar esse investimento, financiamento desse investimento.” (ENTREVISTADO C).
<b>Ausência de uma política pública efetiva de fomento e incentivos</b>	“Na questão da UFMT hoje nós temos um problema agravado pela política, o governo não tem feito os repasses que estão prometidos para a universidade.” (ENTREVISTADO D).
	“[...] teria que haver uma política de governo para que os recursos necessários ao projeto, a instalação desse tipo de sistema seja feita [...]” (ENTREVISTADO I).
<b>Diminuição da eficiência dos módulos fotovoltaicos em locais com altas temperaturas</b>	“Primeiro, é o tempo de vida da energia fotovoltaica na cidade de Cuiabá, porque poucos lugares no Brasil e no mundo têm uma incidência solar tão grande como aqui na região [...]” (ENTREVISTADO F).
<b>Falta de regulamentação apropriada</b>	“Acredito eu que o sistema como foi construído, a nossa política de geração distribuída, que foi através da norma 482 [...]” (ENTREVISTADO H).
<b>Falta de mão de obra especializada que pode encarecer o projeto</b>	“A falta de mão de obra especializada para a operação e manutenção dos sistemas.” (ENTREVISTADO K).
<b>Outras prioridades de investimento</b>	“Acredito que a universidade tenha muitas outras prioridades, mais importantes, na atual conjuntura.” (ENTREVISTADO K).

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Conceição (2011) considera que a falta de profissionais especializados necessários para elaborar projetos dessa natureza é um dos pontos mais críticos, sendo que o procedimento licitatório e o conhecimento insuficiente também podem atrapalhar, considerando que os

recursos financeiros para aquisição de equipamento já são reduzidos, caso os servidores responsáveis pela licitação não possuam informações suficientes, pode terminar em aquisições de equipamentos de baixa qualidade e ineficientes por falta de especificações técnicas corretas.

Referente as vantagens econômicas e financeiras resultantes da possível instalação de painéis solares nos edifícios da UFMT, as mais visualizadas pelos entrevistados dizem respeito à redução de gastos com faturas de energia elétrica proveniente da economia gerada pelo sistema e ao *payback*, que é aceitável na concepção de cerca de 75% dos entrevistados. Segundo o entrevistado D, estimado em torno de 5 à 6 anos pelo mercado, dependendo do projeto, o prazo de retorno do investimento inicial é rápido se comparado com a vida útil do sistema que gira em torno de 25 anos. Contudo o entrevistado H profere que o *payback* ainda é longo se comparado com outros projetos de interesse da universidade. Assim, para cerca de 82% dos entrevistados (A, C, E, F, G, H, I, J, K) a economia na conta de energia elétrica da UFMT é uma das principais vantagens econômicas.

A UFMT tem buscado incrementar a gestão ambiental e a sustentabilidade dentro de sua estrutura com ações que visam contornar o seu alto gasto com energia elétrica, que tem apresentado um crescimento significativo nos últimos anos, impactado em sua base orçamentária e dificultado investimentos em outras áreas importantes. Em 2019, por exemplo, a despesa com energia elétrica no Campus Cuiabá foi de R\$ 19.869.480,24 (SCHOENHERR; CAMPOS; MOREIRA, 2018; UFMT, 2020). É notório que a grande vantagem que pode ser obtida com a instalação de Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) é a possível redução na conta de energia elétrica, mas entende-se que primeiramente é preciso definir administrativamente o prazo aceitável para o retorno do investimento inicial e a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) do projeto, verificar os custos junto ao mercado, entre outras questões que envolvem a análise de viabilidade econômica do sistema.

Em relação ao posicionamento do entrevistado E, que entende que as placas fotovoltaicas (FV) ainda geram muito aquém do que é necessário, foi encontrada uma divergência nas obras literárias que asseguram que a tecnologia de células solares tem se mostrado bem segura e eficiente, chegando a ser garantida pelos fornecedores que a capacidade de produção mínima das células, normalmente, supera 90% da potência inicial após 10 ou 12 anos e 80% da potência inicial após 20 anos (ABINEE, 2012).

Ao serem questionados sobre os aspectos técnicos que podem influenciar positivamente na adoção de módulos fotovoltaicos (FV) e se o fato do Campus da UFMT de Cuiabá possuir uma área extensa com muito espaço nos telhados de seus edifícios poderia ser considerado um ponto positivo para instalação de painéis FV, percebeu-se um consenso entre os entrevistados, porém com algumas advertências no quesito infraestrutura, deve-se realizar projetos de verificação quanto às estruturas dos telhados, se estão aptos a suportar o peso desses painéis ou se necessita de alguma adequação. O entrevistado B ressalta que, além de ser um ponto positivo os espaços dos telhados dos edifícios da UFMT, existem outras alternativas caso o espaço local seja um limitador, visto que as placas fotovoltaicas (FV) podem ser instaladas em uma localidade diversa do ponto consumidor, bastando estar registrada no mesmo CPF ou CNPJ a propriedade do imóvel. Outra opção apontada pelo entrevistado H é que essas placas também podem ser instaladas no chão ou em áreas de estacionamento, gerando energia elétrica e sombreamento para os carros. O material bibliográfico indica que a UFMT possui uma grande extensão territorial, conforme a Wikipédia (2021), essa universidade dispõe de uma área total de aproximados 4.360 hectares (ha) e 149 mil metros quadrados de área construída. Tem ainda a disponibilidade dos edifícios do Campus de Várzea Grande que foi inaugurando recentemente e conta com uma infraestrutura totalmente nova. Pela amostra do projeto de Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) já instalado no Campus Cuiabá, aponta-se para uma possível utilização de seus telhados (UFMT, 2021).

Quanto às barreiras técnicas, todos os entrevistados anuíram que a falta de conhecimento técnico sobre o sistema fotovoltaico (FV) pode ser considerada uma barreira à sua utilização. Foram identificadas divergências nas falas dos entrevistados, o entrevistado D pronuncia que não existem barreiras expressivas relacionadas a manutenção do sistema, já os entrevistados B e K mantêm o posicionamento de que a manutenção pode ser uma grande barreira no que tange aos seus custos com mão de obra técnica especializada e também pela falta de conhecimento específico dos técnicos administrativos da UFMT. Conceição (2011) e Jannuzzi *et al.* (2009) concordam que uma situação crítica é a escassez de profissionais qualificados. Percebe-se de fato que no Brasil uma das grandes problemáticas que atinge boa parcela de seu mercado é, justamente, a falta de mão de obra qualificada, trata-se de um problema recorrente em nosso país, caso a ser discutido em estudos futuros.

A questão 3 (três), bloco III, trouxe a discussão que gira em torno da preparação atual das redes de distribuição para acoplar o sistema fotovoltaico (FV) de geração de eletricidade. Notou-se a presença de duas correntes básicas, uma que defende que estas redes já estão aptas a operar com

segurança e outra que visualiza a necessidade de novos ajustes para garantir a funcionalidade do sistema. O que precisa ser melhor estudado é até que ponto os sistemas FV podem impactar positivamente ou de maneira negativa nessas redes de distribuição, pode haver o fortalecimento da matriz energética com mais fontes produzindo energia, mas a questão é se as linhas de distribuição têm suporte adequado ou se necessitam de modernizações. Jannuzzi *et al.* (2009) e ABINEE (2012) também levantam essa questão no que diz respeito a apreensão sobre eventual diminuição do controle operativo sobre a rede por meio da injeção intermitente de energia. Entretanto, Ribeiro e Nahur (2015) consideram que esse tipo de sistema diminui a necessidade de novas linhas de transmissão e eleva a segurança energética, visto que a energia pode ser gerada e consumida instantaneamente no mesmo local.

Em comparação com a questão anterior que tratou das redes de distribuição compartilhadas, visualizou-se que há duas faces que empregam o termo intermitência: no que se refere ao uso compartilhado das redes elétricas de distribuição; e quanto a geração de energia fotovoltaica (FV), que pode sofrer oscilações, principalmente, considerando que só pode ser produzida durante a incidência de radiação solar. Quanto a intermitência da geração de energia solar infere-se, de acordo com mais de 50% dos entrevistados, que não haveria problemas relevantes em relação ao uso do sistema FV, considerando tratar de uma forma de complemento às redes de distribuição, pelo contrário, pode-se fortalecer a distribuição e evitar alguns apagões. A literatura informa que desde o início do sistema conectado à rede existem vários requisitos de segurança para a operação das pequenas usinas geradoras de energia solar, para que as mesmas possam compartilhar da rede de distribuição de eletricidade sob os cuidados das concessionárias locais. Os inversores tinham que ser capazes de gerar eletronicamente a corrente alternada (CA) e ter capacidade de se desligar e religar automaticamente em caso de manutenções nas linhas elétricas. Hoje em dia, surgiram também requisitos de qualidade de energia com os denominados inversores interativos ligados à rede da modernidade, que são aparelhos apontados como inteligentes, com capacidade de gerenciar automaticamente o sistema FV do qual fazem parte (BLUE SOL, c2022; PORTAL SOLAR, c2014-2022).

Segundo os entrevistados, o papel do Governo é de suma importância para a promoção de fontes renováveis de geração de energia elétrica, como no caso de sistemas fotovoltaicos (FV), porém os órgãos reguladores não têm desempenhado ações completas no sentido de promover, regular ou até mesmo orientar os interessados. Contudo, ao estudar o material bibliográfico, percebe-se que esse cenário vem mudando com as cobranças internacionais e nacionais sendo intensificadas cada dia mais no sentido de se adotar novas práticas sustentáveis. As fontes

energéticas renováveis e limpas, como é o caso da energia solar, vêm ganhando força nas políticas públicas. Novas regulamentações estão surgindo, como é o caso da Lei n.º 14.300/2022 que foi publicada recentemente e que institui o marco legal da Geração Distribuída (GD) (ANEEL, 2022; BRASIL, 2022). Registra-se que ainda é necessário realizar uma análise aprofundada de seu conteúdo, para certificar o que traz de novidades positivas e negativas a esse tipo de mercado.

No entendimento dos entrevistados, há uma certa preocupação por parte das concessionárias de energia elétrica que sempre estiveram em uma posição de conforto no que se refere a detenção centralizada do poder de distribuição de eletricidade, posição esta que começou a ser rompida, gerando certo incômodo. No patamar das exigências para uso compartilhado das redes pela unidade consumidora (UC) e pelas concessionárias, verificou-se que o processo é rigoroso com o dever de observar às normas da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Conceição (2011) menciona que as concessionárias de energia que tem, normalmente, seus lucros aumentados proporcionais ao crescimento das vendas não vislumbram a eficiência energética. Entretanto entende-se que essa perspectiva tende a mudar, as concessionárias também ganham ao fortalecer a matriz energética do país e ainda tem os programas de incentivo que a ANEEL acaba por implementar por intermédio das concessionárias para o consumidor final. O papel deve ser de parceria e não o contrário, principalmente, envolvendo uma luta que deve ser de todos: a sustentabilidade ambiental.

Ainda na concepção dos entrevistados, o ICMS tem sido a principal moeda de negociação para incentivar o crescimento dessa fonte renovável de geração de eletricidade que é o sistema fotovoltaico (FV). Para Landeira (2013), a carga tributária que onera o consumidor final desse tipo de sistema desempenha um papel decisivo onde a viabilidade das plantas não é muito atrativa. Porém, 100% dos entrevistados consideraram que os subsídios e benefícios oferecidos pelo Governo não são satisfatórios. Por outro lado, pelo estudo bibliográfico, percebe-se certa melhoria no quadro de incentivos governamentais para o setor da economia de energias renováveis. Quanto ao ICMS, cada estado passou a decidir se tributa ou não a energia injetada. O Governo Federal isentou o PIS e COFINS da energia injetada na rede, por meio da Lei nº 13.169/2015. Existe a tendência de que municípios procurem adotar medidas de incentivo para a dedução de IPTU para a Geração Distribuída (GD), como é o caso do município de Palmas (TO). Existe a dedução de Imposto de Renda (IR) por amortização de equipamentos; foi aprovado o resgate do FGTS para aquisição de sistemas de microgeração; linhas de financiamento disponíveis para a GD, como: Mais Alimentos (Pronaf), Finem (BNDES),

Construcard (Caixa Econômica Federal), Proger (Banco do Brasil) (PORTAL SOLAR, c2014-2022).

As oportunidades mais comentadas pelos entrevistados foram no campo da disseminação de informação, produção de conhecimentos, redução de gastos e geração de empregos. As oportunidades sociais advindas da utilização desse tipo de sistema pelas Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) foram apontadas: novos empregos, novos profissionais capacitados, novos investimentos sociais com recursos provenientes da economia sentida na conta de energia, entre outras. O crescimento da pesquisa e divulgação de informações nesse setor de energias renováveis é uma tendência internacional. A universidade é considerada como uma promotora de novos conhecimentos com o desenvolvimento de pesquisas na área. Knopki e Scheidt (2019) mostram a parceria do Ministério de Minas e Energia (MME) e do Ministério Alemão de Cooperação Econômica e Desenvolvimento (BMZ), que juntos promovem uma aproximação das escolas às empresas e associações do setor de energia para promoção de cursos ligados à demanda do mercado. De igual modo, garantem capacitação a professores, elaboram materiais didáticos, auxiliam na divulgação dos cursos e ações das instituições envolvidas com o tema, verificam a qualidade dos cursos oferecidos e oferecem suporte para inserção dos alunos no mercado de trabalho.

Mais de 90% dos entrevistados apreendem que a ausência de informação pode-se constituir em uma barreira à instalação de sistemas fotovoltaicos (FV) pela UFMT. Da mesma forma que o conhecimento pode ser uma grande oportunidade para a sociedade, a ausência dele pode significar retrocessos e gerar perdas, muitas vezes de difícil reparação, como a falta de acompanhamento do crescimento e atualizações do mercado pela Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), que pode incorrer em um sistema de ensino, pesquisa e extensão arcaico e sem as inovações necessárias. Para Manju e Sagar (2017), é certo que o rompimento de barreiras enfrentadas pelo setor pode advir do investimento em P&D, capaz de motivar o surgimento de tecnologias modernas na indústria solar. A qualidade de dados sobre a radiação global é outra preocupação, pois pode impactar e comprometer o desempenho de projetos que contemplam a energia solar.

Em torno de 80% dos entrevistados chegaram a dizer que não visualizam barreiras sociais, mas foram apresentadas algumas barreiras. O entrevistado C, por exemplo, menciona como barreira social o corporativismo por parte das grandes hidrelétricas. Já o entrevistado K cita que a UFMT tem outras prioridades. O entrevistado E traz como barreira social o conhecimento técnico,

porém destaca que esse desafio já está sendo superado. Lisita Júnior (2005) leciona que certas barreiras têm dificultado a geração Fotovoltaica (FV) no sentido de superar as linhas dos laboratórios e dos centros de pesquisas, incluindo a barreira cultural.

Verificou-se, de acordo com os entrevistados, que alguns trabalhos vêm sendo desenvolvidos na UFMT acerca desse tema, porém a participação da comunidade acadêmica e social ainda é muito tímida. A UFMT por meio da sua Secretaria de Infraestrutura (Sinfra) tem apresentado projetos regularmente na busca por firmar parcerias na linha de eficiência energética (UFMT, 2021). Outro exemplo, que aborda o papel de uma universidade para o desenvolvimento do sistema fotovoltaico é trazido por Teston (2011), trata-se do projeto de uso de energia solar no campus sede da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), em Chapecó-SC, onde o sistema foi projetado para gerar energia e ajudar a instituição a desempenhar seu papel de ensino e pesquisa, permitindo que os alunos possam praticar o que é estudado em sala de aula.

Sobre questões ambientais, bloco VI, verificou-se que a irradiação solar é uma grande aliada dos sistemas fotovoltaicos (FV), quanto maior seu índice melhor o aproveitamento da energia solar. Por outro lado, tem-se que a temperatura (calor) quando elevada pode superaquecer as placas solares em demasia e reduzir sua eficiência. Conforme confirmado pela literatura, existem duas realidades para a questão do clima: uma seria o calor e outra à radiação solar. Para os entrevistados, elevadas temperaturas que perduram durante a maior parte do ano na cidade de Cuiabá-MT, onde está localizado o Campus da UFMT, podem reduzir a eficiência das placas FV e a radiação solar abundante é capaz de gerar maior eletricidade. Outra questão climática que pode vir a interferir na produção de energia solar é elencada por Jannuzzi *et al.* (2009) e ABINEE (2012), trata-se da passagem de nuvens sobre o Sol, que pode provocar intermitência na geração de energia FV, mesmo que por um período pequeno. De outra maneira, visualiza-se manobras técnicas para um melhor aproveitamento das condições climáticas, como é orientado por Ferreira *et al.* (2018), pode-se regular a posição do painel solar de acordo com a latitude local e a época do ano que necessita de uma energia maior e otimizar a radiação solar.

No que tange ao processo de fabricação dos componentes fotovoltaicos (FV), observou-se algumas dúvidas quanto a sua sustentabilidade. Já no que se refere à utilização das placas FV para geração de eletricidade as respostas dos entrevistados congregaram para a não emissão de poluentes. As obras literárias confirmam o que os entrevistados relataram, a fonte de energia solar FV é a que apresenta menor emissão de poluentes, porém existem alguns impactos que devem ser observados, como o processo fabril, forma de descarte dos painéis solares ou

instalações de usinas FV de grande porte. Saliencia-se que o processo de manufatura dos painéis solares é responsável por aproximadamente 85% da energia consumida na fabricação da tecnologia FV, visto que o equipamento exige diversos recursos, etapas e elementos químicos para ser produzido (PORTAL SOLAR, c2014-2022). O Portal Solar (c2014-2022) recomenda que ao final da vida útil do sistema seja feito o reaproveitamento dos equipamentos de energia solar, das placas solares, dos inversores e demais resíduos que não precisem ser desfeitos. Assim, a literatura aponta que existem alguns impactos ambientais que devem ser observados, como a produção e descarte de placas solares ou instalações de usinas FV. Outra questão que traz preocupação é relacionada aos danos que o silício pode trazer à saúde, em especial, dos trabalhadores, pois a inalação do silício pode causar pneumoconiose e silicose (INCA, 2013).

Identificadas as barreiras e os facilitadores do processo de implantação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) no Campus Cuiabá da UFMT, realizou-se a análise de viabilidade econômica desse projeto.

## 4.2 SEGUNDO ESTUDO DE CASO

O segundo estudo de caso teve por objetivo realizar a análise de viabilidade econômica de implantação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) na UFMT, Campus Cuiabá-MT, sendo feito primeiramente o dimensionamento desse sistema com dados de consumo real dessa Unidade Consumidora (UC).

### 4.2.1 Definição dos locais de instalação

A expansão da UFMT faz dela a mais abrangente instituição de ensino superior no Estado, ocupando uma área total de cerca de 4.360 hectares e 149 mil metros quadrados (m<sup>2</sup>) de área construída, distribuídos pelos campi. No Campus Cuiabá, que tem aproximadamente 782 mil m<sup>2</sup>, concentra-se a maior parte dos edifícios administrativos com uma área construída superior à dos demais campi.

Considerando que a instalação de módulos fotovoltaicos (FV) no solo ocuparia uma grande área, que poderia ser utilizada para outras finalidades, considerando ainda o risco mais acentuado de furtos devido ao alto valor agregado dos componentes do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR). Nesta pesquisa, os telhados dos edifícios do Campus de Cuiabá da UFMT foram definidos como os locais mais apropriados para receber os painéis FV.

#### 4.2.2 Levantamento do consumo de energia elétrica

O período selecionado para levantamento dos dados de consumo energético da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Campus Cuiabá, foi o compreendido entre janeiro a dezembro de 2019, visto que se trata do exercício anterior as consequências trazidas pela pandemia COVID-19, pois nos anos seguintes houve gradativo e crescente afastamento de servidores que desenvolveram suas atividades laborais por meio do sistema *Home Office* e houve a suspensão das aulas presenciais. Então, considerando que as atividades da UFMT até a elaboração deste estudo ainda não haviam voltado ao seu funcionamento normal, optou-se por esse período, zelando pela segurança do processo de levantamento de consumo energético mais próximo possível da realidade desta Instituição Federal de Ensino Superior (IFES). Através da verificação das faturas de energia e outros documentos fornecidos pela Coordenação Financeira (CF) e pela Secretaria de Infraestrutura (SINFRA) da UFMT, elaborou-se a tabela 2.

Tabela 2 - Consumo de energia elétrica do Campus Cuiabá da UFMT – Ano 2019

Consumo	Ponta (kWh)	Fora de Ponta (kWh)	Total (kWh)	Valor da Fatura
Janeiro	88.200	919.800	1.008.000	R\$ 1.058.097,96
Fevereiro	67.200	856.800	924.000	R\$ 977.150,06
Mar.	113.400	1.012.200	1.125.600	R\$ 1.140.287,08
Abril	147.000	1.163.400	1.310.400	R\$ 1.229.849,58
Maio	109.200	1.041.600	1.150.800	R\$ 1.226.032,47
Junho	113.400	898.800	1.012.200	R\$ 1.150.603,35
Julho	121.800	903.000	1.024.800	R\$ 1.205.091,18
Agosto	121.800	890.400	1.012.200	R\$ 1.190.457,99
Setembro	117.600	1.029.000	1.146.600	R\$ 1.249.193,39
Outubro	105.000	995.400	1.100.400	R\$ 1.203.510,97
Novembro	134.400	1.159.200	1.293.600	R\$ 1.352.732,16
Dezembro	121.800	1.079.400	1.201.200	R\$ 1.294.407,34
<b>Total Anual</b>	<b>1.360.800</b>	<b>11.949.000</b>	<b>13.309.800</b>	<b>R\$ 14.277.413,53</b>
<b>Média (12 meses)</b>	<b>113.400</b>	<b>995.750</b>	<b>1.109.150</b>	<b>R\$ 1.189.784,46</b>

Fonte: elaborado pela autora com base nas faturas de energia elétrica da UFMT, 2019.

Para o correto dimensionamento do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) foi preciso considerar algumas premissas que advém das REN nº 482/2012 e 687/2015 da ANEEL, como o fato da energia gerada ser consumida em parte de maneira instantânea pela instalação, sendo o excedente injetado na rede, gerando créditos equivalentes à Tarifa de Consumo Fora-Ponta. Assim, a compensação da energia consumida no horário de ponta é feita somente após a compensação total da energia consumida no horário fora de ponta, uma vez que a energia é gerada nesse posto tarifário. Essa compensação foi realizada conforme o fator de correção

(compensação) dado pela razão entre tarifas de energia no horário de ponta (TEPonta) e fora de ponta (TEFora).

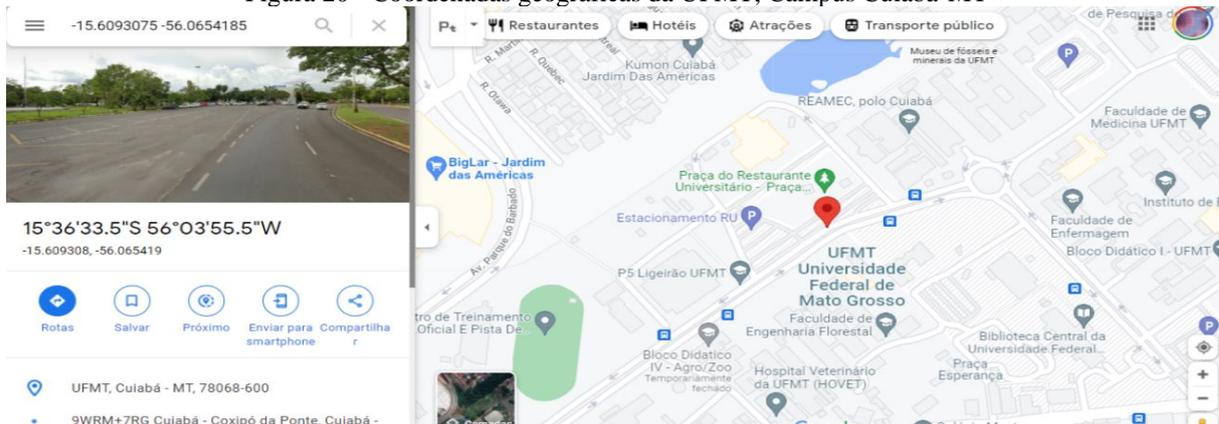
Considerando que a UFMT é classificada no subgrupo A4 (2,3 a 25kV), Poder Público, modalidade Verde, foram consultados os valores das TEPonta (421,80) e TEFora Ponta (263,76) diretamente da Resolução Homologatória n.º 2.856, de 22 abril de 2021 da ANEEL, a qual homologou o resultado do Reajuste Tarifário Anual de 2021, as Tarifas de Energia (TE) e as Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) referentes à Energisa-MT. Então, foi feito o cálculo do fator de correção (FC) que resultou em 1,599181 ( $FC = 421,80 / 263,76$ ).

Em seguida, foi determinada a geração necessária para atender a UFMT, efetuando o cálculo chegou-se a uma geração necessária de 1.177.097,13 kWh/mês. Para os demais cálculos, a geração necessária encontrada foi convertida da unidade de tempo mensal para uma unidade de tempo diária, dividindo o valor encontrado de 1.177.097,13 kWh/mês pelos 30 dias de um mês, igual à 39.236,571 kWh/dia.

#### **4.2.3 Verificação da irradiação solar**

Posto que o *SunData*, programa do CRESESB destinado ao cálculo da irradiação solar diária média mensal em qualquer ponto do território nacional, possui um sistema de busca de localidades próximas por meio das coordenadas geográficas de latitude e longitude do ponto de interesse, sendo que o formato numérico de entrada da coordenada geográfica pode ser em graus decimais (00.00°) ou graus, minutos e segundos (00°00'00"). Foi feito o levantamento das coordenadas geográficas do local de implantação do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) pelo *Google Maps* (2021), conforme a figura 20, pesquisado o endereço da UFMT, Campus Cuiabá, obteve-se as seguintes coordenadas: -15.60930, - 56.0654185.

Figura 20 - Coordenadas geográficas da UFMT, Campus Cuiabá-MT



Fonte: Google Maps, 2021.

Inseridas as coordenadas geográficas, o programa forneceu os dados de irradiação solar para três localidades disponíveis próximas do ponto de referência almejado, no caso a UFMT, Campus Cuiabá. Salienta-se que para cada uma das três localidades selecionadas foram também mostrados os valores de irradiação solar convertidos do plano horizontal para planos inclinados com três diferentes ângulos de inclinação em relação ao plano horizontal: o ângulo igual à latitude; o ângulo que fornece o maior valor médio diário anual de irradiação solar; o ângulo que fornece o maior valor mínimo diário anual de irradiação solar. Contudo, optou-se por demonstrar os resultados que considerou a menor distância do ponto de referência, neste caso 2,0 km. Observa-se a figura 21 e a figura 22, que consolidam esses dados.

Figura 21 - Irradiação solar no plano inclinado

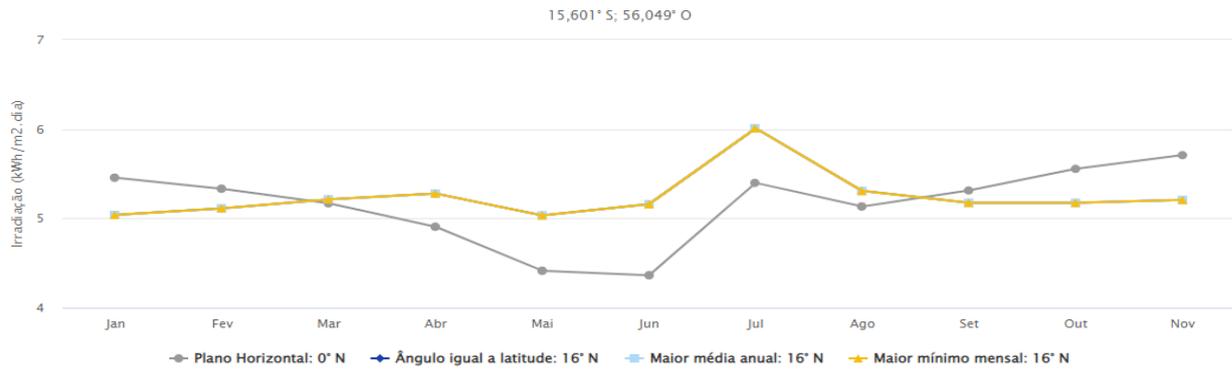
#### Cálculo no Plano Inclinado

**Estação:** Cuiaba  
**Município:** Cuiaba, MT - BRASIL  
**Latitude:** 15,601° S  
**Longitude:** 56,049° O  
**Distância do ponto de ref.** ( 15,6093° S; 56,065419° O ): 2,0 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]													
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
✓	Plano Horizontal	0° N	5,46	5,33	5,17	4,91	4,41	4,36	4,52	5,40	5,13	5,31	5,56	5,71	5,11	1,35
✓	Ângulo igual a latitude	16° N	5,04	5,11	5,21	5,28	5,03	5,16	5,28	6,01	5,31	5,17	5,17	5,21	5,25	,98
✓	Maior média anual	16° N	5,04	5,11	5,21	5,28	5,03	5,16	5,28	6,01	5,31	5,17	5,17	5,21	5,25	,98
✓	Maior mínimo mensal	16° N	5,04	5,11	5,21	5,28	5,03	5,16	5,28	6,01	5,31	5,17	5,17	5,21	5,25	,98

Fonte: elaborado pela autora, por meio do Programa *SunData* – CRESESB, 2018.

Figura 22 – Gráfico da irradiação solar no plano inclinado  
Irradiação Solar no Plano Inclinado –Cuiaba–Cuiaba, MT–BRASIL



Fonte: elaborado pela autora, por meio do Programa *SunData* – CRESESB, 2018.

Considerando que o presente estudo de caso se refere a implantação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR), decidiu-se que o “valor da irradiação solar diária média anual” a ser usado para o cálculo de dimensionamento do sistema seria o de 5,11 kWh/m<sup>2</sup>.dia (Plano Horizontal), de maneira a adotar uma análise mais conservadora, contudo poderia ter sido escolhido o que apresentou o “ângulo com a maior média diária anual de irradiação solar”, que foi o valor de 5,25 kWh/m<sup>2</sup>.dia. Vale ressaltar que os meses que apresentaram menores valores de irradiação solar foram maio e junho, sendo que o valor da menor irradiação diária média mensal foi registrada no mês de junho (4,36 kWh/m<sup>2</sup>.dia). Já os meses que indicaram maiores valores de irradiação diária média mensal foi agosto (6,01 kWh/m<sup>2</sup>.dia) e dezembro (5,71 kWh/m<sup>2</sup>.dia).

#### 4.2.4 Dimensionamento do sistema fotovoltaico

Posto as questões legais, sendo a potência máxima do sistema fotovoltaico (FV) limitada pela demanda contratada, foi comparada a potência CA (corrente alternada) de 7.725 kW (Quilowatts), calculada a partir da geração necessária para atender o Campus Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), com a demanda contratada que é de 4.500 kW, conforme registrado na fatura de energia elétrica desta Unidade Consumidora (UC). Neste caso, observou-se que a potência CA do sistema FV dimensionado é maior que a demanda contratada da UFMT. Para prosseguimento do estudo proposto foi feito o redimensionamento do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) de acordo com a demanda contratada, veja como ficou: Potência CA do sistema FV igual a 4.500 kW (Demanda Contratada); Potência CC (corrente contínua) do sistema FV resultou em 5.625 Quilowatts-pico (kWp); Quantidade de inversores redimensionada para 60 unidades; Geração Possível (geração necessária, porém limitada a

demanda contratada) igual a 22.995 Quilowatts-hora por dia (kWh/dia), ou seja, 689.850 Quilowatts-hora por mês (kWh/mês).

Para os demais cálculos, considerando o redimensionamento feito no sistema fotovoltaico (FV) foi selecionado um painel com potência de 375W (Watts). Destarte, a quantidade readequada de painéis foi de 15.000 unidades. A área total necessária para implantação do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) foi calculada em 27.502,8 metros quadrados (m<sup>2</sup>). Para uma melhor visualização, apresenta-se a tabela 3 com o dimensionamento do SFCR, considerando a Geração Necessária capaz de suprir toda a demanda energética da UFMT e, por outro lado, a Geração Possível, chamada assim neste trabalho apenas a título de diferenciação da primeira, por ser a energia que se pode produzir tendo em vista a limitação imposta pela demanda contratada.

Tabela 3 - Dimensionamento do SFCR

DIMENSIONAMENTO	GERAÇÃO NECESSÁRIA	GERAÇÃO POSSÍVEL	DIFERENÇA (GN – GP)
Energia Geração	1.177.097,13 kWh/mês	689.850 kWh/mês	487.247,13 kWh/mês
Irradiância	5,11 kWh/m <sup>2</sup> .dia	5,11 kWh/m <sup>2</sup> .dia	N/A
Perdas	20%	20%	N/A
Potência CC do sistema FV	9.597,98 kWp	5.625 kWp	3.972,98 kWp
Quantidade de painéis	23.995 painéis	15.000 painéis	8.995 painéis
Potência painel	400W	375W	25W
Potência CA do sistema FV	7.678,38 kW	4.500 kW	3.178,38 kW
Quantidade de inversores	103 inversores	60 inversores	43 inversores
Potência inversor	75 kW	75 kW	0 kW
Área total	48.278 m <sup>2</sup>	27.502,8 m <sup>2</sup>	20.775,2

Fonte: elaborado pela autora, 2021.

Após o dimensionamento do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR), procedeu-se com a estimativa de custos junto ao mercado.

#### 4.2.5 Estimativa de custos de instalação e manutenção do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR)

A pesquisa de mercado foi efetivada junto a 5 (cinco) empresas especializadas na implantação de Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR), conforme a tabela 4 que contém os valores orçados.

Tabela 4 - Pesquisa de mercado

N.º	EMPRESA	QUANT.	UNIDADE	VALOR (R\$/KWP)	UN.	VALOR TOTAL (R\$)
1	A	5.625	kWp	3.365,28		18.929.678
2	B	5.625	kWp	3.418,94		19.231.538
3	C	5.625	kWp	4.004,91		22.527.608
4	D	5.625	kWp	4.158,00		23.388.773
5	E	5.625	kWp	4.598,67		25.867.512
<b>Valor Médio</b>						<b>21.989.021</b>

Fonte: elaborado pela autora, 2021.

Assim, o custo de aquisição do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) para Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Campus Cuiabá, com potência de 5.625 Quilowatts-pico (kWp) foi estimado em R\$ 21.989.021 (vinte e um milhões, novecentos e oitenta e nove mil, vinte e um reais), ou seja, a média dos cinco valores ofertados pelas empresas.

Os painéis solares diminuem a eficiência com o tempo de uso, entretanto a perda anual é mínima e os fabricantes reconhecidos no mercado trabalham com garantias que atestam que seus módulos, ao final dos 25 anos de vida útil do sistema, vão continuar com eficiência original superior a 80% (PORTAL SOLAR, c2014-2022). Segundo Krauss *et al.* (2015) e Ishii & Masuda (2017), a perda de eficiência na produção de energia fotovoltaica (FV) é de cerca de 1% ao ano. Nesta pesquisa, foi considerada uma vida útil de 25 anos para o sistema FV com uma perda linear de eficiência de 1% ao ano (a.a.).

A despesa com manutenção preventiva foi contabilizada ao longo dos 25 anos de vida útil do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR). As empresas especializadas do ramo asseguram que a execução desse tipo de serviço pode custar entre 0,5% e 1,0% do valor do sistema (PERONDI, 2019). Para aplicação neste caso foi ponderada uma limpeza anual do sistema com o custo de 1,0% do seu valor de aquisição, ou seja, R\$ 219.890,21 (duzentos e dezenove mil, oitocentos e noventa reais e vinte e um centavos).

A média de vida útil do componente de menor durabilidade do sistema, o inversor, é de 10 a 15 anos (CORTELETI; SANTOS, 2021). Para o presente estudo foi considerada a substituição do inversor no 12º ano de vida útil do sistema. Foi considerado o INVERSOR SOLAR FOTOVOLTAICO *ON-GRID* 75KW TRIFÁSICO e conferido seu preço em três fornecedores na internet: R\$ 30.218,69; R\$ 31.421,45; R\$ 32.314,23. Uma média encontrada de R\$ 31.318,12 vezes as 60 unidades necessárias, tem-se: R\$ 1.879.087,20 (um milhão, oitocentos e setenta e nove mil, oitenta e sete reais e vinte centavos).

#### 4.2.6 Tarifas e taxas aplicadas na verificação do retorno econômico

Considerando que a Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) se enquadra como unidade consumidora de Alta Tensão, classe A4, tarifa Verde, em consulta ao site da Energisa-MT verificou-se por meio do seu quadro de Histórico de Reajuste Tarifário, relativos aos anos 2019, 2020 e 2021, que a média de reajuste da tarifa de energia elétrica desses últimos 3 anos, contabilizando o horário ponta e fora ponta, foi de 11,84% ao ano (a.a.) (ENERGISA, 2021).

Considerando que a geração de energia fotovoltaica (FV) do projeto foi limitada pela demanda contratada e que por esse motivo só pode atender 58,61% do total energético (kWh) demandado pelo Campus Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Posto que a produção máxima de energia do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) é de 689.850 kWh/mês (Quilowatts-hora por mês), supõe-se que toda energia será consumida de forma imediata, no mesmo horário em que for produzida, pois só de consumo fora ponta a universidade tem uma necessidade média de 995.750 kWh/mês. Portanto, a tarifa que foi considerada nesta pesquisa para verificar a economia anual que o sistema fotovoltaico poderá oferecer a Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) é a fora ponta que é de R\$ 0,33 por kWh (Quilowatts-hora), sem impostos, e de R\$ 0,50 por kWh com impostos, sendo 27% de ICMS, 1,03% de PIS e 4,74% de COFINS, conforme fatura do mês de janeiro de 2021 da UFMT, Campus Cuiabá-MT.

Levando em consideração os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e estatística, IBGE (2022), analisando a inflação característica do Brasil e ponderando a vida útil do projeto resolveu-se atualizar os valores anuais relativos aos custos de manutenção do sistema fotovoltaico (FV) durante os 25 anos e o valor de troca dos inversores no ano 12°. Foi considerado o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo, IPCA acumulado de 12 meses, referente ao mês de março de 2022 que foi de 11,30% a.a., esta foi tomada como taxa de reajuste inflacionário para os itens supracitados.

Para decisão do melhor investimento, foi necessária a definição prévia da taxa de retorno exigida, ou seja, a taxa de atratividade econômica do projeto. Para definição da Taxa Mínima de Atratividade (TMA) do projeto buscou-se realizar uma análise da Taxa Meta Selic ou taxa básica de juros, que é a principal taxa de juros do Sistema Financeiro Nacional do Brasil e serve de base para outras taxas de juros praticadas no país. Para tanto foi considerada a Taxa Meta Selic da reunião 245° do Comitê de Política Monetária (Copom), de 16 de março de 2022,

estipulada em 11,75% a.a. mais 11,30% a.a. de inflação, que resultou em uma TMA de 13,07% a.a. para o projeto estudado (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2022).

Para facilitar a compreensão do estudo apresenta-se a tabela 5 com resumo dos dados monetários e técnicos usados para o cálculo do retorno econômico do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR).

Tabela 5 - Dados monetários e técnicos do SFCR

ITEM	DADO
Unidade Consumidora (UC)	UFMT – Campus Cuiabá/MT
Classificação da UC	Classe A4, Tarifa Verde
Potência total do SFCR a ser instalada	5.625 kWp
Custo total de aquisição do SFCR	R\$ 21.989.021
Vida útil do SFCR	25 anos
Perda linear de eficiência dos módulos fotovoltaicos	1% a.a.
Custo com manutenção anual do SFCR (limpeza dos módulos) - 1,0% do seu valor de aquisição.	R\$ 219.890,21
Inflação anual sobre o custo de manutenção do SFCR	11,30% a.a.
Custo dos inversores (60 unidades)	R\$ 1.879.087,20
Vida útil dos inversores	12 anos
Inflação anual sobre o preço dos inversores (substituídos do 12º ano)	11,30% a.a.
Média de reajuste da tarifa de energia elétrica	11,84% a.a.
Tarifa base de energia elétrica com impostos (fora ponta)	R\$ 0,50 kWh
TMA do projeto	13,07% a.a.

Fonte: elaborado pela autora, 2021.

#### 4.2.7 Indicadores para análise de investimento

Foram utilizadas planilhas do *Microsoft® Excel®* (2019) para calcular os valores referentes ao Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e *Payback* descontado do projeto Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) da UFMT, Campus Cuiabá-MT. Foi utilizada a TMA de 13,07% a.a. como percentual de desconto dos fluxos de caixa para trazer esses valores futuros para o presente. Assim, foi elaborado o Fluxo de Caixa Descontado (APÊNDICE E) e realizados os cálculos desses indicadores, conforme resultados apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultados dos indicadores financeiros

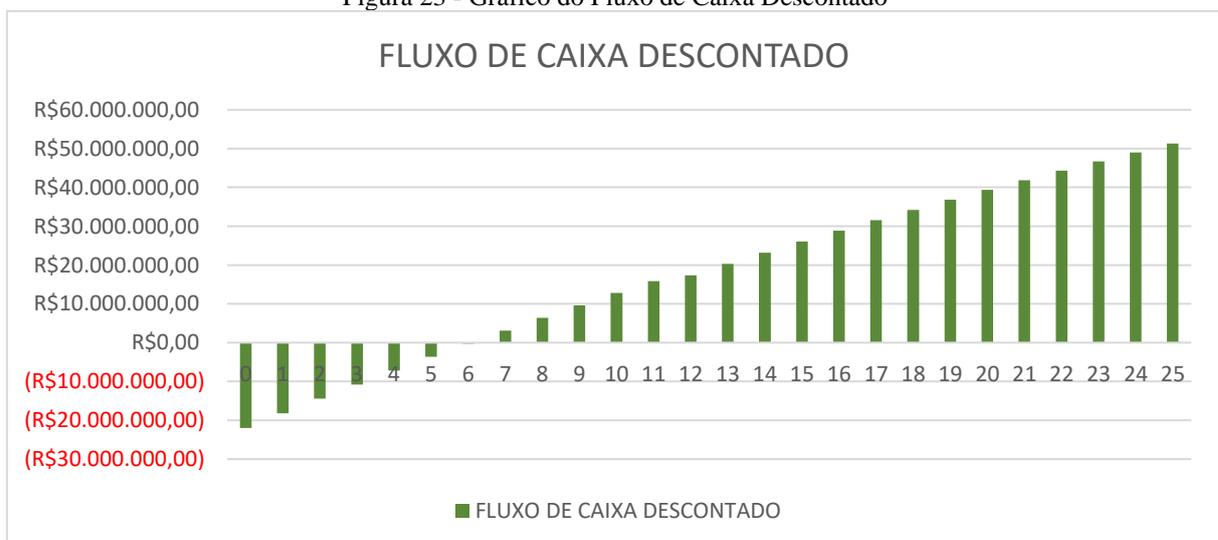
INDICADOR	RESULTADO
Investimento inicial	R\$ 21.989.021,00
Soma VPs (ano 1 ao 25)	R\$ 73.296.011,55
VPL do projeto	R\$ 51.306.990,55
Taxa Interna de Retorno - TIR	29,70% a.a.
Payback Simples	4,27 anos
Payback Descontado	6,07 anos

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Como é possível visualizar na tabela 5, com um investimento inicial de R\$ 21.989.021,00 para implantação do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) o Valor Presente Líquido (VPL) seria positivo, maior que zero, com um valor de R\$ 51.306.990,55 (cinquenta e um milhões, trezentos e seis mil, novecentos e noventa reais e cinquenta e cinco centavos), sendo um bom investimento do ponto de vista econômico quando comparado a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) do projeto. Nesse cenário, a Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) recuperaria seu investimento inicial e ainda renderiam em valores monetários atuais o valor correspondente ao VPL. Com uma Taxa Interna de Retorno (TIR) de 29,70% a.a., superior ao valor considerado para a TMA do projeto, o investimento torna-se atrativo quando comparado com a alternativa de rendimento, visto que quanto maior for a TIR em relação a TMA, maior será o VPL e melhor o investimento.

Já o *Payback* descontado do investimento é de 6,07 anos, a partir desse período a Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) recupera seu investimento e começa a ter lucro até o final da vida útil do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR), que é de 25 anos neste caso. É um período de *Payback* onde o projeto se pagará em aproximadamente 24,28% da vida útil do sistema, restando ainda 75,72% para gerar lucros, nos quais as receitas são superiores as despesas, inclusive no 12º ano, momento que é realizada as substituições dos inversores. Contudo tem que ser considerada a exposição de caixa, que atinge sua descobertura máxima exatamente quando o SFCR é adquirido, pois o investimento é elevado, conforme pode ser visto na figura 23.

Figura 23 - Gráfico do Fluxo de Caixa Descontado



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Assim, o caixa da IFES ficará 6,07 anos descoberto e somente quando atingir o *payback* que começará a sentir o retorno econômico, situação que explica o porquê muitas empresas e, principalmente, pessoas físicas não conseguem fazer esse tipo de investimento e se o recurso financeiro disponível para o início do projeto for de terceiros (empréstimos) essa situação tende a se agravar frente as altas taxas de juros praticadas pelo mercado.

#### 4.2.8 Análise de viabilidade econômica em cenários distintos

Considerando a Taxa Meta Selic de 11,75% a.a., definida pelo Comitê de Política Monetária (Copom), em 16 de março de 2022, Wiltgen (2022) demonstra na figura 24 como ficam os rendimentos, em percentual, para aplicação em renda fixa: Poupança, Tesouro Selic, Fundo de Renda Fixa e LCI 100% do CDI.

Figura 24 - Rendimentos em renda fixa – Taxa Meta Selic 11,75% a.a.

Prazo	Poupança	Tesouro Selic	Fundo de renda fixa	LCI 100% do CDI
3 meses	1,80%	2,12%	2,16%	2,79%
8 meses	4,88%	6,02%	6,10%	7,62%
1 ano	7,41%	9,51%	9,61%	11,65%
2 anos	15,36%	18,83%	20,77%	24,44%

Fonte: Wiltgen, 2022.

Para ter uma segurança maior na tomada de decisão quanto à viabilidade econômica de investimento em determinado projeto, uma alternativa é traçar mais de uma projeção, no mínimo três: uma pessimista, uma otimista e uma intermediária (REDAÇÃO WARREN, 2021). Desse modo, foram considerados seis cenários distintos levando em consideração a TMA de 15,89% a.a. e ainda uma TMA de 10,75% a.a., que corresponde a Taxa Meta Selic atualizada em fevereiro de 2022 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2022). Para a taxa de reajuste de energia elétrica foi considerada a taxa de 4,59% a.a. que representa o aumento apenas do consumo fora ponta, a taxa de 7,25% a.a. que indica a elevação do consumo ponta e o somatório dessas taxas que é de 11,84% a.a. (ENERGISA, 2021). Os resultados foram consolidados na tabela 7 para TMA 15,89% a.a. e na Tabela 8 para TMA 10,75% a.a.

Tabela 7 - Resultados dos indicadores com TMA 15,89% a.a.

<b>CENÁRIO 1 - TMA 15,89% a.a.</b>			
<b>INDICADOR</b>	<b>TARIFA 4,59% a.a.</b>	<b>TARIFA 7,25% a.a.</b>	<b>TARIFA 11,84% a.a.</b>
<b>VPL do projeto</b>	R\$ 5.971.199,16	R\$ 13.480.073,98	R\$ 33.552.871,85
<b>Taxa Interna de Retorno - TIR</b>	20,14% a.a.	23,77% a.a.	29,70% a.a.
<b>Payback Descontado</b>	10,37 anos	8,45 anos	6,70 anos

Fonte: elaborado pela autora, 2022.

Tabela 8 - Resultados dos indicadores com TMA 10,75% a.a.

<b>CENÁRIO 2 - TMA 10,75% a.a.</b>			
<b>INDICADOR</b>	<b>TARIFA 4,59% a.a.</b>	<b>TARIFA 7,25% a.a.</b>	<b>TARIFA 11,84% a.a.</b>
<b>VPL do projeto</b>	R\$ 21.719.678,70	R\$ 35.867.264,77	R\$ 76.223.332,13
<b>Taxa Interna de Retorno - TIR</b>	21% a.a.	24% a.a.	30% a.a.
<b>Payback Descontado</b>	7,47 anos	6,60 anos	5,60 anos

Fonte: elaborado pela autora, 2022.

Conforme os resultados levantados, percebe-se que o projeto continua sendo viável em todos os cenários analisados, uma vez que o VPL se mantém positivo, demonstrando capacidade de gerar lucros. O menor VPL identificado foi de R\$ 5.971.199,16 (cinco milhões, novecentos e setenta e um mil, cento e noventa e nove reais e dezesseis centavos) para o cenário de TMA de 15,89% a.a. e tarifa de reajuste de energia elétrica de 4,59% a.a. Verificou-se que quanto menor a tarifa de energia menor o VPL, o que também é uma análise favorável ao investimento em Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) frente a tendência constante de aumento desse tipo de tarifa.

A menor TIR apresentada foi de 20,14%, significando que o projeto é viável, visto que para um investimento alternativo ser melhor que o analisado teria que ter uma taxa de atratividade superior a esta taxa. Embora a Taxa Meta Selic esteja em alta, o que automaticamente leva a uma maior TMA em virtude do encarecimento do acesso ao crédito com aumento do custo de capital de terceiros, observou-se que os principais rendimentos em renda fixa como Poupança, Tesouro Selic, Fundo de Renda Fixa apresentaram uma taxa inferior a 10% a.a., com exceção do LCI 100% do CDI que indicou uma taxa de 11,65% a.a. para o período observado, porém inferior a menor TIR traçada para o projeto.

Em relação ao *Payback* Descontado, no cenário mais crítico o investimento levaria 10,37 anos para retornar ao caixa da UFMT, considerando a vida útil do projeto que é de 25 anos restariam 58,52% desse prazo para gerar lucros. Porém nesse caso teria que ter uma análise mais criteriosa quanto à viabilidade do projeto, pois o prazo de retorno do investimento é muito longo, mesmo o VPL sendo positivo exige um grande planejamento econômico por parte desta universidade, visto que ficará cerca da metade da vida útil do projeto com seu caixa descoberto e nesse período a economia pode ter alterações significativas tanto à nível institucional como de mercado.

### 4.3 ANÁLISE CONSOLIDADA DOS RESULTADOS

A literatura mostrou que devido a uma redução constante de custos a competitividade do sistema fotovoltaico (FV) tem aumentado frente à energia convencional, emergindo novos mercados, os quais estão procurando regulamentar esse setor em busca do seu desenvolvimento. Porém existem grandes barreiras a serem superadas, não sendo o discurso ambiental e o custo as únicas diretrizes. Outros fatores também interferem diretamente na viabilidade de implantação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR), como a economia do estado e do país, tarifa de eletricidade, taxas de impostos, eficiência tecnológica, mercado, radiação solar, políticas e programas de energia (incentivos fiscais, fomento de recursos financeiros).

Por meio da literatura e do primeiro estudo de caso foram levantadas diversas barreiras que podem inviabilizar um projeto de implantação de sistema solar fotovoltaico (FV) no Campus Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), as quais envolvem aspectos econômico-financeiro, técnico, político, social e ambiental. Contudo englobando esses mesmos aspectos foram ainda visualizados facilitadores que podem oportunizar a instalação do supracitado sistema nesta Instituição Federal de Ensino Superior (IFES).

No quesito econômico-financeiro verificou-se que os custos iniciais de instalação do sistema fotovoltaico (FV) bem como a ausência de recursos nas Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) se constituem como as principais barreiras à sua utilização. Para facilitar a redução dos preços das placas, que são em sua maioria importadas, é preciso estimular a produção no mercado brasileiro a partir de novas estratégias governamentais e empresariais. Como visto também na pesquisa bibliográfica, as universidades federais (UF) estão enfrentando dificuldades financeiras com reduções constantes em seu orçamento discricionário, a diminuição de repasses de recursos pelo Governo Federal obriga as UF a realizarem cortes significativos em despesas operacionais (energia, infraestrutura, entre outras), ações assistenciais para estudantes com menores condições financeiras e até mesmo em pesquisas, diminuindo, por exemplo, bolsas de iniciação científica. Além dos cortes, esse dilema exige da administração das IFES uma melhor seletiva dos projetos que deverão ser implantados com uma responsabilidade orçamentária pesando em suas prioridades, uma vez que suas contas básicas estão apertadas com uma cobertura financeira limitada.

No aspecto técnico a infraestrutura dos edifícios da UFMT configurou-se como uma barreira, visto que seus telhados podem não suportar a instalação de placas solares, pois não foram planejados para essa finalidade. Uma solução cabível para essa problemática seria a elaboração de projetos técnicos de adequação dessas estruturas, porém de uma forma que não torne ainda mais caro a implantação desse tipo de sistema solar. A falta de segurança também apareceu como uma barreira ao uso desses painéis solares, é um investimento alto que precisa ter um plano de proteção, considerando o elevado índice de ocorrências de roubos e furtos na UFMT. Para solucionar a falta de espaço físico na UFMT que também foi erguida como uma barreira, uma alternativa que foi considerada um facilitador por alguns entrevistados consiste na possibilidade de implantação das placas fotovoltaicas (FV) em um local distinto do campus dessa Instituição Federal de Ensino Superior (IFES), como a Fazenda Experimental que está no mesmo CNPJ dessa instituição. Foi evidenciado ainda que para instalação e manutenção dos sistemas FV é preciso investir em capacitação de pessoal com destaque para o papel das IFES nessa trajetória.

No âmbito político foi identificado que há necessidade de uma atuação mais efetiva do Governo no que concernem as regulamentações, orientações técnicas e programas de incentivos que devem ser aprimorados para serem superadas barreiras advindas de altas cargas tributárias e da falta de fomento do sistema tanto no que se refere ao processo de aquisição pelas Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) quanto ao processo de fabricação dos componentes do sistema fotovoltaico (FV).

A barreira social mais comentada pelos entrevistados foi a desinformação, sendo considerado primordial a produção e divulgação de novos conhecimentos científicos sobre o tema com uma atuação efetiva das Instituições Federais de Ensino Superior (IFES), de maneira a informar, orientar e facilitar às escolhas de toda a sociedade quanto à adoção de fontes renováveis como o sistema fotovoltaico (FV). Outra barreira citada pelos entrevistados para instalação de placas FV é em virtude de prioridades sociais que podem ser reclamadas pela comunidade universitária da UFMT para serem executadas em primeiro lugar. Por outro lado, um grande facilitador social é a capacitação profissional e geração de empregos que permeiam os processos de fabricação, instalação e manutenção desse tipo de sistema.

Em relação à questão ambiental, a forma de descarte dos componentes do sistema fotovoltaico (FV) foi levantada como barreira por todos os entrevistados, no que se refere a falta de fiscalização quanto à aplicabilidade das normativas vigentes. Outra questão ambiental que

merece destaque e requer novos estudos trata-se do processo fabril dos componentes fotovoltaicos, uma vez que um sistema que é vendido como uma alternativa limpa e renovável não pode restar dúvidas quanto a sua sustentabilidade desde o início até o final da sua vida útil. Quanto ao aspecto facilitador ambiental mais mencionado é o fato da utilização das placas FV para geração de eletricidade não emitir poluentes.

Para o total dos entrevistados, o clima característico da cidade de Cuiabá-MT foi considerado como barreira no que se refere as suas elevadas temperaturas observadas durante o ano inteiro, visto que as placas fotovoltaicas (FV) podem ter sua eficiência reduzida quando submetidas constantemente aos altos graus Celsius. Essa situação requer investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) para produção de painéis mais eficientes e feitos com base nas características climáticas regionais, aumentando a confiabilidade do sistema. Um aspecto positivo é que a radiação solar capaz de gerar eletricidade através dos módulos fotovoltaicos também é grande nesta região de Mato Grosso (MT).

Já no segundo estudo de caso foi realizada a análise de viabilidade econômica de implantação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) na UFMT, Campus Cuiabá-MT. Os resultados para o SFCR dimensionado foram positivos, indicando que o projeto é viável economicamente e mesmo no pior cenário traçado verificou-se um Valor Presente Líquido (VPL) positivo de R\$ R\$ 5.971.199,16. No cenário inicial proposto para análise do projeto com uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 13,07% observou-se que em 6,07 anos o investimento inicial de R\$ 21.989.021,00 seria recuperado e após teria uma rentabilidade total de R\$ 51.306.990,55, ou seja, um VPL positivo. A Taxa Interna de Retorno (TIR) encontrada foi de 29,70% a.a., maior que a TMA do projeto, o que indica que o projeto do ponto de vista econômico pode ser aceito. Contudo deve ser levada em consideração o prazo que o caixa ficará descoberto (negativo), é necessário que seja feito um planejamento e controle efetivo dos gastos públicos, deve-se refletir e buscar programas de incentivo e fomento para tornar o projeto sustentável, evitando empréstimos bancários, principalmente, frente as altas taxas de juros praticadas atualmente pelo mercado. Pode-se estudar a possibilidade de parcelar a execução do projeto em 3 (três), 4 (quatro) anos, no máximo 5 (cinco) anos, não muito tempo para não se tornar inviável tendo em vista o tempo de vida útil do projeto e a Lei de Licitações e Contratos nº 14.133/2021, firmando contratos administrativos com valores, reajustes anuais, prazos, garantias e outras cláusulas relevantes pré-definidas junto a empresa contratada.

É importante destacar que mesmo que haja uma economia mensal com a geração fotovoltaica (FV), a UFMT ainda terá que arcar com os seguintes valores: demanda contratada, que é obrigatória; a energia consumida diretamente da rede, com percentual maior de consumo ponta, visto que o consumo atendido pelo SFCR será parcial e instantâneo, mesmo horário de produção e consumo (horário com irradiação solar); reativo excedente; Impostos Federais (IR, CSLL, PIS, COFINS), Estadual (ICMS) e Municipal (Contribuição de Iluminação Pública - CIP, atualmente é cobrado R\$ 181,97 ao mês na fatura da UFMT).

Com base em uma Matriz SWOT, foi criada a figura 25 que contempla a abordagem bibliográfica desta pesquisa, as barreiras e facilitadores identificados no primeiro estudo de caso e os resultados do segundo estudo de caso relativos à análise de viabilidade econômica de implantação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) no Campus Cuiabá da UFMT, em relação ao ambiente interno e externo dessa instituição.

Figura 25 - Matriz SWOT adaptada ao caso UFMT - Campus Cuiabá

	FACILITADORES	BARREIRAS
ORGANIZAÇÃO INTERNA	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.1 - Reduzir a conta de energia;</li> <li>1.2 - Implantar projetos de sustentabilidade, eficiência energética e atender ao Plano de Gestão Logística e Sustentável (PLS);</li> <li>1.3 - Projeto SFCR ter apresentado vida útil longa (25 anos);</li> <li>1.4 - Projeto SFCR ter apresentado <i>payback</i> aceitável (6,07 anos);</li> <li>1.5 - Projeto SFCR ter apresentado VPL positivo e TIR (29,70%) superior a TMA do projeto (13,07%);</li> <li>1.6 - Ter uma base voltada para ensino, pesquisa e extensão;</li> <li>1.7 - Possuir uma área territorial extensa;</li> <li>1.8 - Possuir cursos na área de engenharia (elétrica, civil, ambiental);</li> <li>1.9 - Possuir profissionais de diversas formações em seu quadro;</li> <li>1.10 - <i>Mindset</i> sustentável por parte de gestores e servidores;</li> <li>1.11 - Possuir o mecanismos para P&amp;D (Escritório de Inovação Tecnológica);</li> <li>1.12 - Possuir meios de treinamento e qualificação de profissionais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2.1 - Recursos financeiros limitados;</li> <li>2.2 - Falta de linhas de crédito;</li> <li>2.3 - Outras prioridades por parte dos gestores;</li> <li>2.4 - Falta de planejamento adequado;</li> <li>2.5 - Falta de informação por parte de alguns servidores;</li> <li>2.6 - Burocracia de seus processos licitatórios e outros;</li> <li>2.7 - Falta de segurança em seu campus;</li> <li>2.8 - Projeto SFCR ter apresentado custo inicial de implantação alto (R\$ 21.989.021,00);</li> <li>2.9 - Estrutura antiga dos telhados;</li> <li>2.10 - Manutenção do SFCR;</li> <li>2.11 - Troca dos inversores no 12º ano de vida útil do SFCR;</li> <li>2.12 - Poucos pesquisadores interessados nessa área.</li> </ul>
AMBIENTE EXTERNO	<ul style="list-style-type: none"> <li>3.1 - Brasil possuir grande reserva de silício;</li> <li>3.2 - Avanços regulatórios;</li> <li>3.3 - Aumento da competitividade de mercado fotovoltaico com redução de custos dos equipamentos;</li> <li>3.4 - Histórico de reajustes elevados da tarifa de energia elétrica;</li> <li>3.5 - Programas de incentivos do Governo Estadual (isenção do ICMS);</li> <li>3.6 - Surgimento Parceria Público-Privada na área;</li> <li>3.7 - Usar a energia renovável do Sol para gerar eletricidade limpa;</li> <li>3.8 - Fortalecer a matriz energética do país usando fontes alternativas;</li> <li>3.9 - Capacitar profissionais na área e gerar novas fontes de renda;</li> <li>3.10 - Tarifa alta de energia elétrica;</li> <li>3.11 - Irradiação solar da região de Cuiabá que é alta e se mantém estável a maior parte do ano;</li> <li>3.12 - Inauguração de fábricas FV no Brasil;</li> <li>3.13 - Conscientização mundial sobre a necessidade de se implementar conceitos sustentáveis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>4.1 - Cortes orçamentários na educação, feitos nos últimos anos pelo Governo Federal;</li> <li>4.2 - Instabilidade de um mercado relativamente novo;</li> <li>4.3 - Aumento das taxas de juros do mercado;</li> <li>4.4 - Monopólios em setores de energia elétrica;</li> <li>4.5 - Falta de mão de obra qualificada;</li> <li>4.6 - Problemas relativos à eficiência e preparação das redes elétricas para crescimento sustentável do SFCR;</li> <li>4.7 - Calor da cidade de Cuiabá-MT (aquecimento das placas);</li> <li>4.8 - Burocratização das concessionárias de energia elétrica para permissão de uso de suas redes;</li> <li>4.9 - Ausência de normativas claras e que versa sobre a aplicabilidade de todas as normas legais;</li> <li>4.10 - Normas e direcionamentos sobre as formas adequadas de descarte dos materiais e equipamentos do SFCR;</li> <li>4.11 - Falta de <i>clusters</i> para produção dos componentes FV;</li> <li>4.12 - Processos fabris poluentes dos equipamentos FV (emissão de gases de efeito estufa, CO2), risco ambiental com as usinas de areia para extração do silício e risco à saúde, pois não pode ser inalado.</li> </ul>

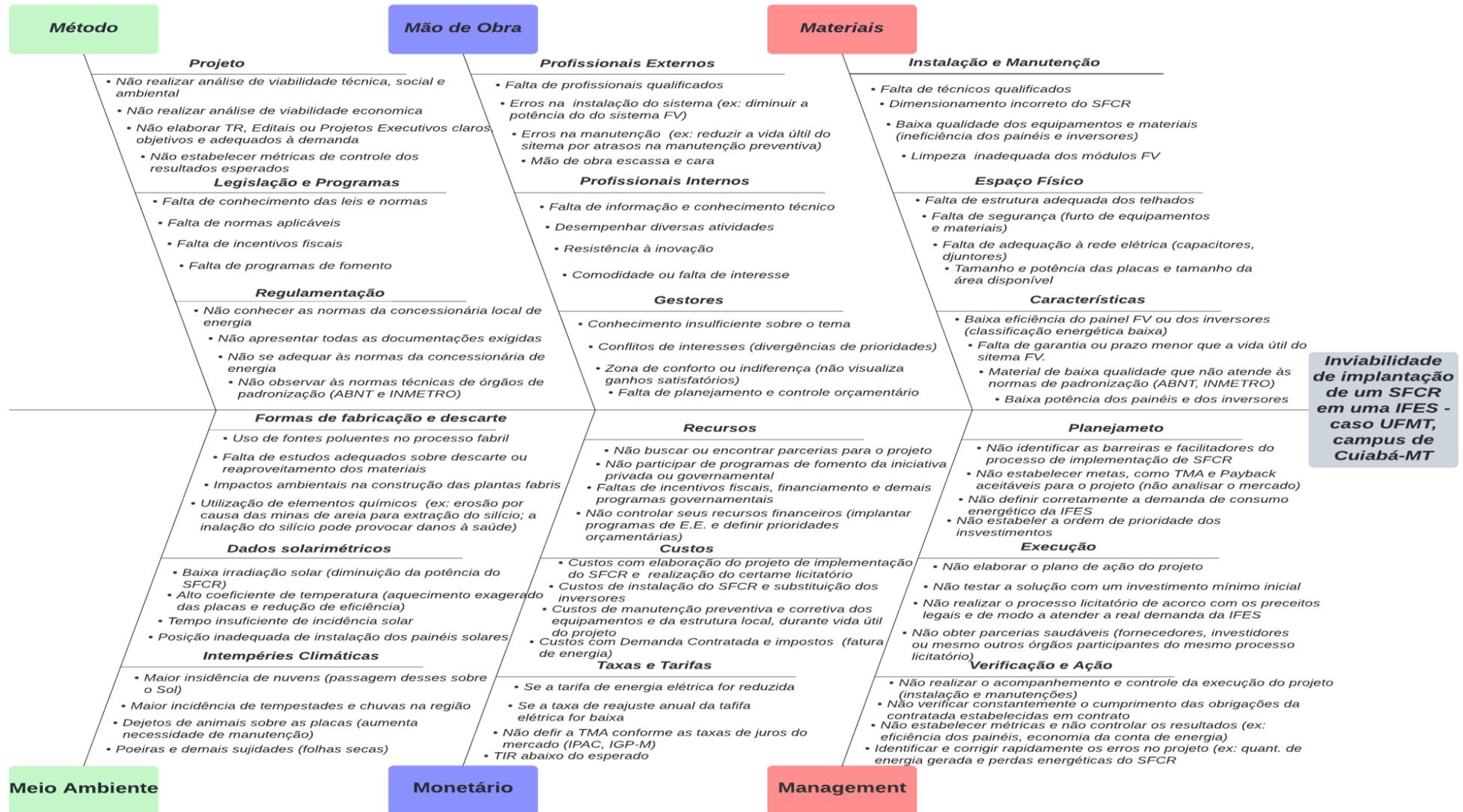
Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Após identificação desses aspectos, deve-se estabelecer ações para maximizar as forças, minimizar as fraquezas, aproveitar oportunidades, encarar estrategicamente às ameaças de maneira a reduzir os riscos ou, se possível, eliminá-los. Posto a viabilidade econômica como um fator favorável, sabe-se que embora esses resultados pesem muito em uma decisão gerencial sobre a aquisição e instalação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR), não é o único fator a ser observado, foi visto que existem diversos facilitadores do processo que somam positivamente aos valores revelados pela análise de viabilidade econômica. Contudo as barreiras que foram identificadas podem ser a causa do efeito indesejado de tornar o projeto inviável.

Para tanto, o que se apresenta a seguir é um verdadeiro mapeamento das barreiras encontradas junto à literatura pesquisada e aos entrevistados durante a realização do primeiro estudo de caso. Foi utilizada a ferramenta de causa e efeito, ou seja, Diagrama de *Ishikawa*, tendo como problema ou efeito indesejado: inviabilidade de implantação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) em uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES), caso UFMT, Campus Cuiabá -MT. Em adaptação ao estudo de caso, foram considerados 6M's, ou seja, seis categorias principais de causas para o efeito indesejado definido: Método, Mão de Obra, Materiais, Meio Ambiente, Monetário, Management.

O diagrama causa e efeito, apresentado na figura 26, pode ser de grande utilidade para o Campus Cuiabá da UFMT, de forma a identificar causas que necessitam ser resolvidas antes da tomada de decisão quanto a viabilidade econômica de instalação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR). O cruzamento das informações apresentadas na supracitada figura pode revelar ações que devem ser efetivadas em determinado processo, sejam de correções ou de melhorias, para garantir que o projeto seja viável e sustentável. Pode ainda indicar ações que a Universidade Federal (UF) deve colocar em prática, mesmo que decida pela não implementação da solução estudada (SFCR) para redução da sua despesa elevada com energia elétrica. Outras Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) que se encontrem em situações organizacionais semelhantes podem usar os resultados desta pesquisa como exemplo.

Figura 26 - Barreiras que podem inviabilizar a instalação de um SFCR



Fonte: Elaborado pela autora, 2022

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA DISSERTAÇÃO

A presente seção traz as considerações finais sobre os resultados da pesquisa, as limitações e contribuições do estudo e sugestões para trabalhos futuros.

### 5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE OS RESULTADOS DA PESQUISA

Observando de perto o cenário da UFMT no que tange suas contas de energia elétrica que vêm acumulando recordes históricos de altas, ano após ano, uma alternativa vislumbrada foi a adoção de fontes alternativas de energia, assim, o tema abordado foi a eficiência energética advinda do uso de fontes alternativas para geração de eletricidade nas Instituições Federais de Ensino Superior (IFES). A literatura mostrou que devido a uma diminuição progressiva de custos a competitividade do sistema fotovoltaico (FV) tem aumentado em comparação com a energia do sistema tradicional, surgindo novos mercados que estão buscando regulamentar este setor em prol do seu desenvolvimento. Contudo o custo do sistema não é um balizador isolado, existem grandes barreiras a serem superadas. A produção efetiva de energia também é fundamental, podendo ser alcançada considerando fatores direta e indiretamente ligados ao custo de energia para o consumidor final deste sistema. Estes fatores englobam a economia do Estado e do país, tarifa de eletricidade, taxas de impostos, eficiência tecnológica, mercado, radiação solar, políticas e programas de incentivos energéticos (incentivos fiscais, fomento de recursos financeiros, entre outros).

O processo decisório relativo ao investimento em fontes alternativas, projetos de economia e utilização eficiente da energia, obrigatoriamente, requer uma análise de viabilidade econômica, sendo que as variáveis social e ambiental devem ser incluídas nesta análise, considerando que o conceito de sustentabilidade busca integrar estas questões. O objetivo geral desse estudo de caso único foi analisar a viabilidade econômica de implantação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) na UFMT, Campus Cuiabá-MT. Buscou-se responder as seguintes questões: é viável economicamente a implantação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) no Campus de Cuiabá da UFMT? Quais as barreiras e facilitadores desse processo? A primeira questão foi solucionada com o segundo estudo de caso, no qual foi realizada a análise de viabilidade econômica de implantação de um SFCR com os dados reais do Campus Cuiabá da UFMT, como demanda de consumo médio, valor médio da conta de energia, dados solarimétricos da região, entre outros. Os resultados dos indicadores confirmaram a viabilidade econômica do sistema. A segunda questão foi respondida pelo

primeiro estudo de caso, onde foram identificados barreiras e facilitadores, classificados nas seguintes categorias: técnicas, econômicas, financeiras, políticas, sociais e ambientais.

No primeiro estudo de caso foi realizada uma aproximação do problema de forma a compreender o funcionamento do sistema de energia solar fotovoltaico (FV) em uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES), buscou-se diagnosticar as barreiras, bem como, identificar os facilitadores e oportunidades relativas ao processo de implantação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) no Campus Cuiabá da UFMT. Classificada como qualitativa e exploratória, essa pesquisa foi baseada em um levantamento efetivado por meio de um roteiro de entrevistas semiestruturadas com perguntas abertas realizadas em profundidade junto à 11 (onze) profissionais com conhecimentos técnicos, vivenciados e científicos sobre sistemas solares FV. Para organização e análise dos dados foram usadas a Análise de Conteúdo (AC) com assistência do *software NVivo®* (QSR International, c2022). Os resultados do estudo indicaram que existem grandes barreiras que podem dificultar ou impedir a instalação desse tipo de sistema pelas IFES, as quais merecem atenção e tratamento afim de reduzi-las, eliminá-las ou até mesmo transformá-las em oportunidades. Por outro lado, foram identificados diversos aspectos facilitadores para implantação de sistemas FV pela UFMT. Desse modo, entendeu-se que o uso das tecnologias para geração de eletricidade com aproveitamento da fonte solar, em especial a FV, tem tido um aumento considerável nos últimos anos. Entretanto grandes desafios para o uso dessas fontes no Brasil ainda são impostos. Observou-se que as universidades desempenham papel importante para o desenvolvimento do sistema solar FV e que as práticas de eficiência energética devem ser conciliadas ao uso de fontes alternativas de energia.

Como principais barreiras apresentadas estão: os custos de aquisição e manutenção do sistema; os recursos financeiros insuficientes da Instituição Federal de Ensino Superior (IFES); a possível necessidade de investimento em infraestrutura dos edifícios para suportar os módulos fotovoltaicos (FV) nos telhados; ausência de políticas governamentais mais efetivas; a falta de segurança relativa a possíveis furtos dos equipamentos a serem instalados; elevadas temperaturas que podem reduzir a eficiência das placas FV; formas de descartes dos materiais após o fim da vida útil do sistema; a desinformação sobre esse tipo de sistema por parte da sociedade e de alguns gestores da UFMT. Como facilitadores têm-se: possibilidade de implantação das placas FV em um local distinto do campus desta IFES, considerando o mesmo CNPJ usado para diversas unidades consumidoras (UC) desta universidade; facilidade em produção e divulgação de novos conhecimentos científicos sobre o tema; redução dos custos de

aquisição dos painéis, inversores e acessórios FV nos últimos anos frente ao aumento da competitividade; geração de empregos que permeia o processo de fabricação, instalação e manutenção desse tipo de sistema; as placas FV produzem eletricidade e não emitem poluentes, como CO<sub>2</sub>; alta radiação solar na região de Cuiabá-MT, capaz de gerar maior eletricidade por intermédio dos módulos FV.

Já no segundo estudo de caso foi realizada a análise de viabilidade econômica de implantação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) na UFMT, Campus Cuiabá-MT. O método de pesquisa teve uma abordagem qualitativa e para atingir o objetivo proposto utilizou-se indicadores para análise econômica: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e *Payback* Descontado. Os resultados indicaram que é economicamente viável investir num sistema de energia fotovoltaica (FV) para unidade consumidora estudada. Ademais, possíveis aumentos nas tarifas de energia ao longo dos anos e aumento de impostos que provocam um aumento no valor da conta de luz podem tornar o projeto ainda mais vantajoso. No que concerne à universidade analisada, com a instalação de um SFCR com potência de 5.625 kWp (Quilowatts-pico) e um investimento inicial de R\$ 21.989.021,00, o retorno do valor investido foi previsto em 6,07 anos, com um VPL positivo de R\$ 51.306.990,55 (cinquenta e um milhões, trezentos e seis mil, novecentos e noventa reais e cinquenta e cinco centavos) e Taxa Interna de Retorno (TIR) de 29,70% a.a.

A leitura consolidada dos resultados mostrou que embora a análise de viabilidade econômica tenha apresentado resultados positivos, as barreiras interferem diretamente na viabilidade do projeto, sendo necessário que as possíveis causas (barreiras) que podem resultar no efeito indesejado de inviabilidade de instalação desse sistema, conforme apresentado na Diagrama de Ishikawa, figura 26, sejam bem analisadas pelos gestores, uma por uma, de forma a mitigá-las ou, se possível, eliminá-las. Esse projeto tem grandes possibilidades de sucesso, porém sua sustentabilidade está diretamente ligada à busca de soluções para as barreiras identificadas, especialmente, àquelas que dependem diretamente de ações administrativas da UFMT, as denominadas barreiras internas, como pode ser observado na análise SWOT, na figura 25. Recomenda-se que a UFMT utilize seus pontos fortes (facilitadores internos) para otimizar o processo e identificar ações corretivas que podem ser aplicadas para solucionar as barreiras encontradas.

Ressalta-se que as melhores oportunidades podem vir de respostas encontradas para solucionar as barreiras e otimizar os facilitadores do processo de instalação de um Sistema Fotovoltaico

Conectado à Rede (SFCR), como produção e divulgação de novos conhecimentos na área; novas políticas de regulamentação e incentivos fiscais para produção brasileira de placas solares; fomento do mercado interno; redução do custo final dos produtos; geração de novos empregos e rendas; conscientização da população para a sustentabilidade ambiental do uso de fontes alternativas renováveis e limpas de energia. Com essa visão sistêmica, tendo em vista que economicamente o projeto se mostrou viável, entende-se que as barreiras encontradas podem ser transformadas em novas oportunidades, tanto no cenário interno da UFMT quanto externo (mercado, Governo, pesquisadores, sociedade, entre outros). Nesse sentido, é de suma importância o papel dos pesquisadores para aprofundar cada uma das barreiras identificadas e suas possíveis soluções. Trata-se de um processo de melhoria contínua dos processos e conhecimentos hoje disponibilizados para esse tipo de sistema.

## 5.2 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

No que concerne às limitações típicas desta pesquisa, enfatizou-se o processo de aproveitamento de uma fonte específica de energia com foco somente no Sistema Solar Fotovoltaico, ou seja, absorção da radiação solar para sua conversão direta em energia elétrica. Restringiu-se ao estudo de uma determinada região de Cuiabá-MT, especificadamente o Campus da UFMT, fazendo com que os dados e a interpretação dos resultados sejam intrínsecos de um comportamento local. O trabalho teve por objetivo analisar a viabilidade econômica de implantação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede na UFMT, não sendo implementada a solução proposta, nem mesmo experimentalmente, ficando sua aplicabilidade como recomendação para estudos futuros.

## 5.3 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Os resultados descritos trazem contribuições relevantes para o meio acadêmico, institucional e empresarial que ainda carecem de novos estudos sobre esta temática. Esta pesquisa traz como grande diferencial em relação às obras consultadas o fato de integrar a identificação das barreiras e facilitadores e a análise de viabilidade econômica para facilitar o processo decisório dos gestores do Campus Cuiabá da UFMT no que tange à viabilidade do projeto de implantação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR). O passo a passo fornecido pela pesquisa pode ser replicado por outras organizações e pesquisadores, principalmente, por Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) que apresentam uma estrutura administrativa e financeira similar.

Sob a ótica acadêmica, o trabalho permitiu levantar as barreiras e facilitadores que impactam nos cenários de análise de viabilidade econômica de implantação de um sistema fotovoltaico (FV) nas Instituições Federais de Ensino Superior (IFES), de modo a ampliar os conhecimentos científicos sobre o tema e facilitar futuras pesquisas em novos contextos organizacionais. Para o ambiente institucional as contribuições repousam no fato dos resultados poderem dar suporte, juntamente com outros projetos do órgão, ao processo decisório de instalação de sistemas fotovoltaicos na UFMT. Por outro lado, os resultados ajudam as empresas do setor a entenderem as necessidades, barreiras e facilitadores intrínsecos de um potencial consumidor específico, que neste caso é a UFMT, que requer soluções alternativas para reverter o seu quadro de elevado consumo de energia elétrica. Para a sociedade, este estudo visa contribuir com a conscientização do tema sustentabilidade ambiental. Por fim, futuras pesquisas podem se embasar no presente estudo e trazer grandes contribuições a sociedade, sugestões não faltam:

- Buscar soluções para cada uma das barreiras levantadas e formas de potencializar os aspectos facilitadores de maneira a garantir um melhor aproveitamento das oportunidades provenientes do uso de fontes alternativas de energia solar;
- Realizar análise de viabilidade técnica, econômica e financeira de implantação de sistemas fotovoltaicos em outras instituições públicas e privadas, inclusive, considerando que cada unidade consumidora possui suas peculiaridades, recomenda-se que este estudo seja replicado aos demais campi da UFMT;
- Estudar sobre a viabilidade técnica e econômica de acréscimo de demanda contratada junto à concessionária de distribuição de energia elétrica, visando analisar o custo-benefício desse projeto de ampliação de demanda em relação ao aumento da possibilidade de geração fotovoltaica versus a necessidade de investimento em adaptação da subestação (transformador, cabo, disjuntor, TC, TP, entre outros);
- Realizar estudos sobre eficiência energética e práticas sustentáveis, que possam ser usadas pelas Instituições Federais de Ensino Superior, concomitante, às energias alternativas;
- Efetivar análise aprofundada de sustentabilidade ambiental e social, mostrando possíveis impactos, sejam eles positivos ou negativos, que podem vir a ser causados durante a vida útil de um sistema fotovoltaico, verificando desde o processo fabril dos

componentes fotovoltaicos até as formas de descartes ou reutilização dos equipamentos e demais materiais usados nesse tipo de projeto.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. *et al.* Energia solar fotovoltaica: revisão bibliográfica. **Engenharias On-line**, v. 1, n. 2 (2015), p. 21-33, mar. 2016.

ARABKOOHSAR, A. *et al.* Energy consumption minimization in an innovative hybrid power production station by employing FV and evacuated tube collector solar thermal systems. **Renewable Energy**, v. 93, p. 424-441, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA. **Propostas para inserção da energia solar FV na matriz elétrica brasileira**. Estudo do Grupo Setorial de Sistemas Fotovoltaicos da Abinee, elaborado pela equipe da LCA Consultores e PSR Soluções e Consultoria em Energia. Brasília: ABINEE, 2012. 176 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Bolsonaro lança programa de incentivo “Pró-Sol”**. São Paulo: Portal Energia/ ABSOLAR, 2020. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/bolsonaro-lanca-programa-de-incentivo-pro-sol/>. Acesso em: 01 mar. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Entenda como funciona a energia solar fotovoltaica**. São Paulo: ABSOLAR, 2022. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/o-que-e-energia-solar-fv/>. Acesso em: 15 jan. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Panorama da solar fotovoltaica no Brasil e no mundo**. São Paulo: ABSOLAR, 2022. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acesso em: 05 de mar. 2022.

ÁVILA, L. V. *et al.* Barreiras, potencialidades e ações para implementação da energia sustentável em universidades públicas brasileiras. **XX ENGEMA**. São Paulo: FEA/USP, 2018.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Taxas de juros básicas – Histórico**. Brasília, DF: BCB, 2022. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros>. Acesso em: 22 mar. 2022.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Consulta a fornecedores e produtos credenciados**. Brasília: BNDS, 2022. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/servicos-online/credenciamento-de-equipamentos/consulta-fornecedores-produtos-credenciados>. Acesso em: 05 de mar. 2022.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011, 229 p.

BLUE SOL. **Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (On-grid): o Guia 100% Completo**. São Paulo: BLUE SOL, c2022. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/sistema-fotovoltaico-conectado-a-rede-on-grid/>. Acesso em: 02 mar. 2022.

BONA, A. **Conheça os métodos de análise de investimentos**. 2016. Disponível em: <https://andrebona.com.br/analise-de-investimentos/>. Acesso em: 22 abr. 2021.

BOTELHO, M. P. **Análise de projeto de eficiência energética em instituição do segmento de educação**. 2018. 130 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia de Produção) – Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 2ª ed. Brasília, DF: ANEEL, 2005. 243 p.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa ANEEL N° 482, de 17 de abril 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 de abr. de 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa ANEEL n° 687, de 24 de novembro 2015. Altera a Resolução Normativa ANEEL 482, de 17.04.2012, e aprova a revisão 6 do Módulo 3 e a revisão 8 do Módulo 1, do Procedimentos de Distribuição - PRODIST, a partir de 01.03.2016. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 01 de mar. de 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Tarifas Consumidores**. Brasília, DF: ANEEL/SGT, 2016. Disponível em: [https://www.aneel.gov.br/tarifas-consumidores/-/asset\\_publisher/zNaRBjCLDgbE/content/alta-tensao/654800?inheritRedirect=false](https://www.aneel.gov.br/tarifas-consumidores/-/asset_publisher/zNaRBjCLDgbE/content/alta-tensao/654800?inheritRedirect=false). Acesso em 02 mar. 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução. **Chamada de P&D incentiva minigeração em Instituições Públicas de Ensino Superior**. Brasília, DF: ANEEL, 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução. **Nota Técnica n° 0056/2017-SRD/ANEEL**. Atualização das projeções de consumidores residenciais e comerciais com microgeração solar fotovoltaicos no horizonte 2017-2024. Brasília, DF: ANEEL, 2017.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Homologatória n.º 2.856, de 22 abr. 2021. Homologa o resultado do Reajuste Tarifário Anual de 2021, as Tarifas de Energia – TE e as Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD referentes à Energisa Mato Grosso - Distribuidora de Energia S.A. - EMT, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 abr. 2021.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Geração Distribuída**. Brasília, DF: ANEEL: 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>. Acesso em: 05 mar. 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Luz na tarifa**. Brasília, DF: ANEEL, 2022. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/luz-na-tarifa>. Acesso em: 22 fev. 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Agenda Regulatória 2022-2023**. Brasília, DF: ANEEL/GDG: 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br>. Acesso em: 27 fev.2022.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IPCA - Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo**. IBGE, 2022. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e->

custos/9256-indice-nacional-de-precos-ao-consumidor-amplio.html?=&t=resultados. Acesso em: 22 mar. 2022.

BRASIL. Lei nº 14.300, de 6 de jan. de 2022. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); altera as Leis nºs 10.848, de 15 de mar. de 2004, e 9.427, de 26 de dez. de 1996; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 07 de jan. de 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Educação Tecnológica. **Instituto economiza R\$ 85,8 mil em contas de energia elétrica**. MEC/IFRN, 2015. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/ultimas-noticias/209-564834057/21070-instituto-economiza-r-858-mil-em-contas-de-energia-eletrica>. Acesso em: 27 nov. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. Trilhas da Educação. **Árvore solar produz energia em Campus de universidade cearense**. MEC, 2017. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/busca-geral/212-noticias/educacao-superior-1690610854/46081>. Acesso em: 27 nov. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **MEC institucionaliza programa de eficiência energética na Rede Federal**. Brasília, DF: MEC/ EnergIF, 2022. Disponível em: <http://energif.mec.gov.br/noticias/638-mec-institucionaliza-programa-de-eficiencia-energetica-na-rede-federal>. Acesso em: 03 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. **Diretrizes para a vigilância do câncer relacionado ao trabalho**. 2 ed. Rio de Janeiro: MS/INCA, 2013.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2030**. Rio de Janeiro: EPE, 2007. 408 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Nota Técnica DEA 19/14**. Inserção da geração FV distribuída no Brasil-condicionantes e impactos. Rio de Janeiro: EPE, 2014. 60 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Fontes**. Rio de Janeiro: EPE, 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/areas-de-atuacao/energia-eletrica/expansao-da-geracao/fontes>. Acesso em: 22 fev. 2022.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Setor elétrico brasileiro alcança recordes históricos e conquistas em 2021**. Brasília: MME, 2022. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/energia-agora/balanco-de-energia>. Acesso em: 05 de mar. 2022.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Painel de Preços**. São Paulo: CCEE, 2022. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/precos/painel-precos>. Acesso em: 05 de mar. 2022.

CASTRO, N. *et al.* **Perspectivas e Desafios da Difusão da Micro e da Mini Geração Solar Fotovoltaica no Brasil**. Rio de Janeiro: Publit, 2016. 46 p.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. **Energia Solar Princípios e Aplicações**. Rio de Janeiro: CRESESB/CEPEL, 2006, 28 p.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. Potencial Solar - **SunData v 3.0**. CRESESB, 2018. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>. Acesso em: 21 nov. 2021.

CHIARINI, T.; VIEIRA, K. P. Universidades como produtoras de conhecimento para o desenvolvimento econômico: sistema superior de ensino e as políticas de CT&I. **Revista Brasileira de Economia**, v. 66, n. 1, p. 117-132, 2012.

CINTRÃO, R. B. **Barreira ao Uso e Instalação de Sistemas Fotovoltaicos Descentralizados na Capital de São Paulo**. 2014. 69 p. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Gestão Ambiental e Negócios no Setor Energético, Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

COBO, A.; JULIATE, M. **Consulta Pública sobre implementação de energia solar em órgãos públicos do Estado acontece nesta segunda-feira, 21**. Folha do Tocantins. Tocantins, fev., 2022. Disponível em: <https://folhadotocantins.com.br/consulta-publica-sobre-implementacao-de-energia-solar-em-orgaos-publicos-do-estado-acontece-nesta-segunda-feira-21/>. Acesso em: 27 fev. 2022.

CONCEIÇÃO, L. A. **Proposta de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede para Eficientização do Uso da Energia Elétrica no CT/UFRJ**. 2011. 63 p. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Departamento de Energia Elétrica, escola Politécnica, Universidade Federal do rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

CORRÊA, D. P. **Estudo do aproveitamento da radiação solar captada por painéis fotovoltaicos como geração de energia elétrica em edificações no município de Cuiabá-MT**. 2013. 163 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

CORTELETI, G. M.; SANTOS, A. C. Análise de viabilidade econômica para implantação de sistema fotovoltaico residencial na região de Vila Velha–ES. **Revista Produção Online**, v. 21, n. 2, pág. 415-436, 2021.

CRESWELL, J. W.; CLARK, V. L. P. **Pesquisa de métodos mistos**. 2. ed. Porto Alegre: Penso, 2013. 276 p.

DANTAS, D. R. **O Papel do Estado na promoção do Desenvolvimento Nacional: a utilização do instrumento do planejamento na expansão da oferta energética**. 2011. 185 p. Dissertação (Mestrado em Constituição e Garantias de Direitos) – Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

FLICK, U. **Uma introdução à pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

ECO A ENERGIAS. Os maiores fabricantes de placas solares atuantes no mercado Brasileiro. Santa Catarina: Administrador, 2019. Disponível em: <https://www.ecoaenergias.com.br/os-maiores-fabricantes-de-placas-solares-atuantes-no-mercado-brasileiro/>. Acesso em: 02 mar. 2022.

ENERGISA JUNTOS. **Escolas e universidades recebem investimentos do Programa de Eficiência Energética da Energisa.** [S.l.]: Energisa Juntos, 2021. Disponível em: <https://www.energisajuntos.com.br/escolas-e-universidades-recebem-investimentos-do-programa-de-eficiencia-energetica-da-energisa/#:~:text=Oito%20institui%C3%A7%C3%B5es%20de%20ensino%20est%C3%A3o,do%20Sul%20e%20Minas%20Gerais>. Acesso em: 02 mar. 2022.

ENERGISA. **Índice de Reajuste – 2018 a 2021.** Cuiabá: Energisa, 2021. Disponível em: <https://www.energisa.com.br/Documents/pdfs/EMT%20-%20C3%8Dndices%20de%20Reajuste%20-%202018%20a%202021.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2021.

FERREIRA, A. *et al.* Economic overview of the use and production of photovoltaic solar energy in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p. 181-191, 2018.

FREIRE, P. **Proposta de revisão da norma NBR 16690: aterramento de usinas fotovoltaicas.** Campinas, SP: Canal Solar, 2021. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/proposta-de-revisao-da-norma-nbr16690-aterramento-de-usinas-fotovoltaicas/>. Acesso em: 01 mar. 2022.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4 ed. 175 p. São Paulo: Atlas, 2009.

GUERRA, J. B. S. O. A.; YOUSSEF, Y. A. (Org.). **As energias renováveis no Brasil: entre o mercado e a universidade.** Palhoça: Editora Unisul, 2011. 232 p.

ISHII, T.; MASUDA, A. Annual degradation rates of recent crystalline silicon photovoltaic modules. **Progress In Photovoltaics: Research and Applications**, v. 25, n. 12, p. 953-967, 2017.

JANNUZZI, G. D. M. (Coord.). Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica no Brasil: panorama da atual legislação. **International Energy Initiative para an América Latina (IEI-LA) e Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).** Campinas: PROCOBRE, 2009.

KANNAN, N.; VAKEESAN, D. Solar energy for future world:-A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 62, p. 1092-1105, 2016.

KNOPKI, R. H.; SCHEIDT, P. Energia Solar Fotovoltaica para redução de custo em Instituições de Ensino. Boas práticas dos Institutos Federais e orientações para Gestores da Rede Pública. **Profissionais para Energias do Futuro II.** Brasília: SETEC/MEC; MME; GIZ, 2019.

KOMOR, P.; BAZILIAN, M. Renewable energy policy goals, programs, and technologies. **Energy Policy**, v. 33, n. 14, p. 1873-1881, 2005.

KONZEN, G. **Difusão de sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede no Brasil: uma simulação via modelo de Bass.** 2014. 108 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.

KRAUSS, K.; FERTIG, F.; MENZEL, D.; REIN, S. Light-induced degradation of silicon solar cells with aluminium oxide passivated rear side. **Energy Procedia**, v. 77, p. 599-606, 2015.

LANDEIRA, J. L. F. **Análise técnico-econômica sobre a viabilidade de implantação de sistemas de geração fotovoltaica distribuída no Brasil.** 2013. 135 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

MASILI, G. (Coord.). **Boletim Mensal de Energia, agosto de 2021.** Brasília, DF: DIE/SPE/MME, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/1BoletimMensaldeEnergiaAgosto2021Portugus.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2022.

LEE, J. *et al.* Economic feasibility of Campus-wide photovoltaic systems in New England. **Renewable Energy**, v. 99, p. 452-464, 2016.

LEITÃO, R. J. **Análise energética comparativa entre sistemas de condicionamento de ar com utilização de energia solar: estudo de caso para o edifício do bloco G do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.** 2014. 89 p. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

LISITA JÚNIOR, O. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede: estudo de caso–3kWp instalados no estacionamento do IEE–USP.** 2005. 80 p. Dissertação (Mestrado em Energia) – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

MANJU, S.; SAGAR, N. Progressing towards the development of sustainable energy: A critical review on the current status, applications, developmental barriers and prospects of solar photovoltaic systems in India. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 70, p. 298-313, 2017.

MICROSOFT® EXCEL®. **Versão 2202 Build 16.0.14931.20008.** 2019 MSO. 64 bits.

MIRANDA, R. F. C.; SZKLO, A.; SCHAEFFER, R. Technical-economic potential of FV systems on Brazilian rooftops. **Renewable Energy**, v. 75, p. 694-713, 2015.

MULTITECH ECOSYSTEMS. **Sistema fotovoltaico conectado à rede (on grid).** Santo André: Multitech Ecosystems, 2018. Disponível em: <https://multitechecosystems.com.br/sistema-fotovoltaico-conectados-a-rede-on-grid/>. Acesso em: 05 de mar. 2022.

NASSA *et al.* **Maior fábrica de energia solar do País é inaugurada no interior de São Paulo.** São Paulo: Portal Solar, 2017. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar>. Acesso em: 02 mar. 2022.

NASSA *et al.* **Brasil já tem 900 projetos de geração solar em órgãos públicos, diz ministro de Minas e Energia.** Brasília, DF: Portal Solar, 2020. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/brasil-ja-tem-900-projetos-de-geracao-solar-em-orgaos-publicos-diz-ministro-de-minas-e-energia.html>. Acesso em: 01 mar. 2022.

OLIVEIRA, E. **Ciência e tecnologia acabaram:** em 11 anos, orçamento do MEC para as universidades federais cai 37%. São Paulo: G1, 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/educacao/noticia/2021/05/12/ciencia-e-tecnologia-acabaram-em-11-anos-orcamento-do-mec-para-as-universidades-federais-cai-37percent.ghtml>. Acesso em: 25 fev. 2022.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Balanco de Energia.** Rio de Janeiro: ONS, 2022. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/energia-agora/balanco-de-energia>. Acesso em: 05 de mar. 2022.

OPPERMANN, R. V. **O uso da energia solar pode reduzir o maior gasto das universidades.** Porto Alegre: Gauchazh, 2019. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/opinioao/noticia/2019/10/rui-vicente-oppermann-o-uso-da-energia-solar-pode-reduzir-o-maior-gasto-das-universidades-ck1s6le94069101r29mqtv49d.html>. Acesso em: 23 fev. 2022.

PEREIRA, E. B. *et al.* (Coord.). **Atlas Brasileiro de Energia Solar.** 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 88 p.

PÉREZ-NAVARRO, A. *et al.* Experimental verification of hybrid renewable systems as feasible energy sources. **Renewable Energy**, v. 86, p. 384-391, 2016.

PERONDI, M. **Análise de viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede em um prédio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.** 2019, 38 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

PORTAL SOLAR. **Energia Solar Fotovoltaica: Impactos Ambientais.** São Paulo: Portal Solar, c2014-2022. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-fotovoltaica-impactos-ambientais>. Acesso em: 01 mar. 2022.

PORTAL SOLAR. **Geração distribuída de energia (GD).** São Paulo: Portal Solar, c2014-2022. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/geracao-distribuida-de-energia.html>. Acesso em: 02 mar. 2022.

PORTAL SOLAR. **Tudo sobre a Eficiência do Painel Solar.** São Paulo: Portal Solar, c2014-2022. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/tudo-sobre-a-eficiencia-do-painel-solar.html>. Acesso em: 14 nov. 2021.

PROJETEEE. **Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR ou On-Grid).** Santa Catarina: MME/UFSC/ LabEEE/Calebe Design/Creato, c2022). Disponível em: <http://www.mme.gov.br/projeteee/equipamento/sistema-fotovoltaico-conectado-a-rede-sfcr-ou-on->



SAUAIA, R. **Energia solar: por que não aproveitar?** Correio Braziliense, 2021. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/opiniaio/2021/08/4942640-artigo-energia-solar---por-que-nao-aproveitar>. Acesso em: 22 fev. 2022.

SCHERER, L. A. *et al.* Fonte Alternativa de Energia: energia solar. **XX Seminário Interinstitucional de ensino, pesquisa e extensão**. Cruz Alta: UNICRUZ, 2015.

SCHOENHERR, R. P.; CAMPOS, S. G. O.; MOREIRA, V. P. (Org.). **Relatório de gestão do ano de 2017**. Cuiabá: UFMT, 2018. 234 p.

SILVA, E. J. D. *et al.* O uso de energia elétrica nas Universidades Federais Brasileiras, sob o enfoque do Plano de Gestão de Logística Sustentável. **Ciência e Natura**. Santa Maria, v. 41, n. 8, p. 01 – 17, jul. 2019.

SILVA, R. M. **Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas, CONLEG, Senado, fevereiro, 2015 (Texto para Discussão nº 166). Disponível em: [www.senado.leg.br/estudos](http://www.senado.leg.br/estudos). Acesso em: 15 fev. 2016.

SOUZA, R. C. R.; DERZI, S. R.; CORREIA, J. C. Barreiras e facilitadores para a produção e difusão de tecnologias de energias renováveis na Região Amazônica. **Revista Brasileira de Energia**, v. 10, n. 1, p. 99-115, 2004.

TEIXEIRA, R. R. D. L. **Diagnóstico da demanda e procedimentos de aquisição e suprimento de bens de consumo para melhoria do gasto em universidade pública**. 2016. 161 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia de Produção) – Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

TESTON, S. A. **Utilização da energia solar no Campus sede da Universidade Federal da Fronteira Sul**. 2011. 84 p. Monografia (Especialização) - Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Formas Alternativas de Energia, Universidade Federal de Lavras, 2011.

TORRES, R.C. **Energia solar fotovoltaica como alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO. Secretaria de Tecnologia da Informação. Localização. Disponível em: <https://www.ufmt.br/secretaria/sti/pagina/contato/594>. Acesso em: 22 jan. 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO. **Relatório de gestão e prestação de contas da Universidade Federal de Mato Grosso, ano 2018**. Cuiabá: CGO/PROPLAN/UFMT, 2018. 137 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO. **Relatório de gestão e prestação de contas da Universidade Federal de Mato Grosso, ano 2019**. Cuiabá: CGO/PROPLAN/UFMT, 2019. 146 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO. **Relatório de gestão e prestação de contas da Universidade Federal de Mato Grosso, ano 2020**. Cuiabá: CGO/PROPLAN/UFMT, 2020. 173 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO. **UFMT tem primeiro sistema de geração fotovoltaica**. Cuiabá: SECOMM/UFMT, 2021. Disponível em: <https://www.ufmt.br/noticias/ufmt-tem-primeiro-sistema-de-geracao-fotovoltaica-1623443882>. Acesso em: 27 fev. 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO. **Visão de Futuro**. Disponível em: <https://www.ufmt.br/pagina/visao-de-futuro/1031>. Acessado em: 26 jun. 2021.

VELOSO *et al.* **Plano de Desenvolvimento Institucional 2019-2023**. Cuiabá: UFMT, 2019. 203 p.

WILTGEN, J. **Como ficam os seus investimentos em renda fixa com a Selic em 11,75%**. São Paulo: Seu Dinheiro, 2022. Disponível em: <https://www.seudinheiro.com/2022/renda-fixa/como-ficam-os-seus-investimentos-em-renda-fixa-com-a-selic-em-1175-julw/>. Acesso em: 22 mar. 2022.

WIKIPÉDIA. **Universidade Federal de Mato Grosso**. 2021. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Universidade\\_Federal\\_de\\_Mato\\_Grosso](https://pt.wikipedia.org/wiki/Universidade_Federal_de_Mato_Grosso). Acesso em: 07 jan. 2022.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3 ed., Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZANELLI, J. C. Pesquisa qualitativa em estudos da gestão de pessoas. **Estudos da Psicologia**, n. 7, 2002, p.79-88.

## APÊNDICE A - Perfil dos Entrevistados

Entrevistado	Entidade	Tempo de serviço	Formação	Função	Know-how sobre sistema solar fotovoltaico			Interesse em adotar fontes de energias renováveis			Data da entrevista 2017	Local da entrevista	Duração da entrevista Aprox.
					Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto			
A	UFMT	4 anos	Engenheiro Eletricista	Coordenador de Manutenção		X			X		04/09	SINFRA/UFMT	1h30min
B	CRA	18 anos	Administrador	Gerente de Fiscalização		X			X		05/09	CRA/MT	1h30min
C	UFMT	38 anos	Administrador	Técnico Administrativo		X			X		05/09	FACC/UFMT	1h30min
D	HS Solar	6 meses	Engenheiro Eletricista	Projetista e Instalador de Sistemas Fotovoltaicos			X		X		06/09	HS SOLAR	1h30min
E	UFMT	33 anos	Engenheiro Eletricista	Vice coordenador NIEPE			X		X		06/09	NIEPE/UFMT	1h30min
F	UFMT	8 anos	Engenheiro Eletricista	Vice-reitor da UFMT			X		X		06/09	VICE-REITORIA/UFMT	1h30min
G	Energia Solar Cuiabá	4 anos	Engenheiro Eletricista	Empresário – ramo de instalação e manutenção elétrica			X		X		08/09	TELEFONE	1h30min
H	UFMT	1 ano	Engenheiro Eletricista	Professor			X		X		08/09	FAET/UFMT	1h30min
I	UFMT	34 anos	Engenheiro Eletricista	Coordenador do Mestrado em Engenharia de Edificações e Ambiental			X		X		11/09	FAET/UFMT	1h30min
J	UFMT	3 anos	Engenheiro Eletricista	Mestrando em Engenharia de Edificações e Ambiental		X			X		11/09	FAET/UFMT	1h30min
K	UFMT	6 anos	Engenheiro Eletricista	Professor				X	X		12/09	WHATSAPP/EMAIL	1h30min

Fonte: elaborado pela autora.

**APÊNDICE B - Roteiro de Entrevista Semiestruturada**

**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E**  
**INOVAÇÃO**

**ENTREVISTADO:** A( ) B( ) C( ) D( ) E( ) F( ) G( ) H( ) I( ) J( ) K( )

**DADOS GERAIS DA ENTREVISTA**

**Data:** \_\_\_\_/09/2017

**Cidade:** Cuiabá-MT

**Entrevistado:** ( ) UFMT ( ) EMPRESA

**DADOS GERAIS DA ENTREVISTADORA**

**Frankysia Faria da Silva**

**Formação:** bacharel em Administração pela UFMT, pós-graduada em Direito Tributário pelo ICAP, *MBA* em Controladoria, Auditoria e Finanças pela FGV.

A presente pesquisa faz parte do trabalho que será submetido ao programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Inovação, ofertado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por meio do convênio UFRGS-DEPROT/IBG, como requisito parcial à obtenção de título de Mestre, modalidade Profissional.

**DADOS DA PESQUISA**

**Título do trabalho:** análise de viabilidade econômico-financeira de sistema de aproveitamento da energia solar para geração de eletricidade: caso UFMT

**Objetivo geral:** analisar a viabilidade econômica de implantação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) na UFMT, Campus Cuiabá-MT.

## **BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO**

Conforme proferido na Resolução Normativa Nº 482, de 17 abr. 2012, que regulamenta a geração de energia por meio de placas solares fotovoltaicas (FV), pela grande diversidade de recursos e pela sua considerável extensão territorial, o Brasil é detentor de distintas possibilidades para ampliar sua matriz energética por meio de fontes renováveis (ANEEL, 2012). Entretanto ainda existem grandes desafios para o uso destas fontes no país, como pode-se mencionar a falta de incentivo e investimento por parte do Governo e a ausência de competitividade do custo das energias renováveis (GUERRA; YOUSSEF, 2011).

Desse modo, as questões que compõem o presente roteiro de entrevista foram formuladas de forma a levantar as barreiras e facilitadores que, juntamente com a análise de viabilidade econômica, podem impactar na decisão de implantação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) na UFMT, Campus Cuiabá. Para tanto, as perguntas foram divididas em seis blocos: questões gerais; econômico-financeiro; técnico; político; social; e ambiental. Cada bloco é composto por cinco questões abertas, sendo que ao final da entrevista será dada oportunidade para que o entrevistado discorra livremente sobre o tema pesquisado, visando agregar valor à pesquisa frente aos conhecimentos reservados à cada participante.

Vamos às questões! Você tem total liberdade para responde-las conforme seu entendimento e tempo que achar necessário.

## **BLOCO I – QUESTÕES GERAIS**

**QUESTÃO 1** – De acordo com seu entendimento, qual a importância da adoção de medidas energéticas advindas de fontes renováveis nas Instituições Federais de Ensino Superior (IFES)?

**QUESTÃO 2** – Conforme sua opinião, qual o papel das IFES no processo de disseminação do uso de fontes renováveis?

**QUESTÃO 3** – Na sua percepção, em se tratando de fontes renováveis, quais as barreiras poderiam dificultar o processo de adoção de medidas de eficiência energética em uma IFES?

**QUESTÃO 4** – E quanto aos aspectos facilitadores para adoção de fontes renováveis pelas IES, quais podem ser visualizados?

**QUESTÃO 5** – Verse ainda sobre as barreiras e facilitadores que pontuarei a seguir.

## **BLOCO II – ECONÔMICO-FINANCEIRO**

**QUESTÃO 1** – Segundo sua apreciação, o sistema fotovoltaico poderia ser adotado pela UFMT como uma alternativa de energia renovável para minimizar seus altos custos com energia elétrica?

**QUESTÃO 2** – Na sua opinião, quais as maiores barreiras relativas aos aspectos econômico-financeiro que podem inviabilizar a instalação de sistema solar fotovoltaico na UFMT?

**QUESTÃO 3** – Na sua convicção, quais são as vantagens econômico-financeiras resultantes da possível instalação de painéis solares nos edifícios da UFMT?

**QUESTÃO 4** – Segundo seus conhecimentos, o prazo de retorno dos investimentos é satisfatório ou ainda precisa ser reduzido? Comente a respeito.

**QUESTÃO 5** - Reflita sobre o aspecto econômico-financeiro englobando na discussão todas as fases do sistema fotovoltaico, ou seja: aquisição dessa tecnologia, implantação dessa tecnologia, uso dessa tecnologia, manutenção e fim da vida útil desse sistema.

## **BLOCO III – TÉCNICO**

**QUESTÃO 1** – O Campus da UFMT de Cuiabá possui uma área extensa, com muito espaço nos telhados de seus edifícios, esse fato pode ser considerado um ponto positivo para instalação de painéis fotovoltaicos? Aproveite para discorrer sobre os aspectos técnicos que podem influenciar positivamente na adoção de módulos fotovoltaicos?

**QUESTÃO 2** – A falta de conhecimento técnico sobre o sistema fotovoltaico pode ser considerada uma barreira à sua utilização? Quais as maiores barreiras técnicas a UFMT pode se deparar durante a vida útil das placas FV, caso opte pela instalação destas em seus edifícios?

**QUESTÃO 3** – Atualmente, em se tratando dos sistemas solares conectados à rede elétrica, pode-se dizer que estas redes estão preparadas para acoplar esse sistema de geração de eletricidade?

**QUESTÃO 4** – A UFMT sofre frequentemente com sobrecarga na sua rede elétrica que resulta em alguns apagões, situação que requer soluções alternativas. Por outro lado, sabe-se que o sistema fotovoltaico de geração de eletricidade pode apresentar diversas alterações de potência

em períodos curtos de prazo. Nesse sentido, pode haver prejuízos ao consumidor quanto a qualidade do fornecimento de energia elétrica? Este sistema pode ser uma alternativa segura para a UFMT usufruir? Discorra sobre a intermitência da geração solar FV e como dirimir os riscos.

**QUESTÃO 5** - Reflita sobre o aspecto técnico englobando na discussão todas as fases do sistema fotovoltaico, ou seja: aquisição dessa tecnologia, implantação dessa tecnologia, uso dessa tecnologia, manutenção e fim da vida útil desse sistema.

#### **BLOCO IV – POLÍTICO**

**QUESTÃO 1** – Pondere o papel dos órgãos reguladores para o desempenho dos sistemas fotovoltaicos. O Governo tem atuado significativamente nesse sentido? E no que diz respeito as aquisições públicas (processo licitatório), já existe alguma regulamentação específica?

**QUESTÃO 2** – Como as concessionárias de energia elétrica tem atuado frente ao despertar, mesmo que incipiente, da sociedade para o uso de fontes alternativas renováveis? Quais têm sido as suas maiores exigências para o uso compartilhado das suas redes de transmissão elétrica com o sistema fotovoltaico?

**QUESTÃO 3** – Mencione os principais impostos que incidem sobre o sistema fotovoltaico de geração de eletricidade e argumente: quais as consequências diretas e indiretas dessa carga tributária para o crescimento da demanda desta fonte?

**QUESTÃO 4** – Fale sobre os subsídios e benefícios oferecidos pelo Governo para utilização destas fontes alternativas de energia solar. Conclua dizendo se os incentivos ofertados são satisfatórios e se as universidades federais possuem alguma vantagem ou isenção específica.

**QUESTÃO 5** - Reflita sobre o aspecto político englobando na discussão todas as fases do sistema fotovoltaico, ou seja: aquisição dessa tecnologia, implantação dessa tecnologia, uso dessa tecnologia, manutenção e fim da vida útil desse sistema.

#### **BLOCO V – SOCIAL**

**QUESTÃO 1** – Fale um pouco sobre as oportunidades que o uso de sistemas fotovoltaicos pode trazer para a sociedade. Na sua visão, como essas oportunidades podem ser estendidas para o contexto da comunidade universitária da UFMT?

**QUESTÃO 2** – No seu discernimento, no que tange as características de funcionamento desse tipo de sistema, a falta de informações por parte da população regional, inclusive dentro da

esfera administrativa da UFMT, pode ser considerada uma barreira para sua implantação? Justifique.

**QUESTÃO 3** – Outras barreiras sociais podem dificultar o processo decisório de instalação de sistema solar fotovoltaico na UFMT? Se for o caso, cite algumas dessas barreiras.

**QUESTÃO 4** – Sabe-se que as universidades desempenham papel importante na formação de profissionais de diversas áreas e no processo de pesquisa e desenvolvimento de projetos. Na sua opinião, como a UFMT poderia contribuir de forma mais eficiente e eficaz para o desenvolvimento regional do sistema fotovoltaico e ao mesmo tempo proporcionar benefícios à sociedade?

**QUESTÃO 5** - Reflita sobre o aspecto social englobando na discussão todas as fases do sistema fotovoltaico, ou seja: aquisição dessa tecnologia, implantação dessa tecnologia, uso dessa tecnologia, manutenção e fim da vida desse sistema.

## **BLOCO VI – AMBIENTAL**

**QUESTÃO 1** – O clima característico da cidade de Cuiabá pode ser considerado um ponto positivo para implantação de sistema solar fotovoltaico na UFMT?

**QUESTÃO 2** – A fabricação dos componentes do sistema fotovoltaico é realizada de forma sustentável? E a sua utilização é livre de emissões de poluentes?

**QUESTÃO 3** – A UFMT tem responsabilidade quanto ao descarte correto de todos os seus resíduos sólidos. Saberria dizer como é feito o descarte dos componentes do sistema fotovoltaico após sua vida útil?

**QUESTÃO 4** – No quesito ambiental, quais as barreiras e os benefícios podem ser identificados para a implantação de sistema solar fotovoltaico pela UFMT?

**QUESTÃO 5** - Reflita sobre o aspecto ambiental englobando na discussão todas as fases do sistema fotovoltaico, ou seja: aquisição dessa tecnologia, implantação dessa tecnologia, uso dessa tecnologia, manutenção e fim da vida desse sistema.

**PROPOSTA FINAL:** com foco especial nas barreiras e facilitadores que impactam a análise de viabilidade econômica de implantação de um sistema de energia solar fotovoltaico nas Instituições Federais de Ensino Superior (IFES), discorra livremente sobre o tema pesquisado, pontuando aspectos relevantes. E se possível, forneça sugestões para solucionar as barreiras levantadas e melhorar o processo de aproveitamento dos aspectos facilitadores.

Agradeço sua participação! E me coloco à disposição para maiores esclarecimentos e compartilhamento de informações. Sua contribuição é de grande valia para o alcance do objetivo de pesquisa traçado. Sinta-se à vontade para dar novas sugestões ou mesmo para realizar críticas construtivas. Espero poder compartilhar bons resultados finais com todos os participantes desta pesquisa.

Obrigada! Tenha um excelente dia!

**APÊNDICE C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido****ESCOLA DE ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E  
INOVAÇÃO**

**PESQUISADORA:** Frankysia Faria da Silva

**ORIENTADORA:** Istefani Carísio de Paula, Dra.

**TEMA GERAL DA PESQUISA:** eficiência energética advinda do uso de fontes alternativas para geração de eletricidade nas Instituições Federais de Ensino Superior (IFES).

**NATUREZA DA PESQUISA:** você está sendo convidado a participar desta pesquisa de abordagem qualitativa que tem como objetivo geral analisar a viabilidade econômica de implantação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) na UFMT, Campus Cuiabá-MT. Para alcançar o supracitado objetivo principal foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: identificar as barreiras e os facilitadores do processo de implantação de um SFCR na UFMT, Campus Cuiabá - MT; identificar oportunidades provenientes da possível utilização de sistemas solares fotovoltaicos pela IFES objeto deste estudo. Este trabalho é de natureza exploratória, pois visa gerar conhecimentos para aplicação prática, especialmente, pelas Instituições Federais de Ensino Superior (IFES), voltados à solução da problemática de custos elevados de energia elétrica com base no caso UFMT.

**PRIMEIRO ESTUDO DE CASO:** barreiras e facilitadores dirigidos ao uso de sistemas solares para geração de eletricidade nas Instituições Federais de Ensino Superior (IFES).

**1. PARTICIPANTES DA PESQUISA:** participarão desta pesquisa 8 (oito) profissionais selecionados dentre técnicos administrativos e professores que detêm cargos estratégicos dentro da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Cuiabá, com poder de decisão técnico, administrativo e/ou financeiro, 1 (um) funcionário do Conselho Regional de Administração de

Mato Grosso (CRA-MT) e ainda por 2 (dois) representantes de distintas empresas prestadoras desse tipo de serviço. Sendo que poderão surgir novos potenciais entrevistados no decorrer da pesquisa.

**2. VOLUNTARIEDADE:** a recusa do indivíduo em participar do estudo será respeitada, podendo a coleta ser interrompida a qualquer momento, a critério do indivíduo participante.

**3. ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA:** as entrevistas serão feitas em profundidade e terão duração de aproximadamente 1 hora e 30 minutos, deverão ser realizadas na primeira semana do mês de setembro de 2017 e serão realizadas com o auxílio de um roteiro semiestruturado com perguntas abertas, dois *smartphone* (um para gravar as entrevistas e outro *iPhone* para transcrever as falas por meio da ferramenta Ditado e do aplicativo *Siri* - assistente pessoal inteligente disponível no sistema IOS), papel e caneta para mapear os pontos mais importantes da entrevista. Caso preciso, serão estabelecidas imediatamente novas questões ao entrevistado ou até mesmo definidas novas estratégias e direções para o procedimento em andamento.

**4. RISCOS E DESCONFORTO:** a participação nesta pesquisa não traz complicações legais de nenhuma ordem e os procedimentos utilizados obedecem aos critérios da ética na Pesquisa com Seres Humanos conforme a Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de saúde. Nenhum dos procedimentos utilizados oferece riscos à sua dignidade.

**5. CONFIDENCIALIDADE:** todas as informações coletadas nesta investigação são estritamente confidenciais. Acima de tudo interessam os dados coletivos e não aspectos particulares de cada participante.

**6. BENEFÍCIOS:** ao participar desta pesquisa, o entrevistado não terá nenhum benefício direto. Entretanto esperamos que futuramente os resultados deste estudo sejam usados em benefício de outros pesquisadores.

**7. PAGAMENTO:** você não terá nenhum tipo de despesa por participar deste estudo, bem como não receberá nenhum tipo de pagamento por sua participação.

**8. NOVAS INFORMAÇÕES:** a qualquer momento, o participante poderá requisitar informações sobre o estudo contatando o pesquisador.

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para que participe desta pesquisa.

Para tanto, preencha os itens que se seguem:

### **CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Tendo em vista os itens acima apresentados, eu, de forma livre e esclarecida, consinto em participar desta pesquisa. Por ser verdade, firmamos o presente termo em duas vias de igual teor.

Cuiabá – MT, \_\_\_\_/09/2017.

---

Entrevistado (participante)

---

Frankysia Faria da Silva  
Pesquisadora

Agradecemos a sua autorização e colocamo-nos à disposição para esclarecimentos adicionais. A pesquisadora responsável por esta pesquisa é a Profa. Dra. Istefani Carísio de Paula, Associada do Curso de Engenharia de Produção e Transportes da UFRGS, lotada no Departamento de Engenharia de Produção e Transportes (DEPROT), atuando nos cursos de graduação e pós-graduação do PPGEP/UFRGS.

Caso queiram contatar a equipe, podem entrar em contato diretamente com a professora pelo *e-mail* [istefani@producao.ufrgs.br](mailto:istefani@producao.ufrgs.br) ou com a pesquisadora pelo *e-mail* [frankysia@gmail.com](mailto:frankysia@gmail.com) e telefone (65) 99993-4977.





### APÊNDICE E – Fluxo de Caixa Descontado

Investimento Inicial de R\$ 21.989.021,00

ANO	GERAÇÃO DE ENERGIA (kWh/a.a.)	TARIFA (R\$/kWh)	RECEITAS	DESPESAS		RESULTADO LÍQUIDO	SALDO	VP	FLUXO DE CAIXA DESCONTADO
				MANUTENÇÃO	TROCA DOS INVERSORES				
0		R\$ 0,50				-R\$ 21.989.021,00	-R\$ 21.989.021,00	-R\$ 21.989.021,00	-R\$ 21.989.021,00
1	8.195.418	R\$ 0,56	R\$ 4.564.729,55	-R\$ 244.737,80		R\$ 4.319.991,75	-R\$ 17.669.029,25	R\$ 3.820.634,78	-R\$ 18.168.386,22
2	8.113.464	R\$ 0,62	R\$ 5.054.141,59	-R\$ 272.393,18		R\$ 4.781.748,42	-R\$ 12.887.280,84	R\$ 3.740.175,13	-R\$ 14.428.211,09
3	8.032.329	R\$ 0,70	R\$ 5.596.026,44	-R\$ 303.173,60		R\$ 5.292.852,83	-R\$ 7.594.428,00	R\$ 3.661.403,92	-R\$ 10.766.807,17
4	7.952.006	R\$ 0,78	R\$ 6.196.010,01	-R\$ 337.432,22		R\$ 5.858.577,79	-R\$ 1.735.850,22	R\$ 3.584.285,80	-R\$ 7.182.521,36
5	7.872.486	R\$ 0,87	R\$ 6.860.321,42	-R\$ 375.562,06		R\$ 6.484.759,36	R\$ 4.748.909,14	R\$ 3.508.786,18	-R\$ 3.673.735,19
6	7.793.761	R\$ 0,97	R\$ 7.595.857,64	-R\$ 418.000,58		R\$ 7.177.857,06	R\$ 11.926.766,20	R\$ 3.434.871,17	-R\$ 238.864,02
7	7.715.823	R\$ 1,09	R\$ 8.410.255,11	-R\$ 465.234,64		R\$ 7.945.020,47	R\$ 19.871.786,67	R\$ 3.362.507,61	R\$ 3.123.643,59
8	7.638.665	R\$ 1,22	R\$ 9.311.969,02	-R\$ 517.806,16		R\$ 8.794.162,87	R\$ 28.665.949,54	R\$ 3.291.663,01	R\$ 6.415.306,60
9	7.562.278	R\$ 1,36	R\$ 10.310.361,09	-R\$ 576.318,25		R\$ 9.734.042,84	R\$ 38.399.992,39	R\$ 3.222.305,58	R\$ 9.637.612,18
10	7.486.656	R\$ 1,52	R\$ 11.415.796,77	-R\$ 641.442,21		R\$ 10.774.354,56	R\$ 49.174.346,94	R\$ 3.154.404,19	R\$ 12.792.016,38
11	7.411.789	R\$ 1,71	R\$ 12.639.752,84	-R\$ 713.925,18		R\$ 11.925.827,65	R\$ 61.100.174,59	R\$ 3.087.928,35	R\$ 15.879.944,73
12	7.337.671	R\$ 1,91	R\$ 13.994.936,58	-R\$ 794.598,73	-R\$ 6.790.299,13	R\$ 6.410.038,72	R\$ 67.510.213,31	R\$ 1.467.884,71	R\$ 17.347.829,44
13	7.264.295	R\$ 2,13	R\$ 15.495.417,70	-R\$ 884.388,39		R\$ 14.611.029,31	R\$ 82.121.242,62	R\$ 2.959.134,56	R\$ 20.306.963,99
14	7.191.652	R\$ 2,39	R\$ 17.156.774,40	-R\$ 984.324,27		R\$ 16.172.450,13	R\$ 98.293.692,75	R\$ 2.896.758,77	R\$ 23.203.722,76
15	7.119.735	R\$ 2,67	R\$ 18.996.255,12	-R\$ 1.095.552,92		R\$ 17.900.702,21	R\$ 116.194.394,96	R\$ 2.835.692,83	R\$ 26.039.415,59
16	7.048.538	R\$ 2,98	R\$ 21.032.957,61	-R\$ 1.219.350,40		R\$ 19.813.607,22	R\$ 136.008.002,18	R\$ 2.775.909,32	R\$ 28.815.324,91
17	6.978.052	R\$ 3,34	R\$ 23.288.027,20	-R\$ 1.357.136,99		R\$ 21.930.890,21	R\$ 157.938.892,38	R\$ 2.717.381,37	R\$ 31.532.706,28
18	6.908.272	R\$ 3,73	R\$ 25.784.876,32	-R\$ 1.510.493,47		R\$ 24.274.382,85	R\$ 182.213.275,23	R\$ 2.660.082,70	R\$ 34.192.788,98
19	6.839.189	R\$ 4,17	R\$ 28.549.427,62	-R\$ 1.681.179,23		R\$ 26.868.248,39	R\$ 209.081.523,62	R\$ 2.603.987,55	R\$ 36.796.776,53
20	6.770.797	R\$ 4,67	R\$ 31.610.383,05	-R\$ 1.871.152,49		R\$ 29.739.230,57	R\$ 238.820.754,19	R\$ 2.549.070,72	R\$ 39.345.847,25

21	6.703.089	R\$ 5,22	R\$ 34.999.521,88	-R\$ 2.082.592,72	R\$ 32.916.929,17	R\$ 271.737.683,35	R\$ 2.495.307,53	R\$ 41.841.154,78
22	6.636.058	R\$ 5,84	R\$ 38.752.030,62	-R\$ 2.317.925,69	R\$ 36.434.104,93	R\$ 308.171.788,28	R\$ 2.442.673,82	R\$ 44.283.828,60
23	6.569.698	R\$ 6,53	R\$ 42.906.868,33	-R\$ 2.579.851,30	R\$ 40.327.017,04	R\$ 348.498.805,32	R\$ 2.391.145,91	R\$ 46.674.974,51
24	6.504.001	R\$ 7,30	R\$ 47.507.171,13	-R\$ 2.871.374,49	R\$ 44.635.796,64	R\$ 393.134.601,96	R\$ 2.340.700,66	R\$ 49.015.675,17
25	6.438.961	R\$ 8,17	R\$ 52.600.699,99	-R\$ 3.195.839,81	R\$ 49.404.860,18	R\$ 442.539.462,13	R\$ 2.291.315,38	R\$ 51.306.990,55