

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Paula Donaduzzi Rigo

**MODELO DE DIAGNÓSTICO PARA PROJETOS DE MICRO E  
MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA**

Santa Maria, RS  
2019



**Paula Donaduzzi Rigo**

**MODELO DE DIAGNÓSTICO PARA PROJETOS DE MICRO E MINIGERAÇÃO  
DISTRIBUÍDA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de concentração em Gerência da Produção, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Produção**.

Orientador: Prof. Dr. Julio Cezar Mairesse Siluk  
Coorientador: Prof. Dr. Daniel Pacheco Lacerda

Santa Maria, RS  
2019

Rigo, Paula Donaduzzi  
Modelo de diagnóstico para projetos de micro e  
minigeração distribuída de energia fotovoltaica / Paula  
Donaduzzi Rigo.- 2019.  
142 p.; 30 cm

Orientador: Julio Cezar Mairesse Siluk  
Coorientador: Daniel Pacheco Lacerda  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de Produção, RS, 2019

1. Gestão da Energia Fotovoltaica 2. Projetos de  
Energia Fotovoltaica 3. Fatores de Sucesso 4. Modelo de  
Diagnóstico I. Siluk, Julio Cezar Mairesse II. Lacerda,  
Daniel Pacheco III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

---

© 2019

Todos os direitos autorais reservados a Paula Donaduzzi Rigo. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

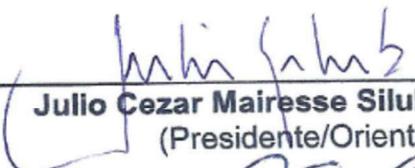
E-mail: pauladonaduzzi@gmail.com

Paula Donaduzzi Rigo

**MODELO DE DIAGNÓSTICO PARA PROJETOS DE MICRO E MINIGERAÇÃO  
DISTRIBUÍDA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de concentração em Gerência da Produção, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Produção**.

**Aprovado em 19 de fevereiro de 2019:**

  
\_\_\_\_\_  
**Julio Cezar Mairesse Siluk, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
**Daniel Pacheco Lacerda, Dr. (UNISINOS)**  
(Coorientador)

  
\_\_\_\_\_  
**Leandro Michels, Dr. (UFSM)**

  
\_\_\_\_\_  
**Alvaro Luiz Neuenfeldt Júnior, Dr. (UFSM)**

Santa Maria, RS  
2019



## RESUMO

### MODELO DE DIAGNÓSTICO PARA PROJETOS DE MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

AUTORA: Paula Donaduzzi Rigo  
ORIENTADOR: Prof. Dr. Julio Cezar Mairesse Siluk  
COORDENADOR: Prof. Dr. Daniel Pacheco Lacerda

A energia fotovoltaica exibe um mercado promissor em todo o mundo, e o Brasil se encontra ainda no início de seu aproveitamento. Uma das opções para elevar a participação dessa energia na matriz energética brasileira é com a micro e minigeração distribuída (MMGD). Para impulsionar o crescimento da MMGD de energia fotovoltaica, uma série de fatores econômicos, políticos, ambientais e sociais devem se fazer presentes, principalmente porque a adoção de uma inovação é um processo complexo. Por consequência, surge a incerteza sobre o sucesso que os investidores podem ter com a implementação de sistemas fotovoltaicos. Portanto, a decisão sobre investir na energia fotovoltaica deve ser tomada com base em fatores objetivos e mensuráveis. Diante desse contexto, o objetivo do estudo foi propor um modelo de diagnóstico para a implementação de projetos de micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica. O diagnóstico foi desenvolvido por meio de um Sistema de Mensuração de Desempenho (SMD) baseado no conceito de *Key Performance Indicators* (KPI), construídos a partir de Fatores Críticos de Sucesso (FCS) e agrupados em seis Pontos de Vista Fundamentais (PVF): Econômico, Ambiental, Mercadológico, Político, Social e Tecnológico. A modelagem foi estruturada de modo a calcular o impacto que cada PVF tem perante o conjunto de PVF por meio do método de ponderação *Analytic Hierarchy Process* (AHP). A pesquisa foi aplicada com 19 especialistas doutores pesquisadores em energia fotovoltaica e 32 investidores em energia fotovoltaica. Como resultados, a formulação matemática proposta foi capaz de ponderar os indicadores e de mensurar o sucesso dos projetos. Dos projetos diagnosticados, 15 alcançaram Índice Global de Sucesso maior que 76%, julgados como projetos de “Sucesso pleno” e 17 foram julgados como projetos de “Sucesso potencial”. Foi verificado que com a promoção de alguns KPI, os projetos de “Sucesso potencial” poderiam ultrapassar para o nível de “Sucesso pleno”, por meio da reflexão promovida pelo diagnóstico. Ademais, foi construída uma ferramenta computacional, com disponibilidade *off-line*, para que futuros investidores possam avaliar seus projetos. Conclui-se que o diagnóstico foi capaz de avaliar os projetos de MMGD e julgá-los adequadamente. As principais contribuições deste trabalho dizem respeito a identificação dos fatores de sucesso e da metodologia de mensuração desenvolvida para o modelo de diagnóstico. Podendo servir para gerar novos modelos de diagnóstico em outros temas e para a aplicação deste diagnóstico em futuros projetos de MMGD, propiciando decisões mais precisas no momento de elaboração de projetos fotovoltaicos.

**Palavras-chave:** Gestão da Energia Fotovoltaica. Projetos de Energia Fotovoltaica. Fatores de Sucesso. Modelo de Diagnóstico.



## ABSTRACT

### DIAGNOSTIC MODEL FOR PROJECTS OF MICRO AND MINI GENERATION DISTRIBUTED OF PHOTOVOLTAIC ENERGY

AUTHOR: Paula Donaduzzi Rigo  
ADVISOR: Prof. Julio Cezar Mairesse Siluk, PhD  
CO-ADVISOR: Prof. Daniel Pacheco Lacerda, PhD

Photovoltaic energy has a promising market throughout the world, and Brazil is still at the beginning of its use. One of the options to increase the participation of this energy in the Brazilian energy matrix is with distributed micro and mini-generation (MMGD). To promote MMGD growth in photovoltaic energy, a number of economic, political, environmental and social factors must be present, mainly because the adoption of an innovation is a complex process. Consequently, there is uncertainty about the success that investors can have with the implementation of photovoltaic systems. So the decision about investing in photovoltaic energy must be made on the basis of objective and measurable factors. Given this context, the aim of the study is to propose a diagnostic model for the implementation of distributed micro and mini-generation projects of photovoltaic energy. The diagnosis was developed through a Performance Measurement System (SMD) based on the Key Performance Indicators (KPI) concept, built from Critical Success Factors (FCS) and grouped into six Fundamental Viewpoints (PVF): Economic, Environmental, Market, Political, Social and Technological. The modeling was structured in order to calculate the impact that each PVF has on the PVF set by the Analytic Hierarchy Process (AHP) weighting method. The research was applied with 19 specialists, researchers in photovoltaic energy and 32 investors in photovoltaic energy. As results, the proposed mathematical formulation was able to weigh the indicators and measure the success of the projects. Of the projects diagnosed, 15 reached a Success Index 76%, judged as "Full Success" projects and 17 were judged as "Potential Success" projects. It was found that with the promotion of some KPI, the "Potential Success" projects could go beyond the "Full Success" level, through the reflection promoted by the diagnosis. In addition, a computational tool was built, with off-line availability, so that future investors can evaluate their projects. It concluded that the diagnosis was able to evaluate the MMGD projects and to judge them properly. The main contributions of this work are the identification of success factors and the measurement methodology developed for the diagnostic model. It can serve to generate new diagnostic models in other subjects and to apply this diagnosis in future MMGD projects, providing more precise decisions at the elaboration of photovoltaic projects.

**Keywords:** Photovoltaic Energy Management. Photovoltaic Energy Projects. Success Factors. Diagnostic Model.



## DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, que sempre me instigaram a ser criativa, responsável e buscar constantemente o conhecimento, e que para isso, promoveram todas as oportunidades que eu pudesse ter em minha vida por meio de apoio incondicional*



## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Julio Cezar Mairesse Siluk, meu orientador, responsável por guiar meu desenvolvimento científico, profissional e pessoal. Obrigada pelo acolhimento, por instigar o pensamento crítico e reflexivo e pela confiança na realização desta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Daniel Pacheco Lacerda, meu Coorientador, e aos Profs. Drs. Alvaro Luiz Neuenfeldt Júnior e Leandro Michels, por terem me conduzido na discussão de ideias que estimularam o desenvolvimento deste trabalho.

A todos os colegas do Núcleo de Inovação e Competitividade (NIC). Agradeço a oportunidade de trabalhar neste grupo de pesquisa, que tem como cultura a troca de conhecimento e a discussão construtiva sobre as pesquisas. Em especial, obrigada a Carmen e Graciele, pelo conhecimento sobre o tema desta dissertação e colaboração em muitas etapas do curso de mestrado.

Aos demais docentes e técnicos administrativos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFSM que se fizeram presentes, direta ou indiretamente, durante o curso de mestrado.

Agradeço ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Geração Distribuída de Energia Elétrica (INCT-GD), CAPES, CNPq e FAPERGS pelo apoio financeiro recebido para o desenvolvimento desse trabalho (CNPq processo 465640/2014-1, CAPES processo 23038.000776/2017-54 e FAPERGS 17/2551-0000517-1).

À minha amiga Thaiara, com muito carinho, obrigada pela amizade, por estar sempre pronta a ajudar e pelos conhecimentos compartilhados.

Aos meus pais, Leda e Clenio, e ao meu irmão, Adriano, por serem a minha fonte de força, amor e carinho. É por meio do apoio incondicional da minha família que tenho a oportunidade de buscar o crescimento profissional.

Ao meu companheiro, Gabriel, por todo apoio emocional, e também, pelo suporte técnico e científico, pois sempre esteve aberto a discutir sobre esta pesquisa.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Mapa da apresentação da pesquisa .....	31
Figura 2.1 – Efeito fotovoltaico .....	34
Figura 2.2 – Crescimento do número de instalações no Brasil .....	38
Figura 2.3 – MCDA para processo de decisão em energias sustentáveis .....	45
Figura 2.4 – Formulário para cálculo da AHP.....	48
Figura 3.1 – Enquadramento Metodológico .....	52
Figura 3.2 – Etapas da pesquisa.....	53
Figura 3.3 – Modelo da estrutura hierárquica associado aos KPI .....	54
Figura 3.4 – Crescimento do número de instalações em Santa Maria .....	57
Figura 3.5 – Matriz de amarração da pesquisa .....	61
Figura 4.1 – Estrutura hierárquica para sucesso na MMDG de energia fotovoltaica.....	74
Figura 4.2 – Processo do sistema computacional da modelagem .....	81
Figura 5.1 – Mensuração do sucesso dos projetos dos investidores ( <i>Is</i> ) .....	91
Figura 5.2 – Nível de atingimento médio dos PVF .....	97
Figura 5.3 – Análise de sensibilidade da ponderação .....	101
Figura 5.4 – Menu da ferramenta .....	102
Figura 5.5 – Instrumento de coleta de dados na ferramenta .....	103
Figura 5.6 – Painel de resultados da ferramenta.....	104
Figura 5.7 – Continuação painel de resultados da ferramenta .....	105
Figura A.1 – Fluxograma de condução de revisão sistemática .....	128



## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Definições dos termos das REN da ANEEL .....	36
Quadro 2.2 – Definições da palavra sucesso .....	40
Quadro 3.1 – Características dos investidores.....	58
Quadro 4.1 – Fatores econômicos .....	63
Quadro 4.2 – Fatores ambientais.....	65
Quadro 4.3 – Fatores mercadológicos .....	66
Quadro 4.4 – Fatores políticos .....	68
Quadro 4.5 – Fatores sociais .....	70
Quadro 4.6 – Fatores tecnológicos .....	71
Quadro 4.7 – Indicadores e escalas de avaliação.....	75



## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Classe e Modalidade das instalações de MMGD no Brasil .....	39
Tabela 4.1 – Variáveis da comparação pareada AHP.....	77
Tabela 4.2 – Escala de valores para a mensuração dos KPI.....	79
Tabela 4.3 – Escala de avaliação do sucesso do projeto.....	79
Tabela 5.1 – Ponderação média dos especialistas .....	84
Tabela 5.2 – Ponderação média dos investidores.....	87
Tabela 5.3 – Nível de atingimento médio dos KPI.....	95
Tabela 5.4 – Adequabilidade do diagnóstico.....	99



## LISTA DE ABREVIações

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i> (Processo de Análise Hierárquica)
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FCS	Fatores Críticos de Sucesso
GD	Geração Distribuída
KPI	<i>Key Performance Indicators</i>
MCDA	<i>Multi Criteria Decision Aid</i> (Análise Multicritério de Apoio a Decisão)
MMGD	Micro e Minigeração Distribuída
PVF	Pontos de Vista Fundamentais
REN	Resolução Normativa
RS	Rio Grande do Sul
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
SMD	Sistemas de Mensuração de Desempenho
UC	Unidades Consumidoras



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>23</b>
1.1	QUESTÃO DE PESQUISA	25
1.2	OBJETIVOS	25
1.3	JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA	26
1.4	MAPA DA APRESENTAÇÃO DA PESQUISA	30
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>33</b>
2.1	MICRO E MINIGERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL	33
<b>2.1.1</b>	<b>Resoluções Normativas da ANEEL</b>	<b>36</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Características das instalações</b>	<b>38</b>
2.2	SUCESSO DE PROJETOS	39
2.3	ABORDAGEM PARA MODELAGEM DO DIAGNÓSTICO	41
<b>2.3.1</b>	<b>Sistemas de mensuração de desempenho</b>	<b>42</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Análise Multicritério de Apoio a Decisão</b>	<b>44</b>
2.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>51</b>
3.1	ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO	51
3.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	52
3.3	CENÁRIO	56
3.4	COLETA DE DADOS	58
3.5	MATRIZ DE AMARRAÇÃO	59
3.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
<b>4</b>	<b>MODELAGEM</b>	<b>63</b>
4.1	FATORES DE SUCESSO	63
<b>4.1.1</b>	<b>Fatores econômicos</b>	<b>63</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Fatores ambientais</b>	<b>64</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Fatores mercadológicos</b>	<b>66</b>
<b>4.1.4</b>	<b>Fatores políticos</b>	<b>68</b>
<b>4.1.5</b>	<b>Fatores sociais</b>	<b>70</b>
<b>4.1.6</b>	<b>Fatores tecnológicos</b>	<b>71</b>
4.2	ESTRUTURA HIERÁRQUICA	73
4.3	INDICADORES	75
4.4	FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DO SISTEMA DE PONDERAÇÃO	76
4.5	FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DO SISTEMA DE MENSURAÇÃO	79
4.6	PROCESSO DO SISTEMA COMPUTACIONAL	80
4.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
<b>5</b>	<b>APLICAÇÃO</b>	<b>83</b>
5.1	PONDERAÇÃO DA ESTRUTURA HIERÁRQUICA	83
<b>5.1.1</b>	<b>Especialistas</b>	<b>83</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Investidores</b>	<b>87</b>
5.2	MENSURAÇÃO DO SUCESSO DOS PROJETOS	90
<b>5.2.1</b>	<b>Índice Global de Sucesso dos projetos</b>	<b>90</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Atingimento médio dos KPI e PVF</b>	<b>95</b>
5.3	ANÁLISE DA ADEQUABILIDADE DO DIAGNÓSTICO	98
5.4	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DA PONDERAÇÃO	100
5.5	FERRAMENTA	102
5.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	105

<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>107</b>
6.1	LIMITAÇÕES .....	109
6.2	PERSPECTIVAS FUTURAS.....	110
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>111</b>
	<b>APÊNDICE A – REVISÃO SISTEMÁTICA.....</b>	<b>127</b>
	<b>APÊNDICE B – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS I .....</b>	<b>130</b>
	<b>APÊNDICE C – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS II .....</b>	<b>139</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O mundo moderno consome cada vez mais energia elétrica (NARAYAN; DOYTCH, 2017; SAIDI; RAHMAN; AMAMRI, 2017). Esse consumo é resultado do avanço tecnológico o qual tornou os processos diários das indústrias, comércio, das áreas rurais, infraestruturas das cidades e lares familiares mais automatizados. Conseqüentemente, se a demanda por energia elétrica aumenta significativamente, os recursos ambientais não renováveis apresentam-se cada vez mais escassos (MOSIÑO, 2012; PONSIOEN; VIEIRA; GOEDKOOOP, 2014).

Com a redução da disponibilidade de recursos não renováveis, a produção de energia elétrica por meio deles se tornará mais custosa (PONSIOEN; VIEIRA; GOEDKOOOP, 2014). Além disso, o aquecimento global decorrente das emissões de gases em função da queima de combustíveis fósseis tornou-se um problema relevante para muitos países (CORAM; KATZNER, 2018; MOSIÑO, 2012). No caso em que uma economia faz uso de recursos poluentes para produzir eletricidade, sob as restrições ecológicas, a substituição da matriz energética por recursos não poluentes é indispensável (SILVA; SOARES; AFONSO, 2013). O atual desafio do desenvolvimento das economias é atender a demanda supracitada sem novas emissões e abdicando do uso de recursos não renováveis.

A energia solar consiste em uma das principais fontes energéticas na transição para geração de energia elétrica por recursos renováveis (DEVABHAKTUNI et al., 2013; GOTTSCHAMER; ZHANG, 2016; KABIR et al., 2018). O Brasil se destaca na captação de energia solar por estar quase totalmente localizado entre os Trópicos de Câncer e Capricórnio, onde a incidência dos raios solares é quase perpendicular, levando a altos índices de irradiação (DIAS et al., 2017). A energia solar, empregada por meio da tecnologia fotovoltaica, exibe um mercado promissor em todo o mundo, mas o Brasil conta com uma capacidade instalada de geração fotovoltaica consideravelmente baixa se comparada a países como China, Alemanha, Estados Unidos, Japão, Itália e Espanha (FERREIRA et al., 2018; ROSA, 2016; TIEPOLO et al., 2014).

Mesmo com o crescimento mundial de geração de energia por meio da tecnologia fotovoltaica, em toda a América Latina, o acesso à rede, o financiamento e as barreiras administrativas ainda são desafios para o crescimento (REN21, 2017). Como resultado, o Brasil está no início do desenvolvimento dessa energia. Uma das

opções para aumentar a participação na matriz energética brasileira é a Microgeração e Minigeração Distribuída (MMGD), devido as recentes iniciativas de regulamentação para acesso a esse tipo de geração e o Sistema de Compensação de Energia publicado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2012). Mas a geração de energia proveniente da MMGD de energia fotovoltaica representa menos de 0,3% da demanda consumida no mercado cativo do país (GREENER, 2019). De todas as fontes de MMGD, a fonte radiação solar corresponde a 71,4% da potência total, pois até o final de 2018 acumulava um total de 174.347,10 kW (ANEEL, 2019).

No entanto, nesse cenário, muitos projetos que foram elaborados (orçados) nas empresas integradoras de energia fotovoltaica não foram implementados, uma vez que a taxa de conversão de orçamentos (média de 47,1 por mês) em vendas (média de 3,24 por mês) foi de 6,88% em 2018 (GREENER, 2019). Esse dado demonstra que os investidores apresentam interesse na aquisição de sistemas solares, mas a implementação do sistema ainda gera incerteza para eles, porque a adoção de uma inovação, como tecnologias de energia solar fotovoltaica, configura-se como um processo complexo que envolve vários fatores interligados (SANTOS; CANHA; BERNARDON, 2018). Considerando o senso comum, qualquer investimento, seja ele qual for, possuirá um nível de incerteza associado e que precisa ser minimizado a fim de maximizar a chance de sucesso.

Logo, o sucesso dos investidores em energia fotovoltaica, de acordo com Urmee (2014) e Holtorf et al. (2015), está relacionado com estruturas formais, como o quadro político existente, e estruturas informais, que são características de nível local (como aspectos técnicos, presença de empresas instaladoras, força do comércio, entre outros). É importante que os investidores brasileiros estejam preparados e acumulem experiências com energia fotovoltaica para poderem aproveitar ao máximo os benefícios dessa tecnologia (JANNUZZI; MELO, 2013; LIMA; FERREIRA; MORAIS, 2017).

O Brasil é diferente em muitos aspectos, o que deve ser discutido e avaliado para garantir o sucesso dessa fonte de energia. Assim, alguns estudos discutiram os aspectos políticos e econômicos da energia fotovoltaica no Brasil (FERREIRA et al., 2018; GUCCIARDI GARCEZ, 2017; LACCHINI; RÜTHER, 2015; PINTO; AMARAL; JANISSEK, 2016). Mas o que não se sabe é qual impacto de cada um dos fatores (econômicos, políticos, ambientais e sociais), ou do efeito sinérgico entre eles, pode ter em um projeto de implementação de MMGD para o atingimento do sucesso do

investidor. E a tomada de decisão sobre executar esses projetos é uma tarefa difícil para os investidores por não terem acesso às informações que lhes amparem na análise dessa energia (KLEIN; WHALLEY, 2015). Com isso, a decisão sobre investir nesse tipo de energia renovável necessita de fatores objetivos e mensuráveis para auxiliar as pessoas que almejam investir em projetos desse segmento. Porque estruturar o processo de decisão de um investimento de longa duração e alto capital investido é um modo de refletir sobre os diversos aspectos que podem gerar incerteza e causar insucesso ao não atender aos objetivos do investidor.

## 1.1 QUESTÃO DE PESQUISA

Diante da necessidade de estruturar o processo de decisão em projetos de energia fotovoltaica elaborou-se a seguinte questão de pesquisa: Como auxiliar os investidores na tomada de decisão sobre a implementação de um projeto de micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica?

## 1.2 OBJETIVOS

Em busca da solução para o problema apresentado objetiva-se, com esta pesquisa, propor um modelo de diagnóstico para a auxiliar os investidores na tomada de decisão para a implementação de projetos de micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica.

De modo específico, os objetivos são:

- a) Definir os fatores que impactam no sucesso dos investidores em projetos de micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica;
- b) Modelar matematicamente um diagnóstico que mensure o nível de sucesso de projetos de micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica por meio de sistema de mensuração de desempenho;
- c) Verificar a aplicabilidade do modelo de diagnóstico em projetos de micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica por meio de estudos de caso;
- d) Implementar o modelo de diagnóstico em uma ferramenta computacional.

### 1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

A justificativa desta pesquisa está organizada segundo duas perspectivas: a acadêmica, e a dos investidores em energia fotovoltaica. A primeira delas, buscou investigar a contribuição científica deste trabalho utilizando, para isso, processos de revisão sistemática de literatura os quais estão apresentados no **APÊNDICE A**. Para a justificativa no viés dos investidores em energia fotovoltaica, buscou-se apresentar as ferramentas de análise de projetos fotovoltaicos existentes a fim de evidenciar a necessidade de um diagnóstico de projetos para apoiar sua tomada de decisão.

Dentre os trabalhos científicos analisados, Ratner e Nizhegorodtsev (2017) propuseram um modelo de análise de projetos de energia renováveis, implementados na Rússia. Os projetos analisados pelo artigo são considerados de produção de larga escala (acima de 5MW). A situação problema é que somente 30% dos projetos conseguem ser bem-sucedidos na concorrência para obter investimento do governo russo, sendo a geração através da energia solar a mais recorrente. Nesse caso, os autores analisaram a experiência de implementação de projetos que passaram por essa seleção competitiva e ganharam o subsídio, a fim de apresentar os fatores de sucesso desses projetos. Para os projetos fotovoltaicos, a principal conclusão de fator de sucesso foi o lançamento de ampla produção nacional de módulos fotovoltaicos. Mesmo este sendo um fator mercadológico, apoiado pelo fator político, o modelo de análise dos autores não engloba diretamente esses aspectos, que foram analisados descritivamente. Metodologicamente, o estudo usa de uma teoria de curvas de aprendizagem, por meio de variáveis como custos e capacidade de produção de tecnologia, levando à conclusão geral de que a redução de custos na produção de produtos de alta tecnologia depende da taxa de crescimento da produção (economia de escala) e da experiência de fabricação (aprender fazendo). A estratégia de estudar os casos de sucesso é a mesma proposta pelo presente estudo. Porém, projetos de geração em larga escala não se assemelham aos projetos de pequena escala, pois os investidores possuem objetivos diferentes, conseqüentemente, os insumos para avaliar o sucesso são diferentes.

Anand e Rao (2016) analisaram modelos de negócios de implementação de projetos de energia fotovoltaica com o intuito de identificar os fatores determinantes no sucesso e do fracasso na Índia Rural. A situação problema é que mesmo a energia fotovoltaica sendo a alternativa energética de melhor qualidade, durabilidade e

versatilidade, sua implementação apresenta sucesso limitado. Para isso, o estudo foca em análise de casos de negócios em energia fotovoltaica. Para medir o sucesso ou fracasso do modelo de negócio, os autores selecionaram onze indicadores distribuídos em quatro critérios: status atual do projeto; nível de penetração; evolução da cadeia de suprimentos; e impacto na qualidade de vida. Esses indicadores julgaram os modelos de negócios como de “Sucesso”, “Talvez tenha sucesso” e “Insucesso”. O uso de indicadores e critérios de sucesso assemelha-se a proposta do presente trabalho, que opta por um sistema de mensuração baseado em indicadores. Porém, os indicadores utilizados no estudo se concentram em medir o modelo de negócio, independente do sucesso individual de cada investidor. Além disso, a eletrificação rural não se aproxima da realidade da MMGD brasileira.

Semelhante ao objetivo do trabalho de Anand e Rao (2016), Friebe, Von Flotow e Täube (2013) pesquisaram empreendedores que vendem sistemas fotovoltaicos para eletrificação em países emergentes e em desenvolvimento. O objetivo é quantificar os principais elementos de quatro sistemas de serviços de produto (modelo de negócio para sistemas fotovoltaicos): dinheiro, crédito, *leasing* (arrendamento) e *free-for-service* (taxa por serviço). O modelo desenvolvido foi baseado nos indicadores: serviços de manutenção, pagamento inicial, serviços de venda, proprietário do sistema e renda familiar. A pesquisa foi aplicada com tomadores de decisão de empresas de energia fotovoltaica. O resultado principal foi a identificação da lacuna entre oferta e demanda, indicando falha de mercado e, portanto, espaço para intervenção política. O uso de indicadores e a aplicação da pesquisa com especialistas na área assemelha-se a proposta deste trabalho. Porém, o modelo não apresenta mensuração para fatores políticos, mesmo os resultados evidenciando a importância desses fatores. Por mais que o modelo use alguns indicadores significativos para o consumidor, o objetivo é medir, assim como o estudo de Anand e Rao (2016), o modelo de negócio para os empresários do ramo, sem preocupar-se com o sucesso do consumidor final de sistemas fotovoltaicos.

Se no trabalho de Anand e Rao (2016) os aspectos políticos não são mensurados, no estudo de Movilla, Miguel e Blázquez (2013) o foco foi desenvolver um modelo de simulação computacional para compreender o comportamento do setor fotovoltaico sob as políticas do governo espanhol, para projetar futuras políticas públicas. O problema de pesquisa é que o setor de energia fotovoltaica não era lucrativo por si só e, por isso, o governo espanhol, como outros países, estimulou o

investimento nessa energia por meio de subsídios. O modelo computacional foi construído com base em variáveis como o preço do painel fotovoltaico, a evolução da eficiência do painel, a potência fotovoltaica instalada, o valor do subsídio, o preço da eletricidade, os investimentos em energia fotovoltaico e período de retorno dos investimentos. Portanto, esses fatores determinavam o sucesso ou o fracasso dos investimentos nesse tipo de energia no viés político analisado. Todos esses dados foram utilizados como base histórica e o modelo era desafiado a se ajustar aos dados e a explorar os diferentes futuros. Esse trabalho se assemelha ao presente projeto no uso de fatores políticos e no desenvolvimento de uma ferramenta computacional. Porém, os meios utilizados para tal medição são compostos somente por fatores econômicos e técnicos. O foco foi visualizar caminhos que resultem em sucesso na energia fotovoltaica sem a necessidade do apoio político. Diferente do objetivo do presente trabalho, que auxilia os investidores a julgarem os seus projetos.

O estudo que mais se assemelha a este trabalho é o de autoria de Holtorf et al. (2015). O objetivo é desenvolver um modelo para medir o sucesso da cadeia produtiva de sistemas fotovoltaicos em países pertencentes ao cinturão do sol. Nesse modelo, o sucesso da cadeia é medido considerando o atingimento de metas auto estabelecidas. Então, o modelo de sucesso incorpora todos os *stakeholders* e seus objetivos, combinando o nível individual de sucesso com o sucesso geral da implementação da cadeia. O modelo usa de Fatores Críticos de Sucesso (FCS), que são avaliados em nível de auto realização pelo *stakeholder*, além de apontar o nível de importância do FCS. O somatório dos níveis de importância multiplicados pelos níveis de realização dos FCS de todos os participantes resulta no sucesso da cadeia. Porém, o estudo não é validado em casos reais, não elenca variáveis para medir o sucesso e não apresenta um modelo final aplicável. Além disso, por mais que o estudo tenha objetivo semelhante ao deste projeto, foca no segmento de mercado de eletrificação não conectada à rede, e o modelo não serve como um diagnóstico para a tomada de decisão sobre a implementação de um projeto pelo investidor, mas sim, como um amparo ao planejamento desse mercado.

Portanto, identificou-se, no âmbito acadêmico, que foram realizadas análises no que diz respeito a fatores importantes para o desenvolvimento do setor de energia fotovoltaica e que alguns trabalhos utilizam o nível de sucesso como forma de avaliação e julgamento. Contudo, os estudos não atacam especificamente o problema investigado por este estudo, pois não apresentam um sistema que auxilie os

investidores na tomada de decisão sobre a implementação de um projeto fotovoltaico. Entretanto, os trabalhos supracitados se apresentam como pontos de partida para avaliar a aplicabilidade desses critérios no contexto brasileiro.

Do ponto de vista dos investidores em energia fotovoltaica foram investigadas as ferramentas existentes de análise de projetos disponíveis na *internet*. Para realizar a análise econômica da implementação de projetos, existem diversas ferramentas *online*, disponibilizadas por associações e integradores de energia fotovoltaica. Algumas ferramentas questionam apenas o custo mensal e a cidade do investidor (BLUESOL, 2019; NEOSOLAR, 2019; PORTAL SOLAR, 2018), algumas complementam questionando se o contrato é mono, bi ou trifásico e/ou qual a distribuidora de energia (AMÉRICA DO SOL, 2019; ERA, 2019), também existe o questionamento sobre o valor da tarifa de energia corrigida com os impostos (BANCO DO BRASIL, 2019). E a ferramenta mais completa tenta compreender o estilo de vida do investidor, questionando se passa as férias longe de casa ou se existem pessoas durante o dia na residência (EDP, 2019).

Como resultado, essas ferramentas comumente apresentam a estimativa de investimento, a economia mensal ou acumulada, o tempo de retorno do investimento e a quantidade de módulos projetados (BLUESOL, 2019; ERA, 2019; NEOSOLAR, 2019). Em termos ambientais, as calculadoras *online* buscam comparar o uso do sistema fotovoltaico à redução de emissão de gás carbônico, a quantidade de árvores plantadas equivalentes por ter reduzido a emissão de gás carbônico e a quantidade de quilômetros percorridos com um carro elétrico (BANCO DO BRASIL, 2019; NEOSOLAR, 2019). Porém, sabe-se que essas análises são genéricas, pois não captam informações suficientes para uma análise profunda, não trazem reflexão do investidor perante escolhas específicas do projeto e não consideram os diversos objetivos de um investidor.

Mesmo com a existência das ferramentas supracitadas, a taxa média mensal de conversão de vendas de sistemas fotovoltaicos foi de 6,88% em 2018, sendo que 45,3% das empresas relataram vender menos de 1 contrato por mês, não ultrapassando a marca de 50 kWp no ano de 2018 (GREENER, 2019). O argumento de que a baixa taxa de conversão de vendas se deve a perda da venda para o concorrente não é relevante, uma vez que, em 2017, quando o número de empresas integradoras era de 2741 (em 2018 totalizam 6000 empresas), a taxa de conversão

de vendas era de 6,56%. O que significa que a venda do sistema não é concretizada nem pela empresa, nem pela concorrente.

Diante disso, cerca de 73% das empresas afirmam que a principal dificuldade de venda é que os clientes acham o sistema fotovoltaico caro ou são somente curiosos (GREENER, 2019). O que não se sabe, é se essa percepção da empresa perante o investidor é real ou se o investidor não executa o projeto devido à incerteza sobre o sucesso que poderá obter. Por isso, convém afirmar que uma ferramenta que objetiva auxiliar os investidores na tomada de decisão sobre a implementação de um projeto de energia fotovoltaica se faz necessária, uma vez que muitos fatores apontam incertezas nesse investimento perante a falta de informação para os investidores. Essa ferramenta é apresentada como um modelo de diagnóstico porque esse é um processo de avaliação, análise, descrição, explicação e julgamento de uma organização ou, neste caso, de um projeto.

#### 1.4 MAPA DA APRESENTAÇÃO DA PESQUISA

Esta seção apresenta um mapa cujo objetivo é mostrar a organização do projeto de pesquisa. Partindo do problema de pesquisa, uma compreensão de quais os conteúdos e ferramentas necessários para atingir o objetivo foi proposta. A Figura 1.1 concebe o mapa da apresentação do estudo.

Figura 1.1 – Mapa da apresentação da pesquisa

PROBLEMA	CAPÍTULOS	SEÇÕES	OBJETIVO
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> <b>COMO AUXILIAR OS INVESTIDORES NA TOMADA DE DECISÃO SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROJETO DE MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA?</b> </p>	1. INTRODUÇÃO	O <b>Capítulo 1</b> apresentou a contextualização do tema de geração de energia fotovoltaica no Brasil e no mundo. Em sequência, a <b>Seção 1.1</b> revela a problemática a ser resolvida por esta dissertação. A <b>Seção 1.2</b> abordou o objetivo geral e específicos. E a <b>Seção 1.3</b> teve como objetivo justificar a importância desse estudo em termos acadêmicos e no contexto dos investidores em energia fotovoltaica.	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> <b>MODELO DE DIAGNÓSTICO PARA PROJETOS DE MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA</b> </p>
	2. REFERENCIAL TEÓRICO	O <b>Capítulo 2</b> exibe o referencial teórico que conduz o estudo. A <b>Seção 2.1</b> aborda a micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica no Brasil. A <b>Seção 2.2</b> define sucesso de projetos. E a <b>Seção 2.3</b> é o aporte teórico quanto a metodologia de modelagem com base em um SMD e ponderação AHP da MCDA.	
	3. METODOLOGIA	O <b>Capítulo 3</b> corresponde a metodologia necessária pra atender ao objetivo. A <b>Seção 3.1</b> apresenta a classificação metodológica da pesquisa. A <b>Seção 3.2</b> apresenta as etapas da pesquisa, como um passo-a-passo que poderá ser replicado por outros pesquisadores. A <b>Seção 3.3</b> fala sobre o cenário de aplicação. A <b>Seção 3.4</b> apresenta a coleta de dados e a <b>Seção 3.5</b> exibe a Matriz de Amarração.	
	4. MODELAGEM	O <b>Capítulo 4</b> exibe a construção da modelagem do diagnóstico. Na <b>Seção 4.1</b> é realizada a Identificação Sistemática dos Fatores de Sucesso. Na <b>Seção 4.2</b> esta a Estrutura Hierárquica. A <b>Seção 4.3</b> explica os KPI utilizados no SMD. As <b>Seções 4.4</b> e <b>4.5</b> apresentam, respectivamente, a formulação matemática do sistema de ponderação e de mensuração do sucesso. Por fim, a <b>Seção 4.6</b> refere-se ao processo do sistema computacional.	
	5. APLICAÇÃO	O <b>Capítulo 5</b> analisa os resultados da aplicação do modelo de diagnóstico. A <b>Seção 5.1</b> apresenta a ponderação da Estrutura Hierárquica. A <b>Seção 5.2</b> exibe os diagnósticos dos estudos de caso. A <b>Seção 5.3</b> analisa a adequabilidade do diagnóstico. Na <b>Seção 5.4</b> a análise de sensibilidade da ponderação é discutida. Por fim, a <b>Seção 5.5</b> apresenta a ferramenta computacional desenvolvida.	
	6. CONCLUSÕES	O <b>Capítulo 6</b> discute as conclusões. A <b>Seção 6.1</b> analisa as limitações encontradas na condução da pesquisa. Por fim, a <b>Seção 6.2</b> apresenta as futuras análises que partem desse estudo.	
	APÊNDICE A	O <b>Apêndice A</b> apresenta o processo de Revisão Sistemática da Literatura realizada para Identificar os Fatores Sucesso e justificar o estudo.	
	APÊNDICE B	O <b>Apêndice B</b> contém o instrumento de coleta de dados I para a aplicação da pesquisa.	
	APÊNDICE C	O <b>Apêndice C</b> contém o instrumento de coleta de dados II para a aplicação da pesquisa.	

Fonte: Autora.

A leitura da Figura 1.1 expõe ao leitor o mapa da apresentação desta pesquisa. No total, são seis capítulos de conteúdo e três apêndices. Os apêndices apresentam parte da modelagem do diagnóstico, onde a **APÊNDICE A** aborda o processo de revisão sistemática, que identificou os fatores para a construção da estrutura hierárquica da modelagem e justificou o estudo, e o **APÊNDICE B** e **APÊNDICE C** apresentam os instrumentos de coleta de dados I e II. Dando continuidade, o próximo capítulo apresenta o suporte teórico da pesquisa.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo apresenta o referencial teórico necessário para a condução da pesquisa. Na primeira seção, é debatido o cenário técnico, econômico, político e mercadológico do Brasil na geração de energia fotovoltaica. Na segunda seção, é apresentado o conceito de sucesso. Na terceira seção, é apresentada a abordagem que foi utilizada para a modelagem do diagnóstico. Por fim, são tecidas algumas considerações finais sobre o capítulo.

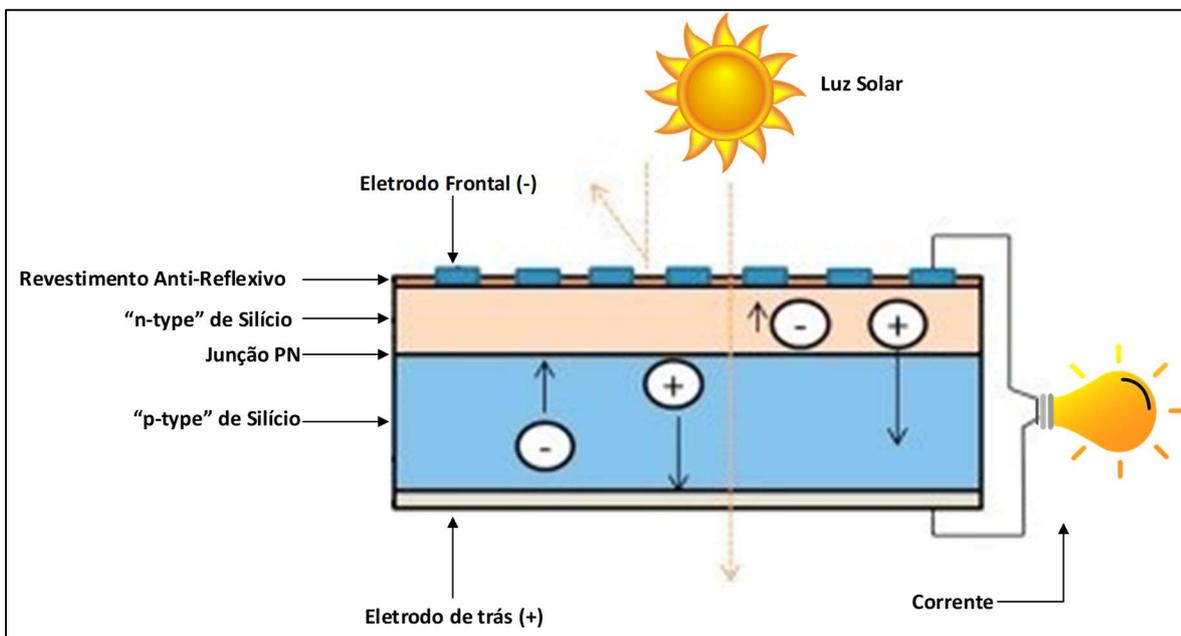
### 2.1 MICRO E MINIGERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL

Durante muitos anos, o sistema de fornecimento de energia elétrica foi estudado de modo convencional, onde usinas de energia estão conectadas a sistemas de transmissão, responsáveis pelo transporte de alta potência; e os sistemas de distribuição, responsáveis por atender aos consumidores de média e baixa tensão. Porém, há algumas décadas atrás, a Europa e os Estados Unidos criaram uma nova configuração de fornecimento, a Geração Distribuída (GD) (CAMILO et al., 2017). Esse tipo de fornecimento constitui-se de uma fonte de geração de eletricidade conectada diretamente à rede de distribuição, fornecendo a eletricidade no local e um suporte às variações entre geração e consumo, com o apoio da rede de distribuição, (EHSAN; YANG, 2018).

A GD surgiu pela necessidade de atender o crescimento da demanda energética mundial. Sendo assim, a configuração do mercado de energia mudou para adicionar esse novo elemento. Camilo et al. (2017) explica que nessa mudança o consumidor passa a ser também um gerador de eletricidade nas relações técnicas e comerciais com o mercado. É dentro do cenário mercadológico que a MMGD de energia se encontra. Em dezembro de 2018, o Brasil contava com um total de 49.086 usinas desse tipo, acumulando uma potência de 600.285,65 kW (ANEEL, 2019). A MMGD usa das fontes de potencial hidráulico, cinética do vento, biogás e radiação solar, sendo que a última possui uma participação de 82,9% perante as outras fontes (ANEEL, 2019). Portanto, na MMGD existe a oportunidade de desenvolver a energia solar, que além de ser uma fonte de energia limpa e renovável, pode auxiliar o país a atender à crescente demanda de energia (CAMILO et al., 2017).

Para aproveitar a luz solar como fonte de eletricidade, é utilizada a tecnologia fotovoltaica, que constitui da conversão da radiação solar em energia elétrica. A conversão acontece por meio do efeito fotovoltaico, analisada pela primeira vez por Becquerel em 1839. O efeito fotovoltaico acontece em materiais semicondutores – mais comumente, o silício – que possuem duas bandas de energia, uma delas com a presença de elétrons, chamada de banda de valência, e a outra sem a presença de elétrons, chamada de banda de condução (SAMPAIO; GONZÁLEZ, 2017). Os átomos de silício têm quatro elétrons que acabam se conectando com seu vizinho, formando uma rede de cristal. Quando a luz solar oferece uma quantidade de energia ao elétron mais externo, faz com que ele se mova da banda de valência até a banda de condução, processo do efeito fotovoltaico, que gera energia elétrica. Esse efeito é melhor compreendido na Figura 2.1.

Figura 2.1 – Efeito fotovoltaico



Fonte: Sampaio e González (2017).

Para gerar energia elétrica na configuração da MMGD, é necessário possuir, em termos de tecnologia, o módulo fotovoltaico (placa solar fotovoltaica), e o inversor, responsável por converter a energia elétrica de corrente contínua para a corrente alternada, além de equalizar a frequência, tensão e corrente elétrica com a rede elétrica. Porém, esses dois equipamentos normalmente são oriundos de importação, pois a produção nacional ainda não é suficiente para o mercado.

Todavia, para completar o processo, o principal componente é a radiação solar. Nesse quesito, o Brasil possui uma alta incidência solar em todo o ano (DIAS et al., 2017). A radiação solar média anual no Brasil fica entre 4,5 kWh/m<sup>2</sup> e 6,3 kWh/m<sup>2</sup> (TIBA, 2000). Fatos que demonstram que o Brasil possui uma grande proporção de dias ensolarados, intensidade de radiação ideal e uma grande área geográfica com essas condições favoráveis (ECHEGARAY, 2014).

Além da disponibilidade técnica, existem outras vantagens que o país pode ter com a MMGD de energia fotovoltaica. No entender de Faria, Trigoso e Cavalcanti (2017), como a MMGD permite que a geração de eletricidade seja não centralizada e próxima a carga, reduz perdas no sistema de transmissão e distribuição; os períodos de implementação dos sistemas fotovoltaicos costumam ser curtos; existem incentivos fiscais; e características sociais e ambientais favoráveis. Acresce-se a isso, um grande benefício para o Brasil no balanceamento do fornecimento de energia nos períodos de seca em que as hidrelétricas não alcançam a demanda (FERREIRA et. al., 2018). Isso porque, a matriz energética brasileira é predominantemente hidrelétrica, muito sensível às secas que reduzem severamente os níveis de armazenamento de água dos reservatórios, fatos que aconteceram em 2001 e em 2015 (FARIA; TRIGOSO; CAVALCANTI, 2017).

Em termos de projeção de capacidade de geração de energia fotovoltaica distribuída para 2050, a EPE (2016) calculou dois cenários. O cenário com base nos dados de referência, com projeção de 78 GWp e o cenário com base em possíveis “Novas Políticas”, com projeção de 118GWp. A Novas Políticas refere-se a políticas de fomento à geração fotovoltaica descentralizada, o que leva a uma maior adequação das edificações à instalação fotovoltaica, estimulando a adoção por parte dos usuários. Fica notória a influência de políticas que, nesse caso, pode causar uma diferença de 50 GWp na projeção dos cenários da capacidade instalada de energia fotovoltaica distribuída para o ano de 2050. Sendo assim, essa seção endereça duas subseções, a primeira aponta as Resoluções Normativas da ANEEL que estão em vigor e a segunda apresenta as características das atuais instalações de MMGD no Brasil.

### 2.1.1 Resoluções Normativas da ANEEL

A ANEEL publicou em 17 de abril de 2012 a Resolução Normativa (REN) de número 482, que estabelece as condições gerais para o acesso a MMGD (ANEEL, 2012). Essa resolução passou por uma importante revisão, publicada no dia 24 de novembro de 2015, a REN ANEEL 687, alterando algumas definições da REN ANEEL 482/2012 e também os módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição (PRODIST) (ANEEL, 2015). Além dessa alteração, em 17 de outubro de 2017, foi publicada a REN ANEEL 786 que altera dois incisos de um artigo da REN ANEEL 482/2012 (ANEEL, 2017). Diante dessas alterações, as definições apresentadas nesta subseção são referenciadas de acordo com a última alteração e apresentadas no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Definições dos termos das REN da ANEEL

(continua)

Item	Definição	REN
<b>Microgeração Distribuída</b>	Central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras	Nº 687 (ANEEL, 2015)
<b>Minigeração Distribuída</b>	Central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;	Nº 786 (ANEEL, 2017)
<b>Sistema de compensação de energia elétrica</b>	Sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa;	Nº 687 (ANEEL, 2015)
<b>Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras (UC)</b>	Caracterizado pela utilização da energia elétrica de forma independente, no qual cada fração com uso individualizado constitua uma unidade consumidora e as instalações para atendimento das áreas de uso comum constituam uma unidade consumidora distinta, de responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do empreendimento, com microgeração ou minigeração distribuída, e desde que as unidades consumidoras estejam localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, sendo vedada a utilização de vias públicas, de passagem aérea ou subterrânea e de propriedades de terceiros não integrantes do empreendimento;	Nº 687 (ANEEL, 2015)
<b>Geração compartilhada</b>	Caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física	Nº 687 (ANEEL, 2015)

Quadro 2.1 – Definições dos termos das REN da ANEEL

		(conclusão)
Item	Definição	REN
	ou jurídica, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada;	
<b>Autoconsumo remoto</b>	Caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada.	Nº 687 (ANEEL, 2015)

Fonte: Autora.

Como observado no Quadro 2.1, a MMGD corresponde a instalações que não podem passar de 5 MW. A partir dessa potência, as instalações são consideradas plantas de geração fotovoltaica e sua instalação segue outras REN. Além disso, é relevante apontar que a distribuidora é a responsável técnica e financeira pelo sistema de medição para a microgeração distribuída (ANEEL, 2015).

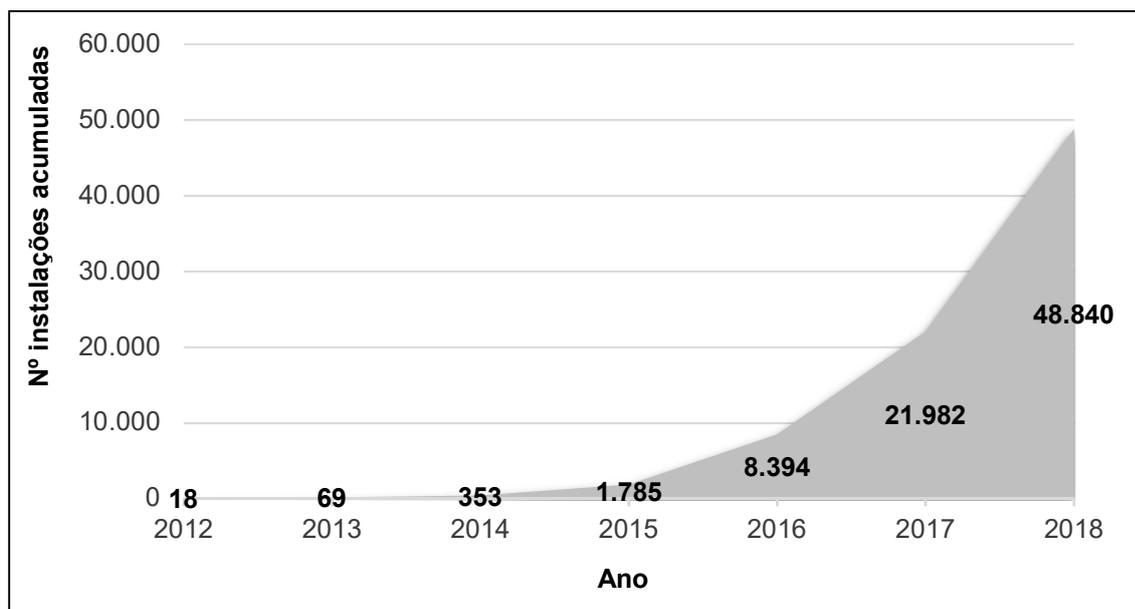
Uma vez que o consumidor começa a fornecer energia à rede de distribuição, ele reúne créditos durante o mês e desconta esses créditos da conta de energia (sistema de compensação de energia elétrica). A unidade consumidora pode acumular um crédito em quantidade de energia ativa a ser consumida por um prazo de 60 meses (ANEEL, 2015). Mas é importante ressaltar que além da energia consumida, a conta contém impostos independentes do consumo (CAMILO et al., 2017).

Ainda de acordo com as definições, existem três formas de usufruir da MMGD: para condomínios (empreendimentos em um mesmo local, com múltiplas unidades consumidoras), onde a administração do sistema é de responsabilidade do condomínio; A geração compartilhada, que permite que um grupo de pessoas ou empresas se unam em um consórcio ou cooperativa, mas que devam ser da mesma área de concessão para ter os créditos compensados; E o autoconsumo remoto, que consiste na geração em um local e consumo em outros locais, mas com titularidade de uma mesma pessoa ou empresa.

## 2.1.2 Características das instalações

Como apresentado na subseção anterior, a partir de 2012 a MMGD começou a ser regularizada no Brasil e se mostrou um investimento atrativo, devido ao sistema de compensação de energia. Conforme mostra a Figura 2.2, de 2016 para 2018, o crescimento das instalações de MMGD foi elevado. Esse crescimento pode estar associado com a curva S de inovação, em que alguns investidores decidiram confiar na nova concepção de mercado e, gradualmente, entendendo que o investimento foi positivo para os primeiros investidores, outros passam a investir nessa nova tecnologia, até que, no futuro, permanecerá somente alguns que resistiram à mudança (BESSANT; TIDD, 2009; BURGELMAN; CHRISTENSEN; WHEELWRIGHT, 2012; MATTOS; GUIMARÃES, 2012).

Figura 2.2 – Crescimento do número de instalações no Brasil



Fonte: ANEEL (2019).

O total de instalações no ano de 2018 chegou a 48.840 que correspondem a 497.453,05 kW de potência. Os três estados com maior potência instalada são: Minas Gerais (109.014,90 kW), Rio Grande do Sul (78.440,6 kW) e São Paulo (60.822,30 kW). Em relação aos municípios, os dez que apresentam maior número de instalações são: Rio de Janeiro (1.214), Campinas (785), Brasília (691), Uberlândia (605), Belo

Horizonte (542), Fortaleza (536), São Paulo (485), Santa Cruz do Sul (482), Palmeiras de Goiás (480) e Florianópolis (445) (ANEEL, 2019).

Por mais que o crescimento em número de instalações tenha sido significativo, é observado que os tamanhos das instalações são na maioria de microgeração. Das 48.840 instalações, somente 480 são de minigeração. A Tabela 2.1 apresenta como se configura o mercado de MMGD em termos das classes e modalidades da ANEEL (2019).

Tabela 2.1 – Classe e Modalidade das instalações de MMGD no Brasil

Classe	Potência Instalada (kW)	%	Modalidade	Potência Instalada (kW)	%
Comercial	215.118,89	43,2%	Geração na própria UC	393.247,75	79,1%
Residencial	177.994,69	35,8%	Autoconsumo remoto	98.773,69	19,9%
Industrial	51.063,96	10,3%	Geração compartilhada	4.858,64	1%
Rural	35.775,94	7,2%	Múltiplas UC	572,97	0,1%
Poder Público	15.794,26	3,2%			
Ilumin./Serviço público	1.705,25	0,3%			

Fonte: ANEEL (2019).

As instalações de MMGD que englobam quase 80% da potência instalada correspondem às classes comercial e residencial. A modalidade mais comum é a geração na própria unidade consumidora, sendo que apenas 27 instalações são do tipo múltiplas unidades consumidoras, o que significa que os condomínios e edifícios ainda não aderiram ao mercado. A partir disso, os fatores que podem elevar ou barrar o sucesso dessas instalações de energia fotovoltaica são abordados na próxima seção.

## 2.2 SUCESSO DE PROJETOS

A palavra “sucesso” pode referir-se a uma infinidade de subjetividades de cada indivíduo envolvido em um projeto. Essa palavra significa diferentes coisas para diferentes pessoas e é muito dependente do contexto em que se insere (CHAN; CHAN, 2004; JUGDEV; MÜLLER, 2005). Para isso, é importante definir “sucesso” no contexto do presente estudo. O Quadro 2.2 apresenta definições da palavra sucesso na concepção de alguns autores.

## Quadro 2.2 – Definições da palavra sucesso

<b>Autores</b>	<b>Definição</b>
(WIT, 1988)	O grau em que os objetivos foram atingidos determina o sucesso ou o fracasso de um projeto.
(PARFITT; SANVIDO, 1993)	Um sentimento de percepção intangível, que varia de acordo com diferentes expectativas de gestão, entre as pessoas e com as fases do projeto.
(BACCARINI, 1999)	Os projetos são formados para atingir os objetivos e o sucesso é medido em termos de satisfação desses objetivos.
(ZACCARELLI, 2012)	A concepção de sucesso é sempre dinâmica, está ligada a um processo, ao contrário de algo conquistado e acabado, portanto estático.
(HOLTORF et al., 2015)	O termo "sucesso" é usado para descrever uma situação em que todos os objetivos das partes interessadas envolvidas são alcançados.
(RADUJKOVIĆ; SJEKAVICA, 2017)	Sucesso do projeto está ligado com o resultado da avaliação da realização geral dos objetivos do projeto.
(AURÉLIO, 2018)	Êxito, bom resultado.
(OXFORD, 2018)	A realização de um objetivo ou propósito.

Fonte: Autora.

A partir das definições do Quadro 2.2, o sucesso é considerado neste estudo como o atingimento dos objetivos estabelecidos pelo modelo de diagnóstico no projeto de implementação do sistema de MMDG de energia fotovoltaica. Nesse sentido, as principais distinções dos conceitos associados à gestão do sucesso são:

- a) sucesso do projeto: medido em relação aos objetivos gerais do projeto (WIT, 1988);
- b) sucesso da gestão do projeto: medido considerando o desempenho em relação a custo, tempo/cronograma e qualidade do desenvolvimento do projeto (WIT, 1988);
- c) critérios de sucesso: são as medidas pelas quais o sucesso ou o fracasso do projeto é julgado (COOKE-DAVIES, 2002); Também é definido como um conjunto de princípios ou padrões pelos quais os resultados favoráveis podem ser concluídos dentro de uma especificação definida. (CHAN; CHAN, 2004);
- d) fatores de sucesso: são os insumos para o sistema de gestão conduzir diretamente ou indiretamente ao sucesso de um projeto (COOKE-DAVIES, 2002).

Conectando os conceitos supracitados, Chan e Chan (2004) afirmam que tempo, custo e qualidade são critérios principais para avaliar o sucesso da gestão de

projetos – Medidas tradicionais de sucesso do projeto focadas no chamado triângulo de ferro (SERRADOR; TURNER, 2014) – mas que a complexidade dessa avaliação é muito maior. Devido a tal complexidade, os critérios de sucesso são constantemente enriquecidos. Então, é necessário realizar uma análise crítica e sistemática da literatura existente para desenvolver uma estrutura relevante para medir o sucesso, tanto qualitativamente, quanto quantitativamente (CHAN; CHAN, 2004). É nessa linha de argumentação que se estabeleceu a metodologia de Revisão Sistemática da Literatura apresentada no **APÊNDICE A**. Nela foram elencados os fatores de sucesso em projetos de geração de energia fotovoltaica com base na literatura internacional. Os fatores de sucesso são apresentados na Seção 4.1.

### 2.3 ABORDAGEM PARA MODELAGEM DO DIAGNÓSTICO

Diagnóstico organizacional pode ser definido como um processo de avaliação análise, descrição, explicação e previsão do estado de uma organização (BÜSSING, 2004). O objetivo é fornecer informações sobre a situação organizacional existente que pode promover ou bloquear os avanços futuros (RODSUTTI; MAKAYATHORN, 2005). Para isso, faz-se uso de modelos conceituais e métodos científicos que visam encontrar formas de resolver problemas ou identificar oportunidades de melhoria (HARRISON, 2005). Harrison (2005) afirma que um diagnóstico completo engloba as seguintes fases:

- a) entrada: clientes e consultores exploram as expectativas para o estudo; o cliente apresenta problemas e desafios; o consultor avalia a probabilidade de cooperação por meio de pesquisa; e o consultor faz um reconhecimento preliminar de problemas organizacionais;
- b) contratação: consultores e clientes negociam e concordam sobre a natureza do diagnóstico e as relações cliente-consultor;
- c) projeto de estudo: métodos, procedimentos de medição, amostragem, análise e procedimentos administrativos são planejados;
- d) coleta de dados: os dados são coletados por meio de entrevistas, observações, questionários, análise de dados secundários, discussões em grupo e *workshops*;
- e) análise: os consultores analisam os dados, resumem os resultados, interpretam e preparam o *feedback*;

- f) *feedback*: os consultores apresentam resultados aos clientes. Podem incluir recomendações explícitas ou resultados mais gerais para estimular discussão, tomada de decisão e planejamento de ações.

Nesse caso, as essas fases são concebidas no desenvolvimento deste estudo. A elaboração do diagnóstico deve cumprir os padrões de pesquisa científica (BÜSSING, 2004). Com a pesquisa científica, por meio da revisão sistemática, buscou-se os fatores a serem considerados no diagnóstico. Esses fatores precisam ser explorados para entender os pontos fortes e fracos existentes da organização antes que qualquer mudança ocorra (RODSUTTI; MAKAYATHORN, 2005). Ou seja, os fatores de sucesso de um projeto. Então, quando o diagnóstico estiver concluído, a tarefa do profissional de diagnóstico consiste em fornecer orientação geral para a organização ao decidir como tomar medidas corretivas (BISSELL; KEIM, 2008).

A presente seção aborda os conceitos necessários para o desenvolvimento da modelagem do diagnóstico. A primeira subseção aborda os sistemas de mensuração de desempenho e a segunda subseção apresenta a abordagem multicritério de apoio a decisão. Ao acoplar esses conceitos, o modelo de diagnóstico mensura o nível de sucesso para a implementação de projetos de MMGD de energia fotovoltaica.

### **2.3.1 Sistemas de mensuração de desempenho**

Medir o desempenho é uma ação que todas as organizações fazem, seja de modo sistemático e completo ou superficial (PARKER, 2000). Os Sistemas de Mensuração de Desempenho (SMD) tem diversas definições (MOULLIN, 2007), mas as que mais se assemelham ao contexto deste trabalho são as seguintes: SMD são um conjunto de métricas usadas para quantificar a eficiência e efetividade das ações de uma organização (NEELY; GREGORY; PLATTS, 1995). Os SMD tratam-se de sistemas de informação que os administradores usam para rastrear a implementação da estratégia do negócio, por meio da comparação dos resultados reais com os objetivos e metas estratégicas (SIMONS, 2000). A partir disso, a mensuração de desempenho se apresenta como uma ajuda importante para fazer julgamentos e tomar decisões, sendo que uma das razões pelas quais as empresas fazem a mensuração é para identificar o seu sucesso (BADAWY et al., 2016; KAPLAN; NORTON, 1997; PARKER, 2000).

O processo de mensuração de desempenho parte da compreensão completa da direção que a organização quer tomar (seus objetivos), sendo que, sequencialmente, esses objetivos devem ser divididos em um número de pequenos alvos, que consistirão de base para as medidas (ISHAQ BHATTI; AWAN; RAZAQ, 2014; VARCOE, 1996). Por isso, são métricas muito influentes na medida em que têm relações causais preditivas e perspicazes dentro dos processos (BADAWY et al., 2016). Ainda sobre o processo de mensuração, este se caracteriza como uma comparação direta do objeto estudado com uma série de padrões que materializa a escala de referência (RODSUTTI; MAKAYATHORN, 2005).

Para realizar a mensuração de desempenho, existem diferentes métodos. Os principais deles apontados pela literatura, apresentados por Neuenfeldt Júnior (2014), são: administração por objetos (APO); Três níveis de desempenho; Mckinsey 7-S; *Baldrige*; *Quantum*; *Performance Prism*; *Balanced Scorecard* (BSC); e *Key Performance Indicators* (KPI). À vista desses conceitos, destaca-se o KPI como o método utilizado neste estudo, por representar um conjunto de medidas focadas nos aspectos do desempenho organizacional que são os mais importantes para o sucesso atual e futuro da organização (PARMENTER, 2010). Ou, nesse caso, no sucesso dos projetos de MMGD fotovoltaica.

Para medir, gerenciar e comparar o desempenho, as organizações devem conhecer os KPI (ISHAQ BHATTI; AWAN; RAZAQ, 2014). Visto que os KPI são usados para medir e controlar os processos e metas de vários tipos de negócios, pois são métricas financeiras ou não financeiras que fornecem informações focadas em situações ou dados complexos (BEHRENS; LAU, 2008). Parmenter (2010) foi capaz de definir as características que os KPI devem possuir, são elas: (a) medidas não monetárias; (b) mensuradas frequentemente; (c) definidos pelo diretor executivo e pelo time de gestão; (d) indicam claramente que ações são necessárias por parte dos funcionários da empresa; (e) distribuem responsabilidades entre os membros da equipe; (f) incentivam ações apropriadas; e (g) possuem impacto significativo, pois afetam um ou mais Fatores Críticos de Sucesso (FCS).

Nesse caso, os KPI devem partir dos FCS, que são aqueles fatores de desempenho que devem receber a atenção contínua da administração para que a empresa permaneça competitiva (ROCKART, 1979). FCS são aqueles que determinam o sucesso ou o fracasso de uma aliança (HOFFMANN; SCHLOSSER, 2001). Sendo que são considerados como aspectos que influenciam

significativamente o desempenho competitivo de uma organização, quando gerenciados (RESENDE et al., 2018). Os FCS podem ser agrupados em Pontos de Vista Fundamentais (PVF). Então, a relação entre KPI, FCS e PVF pode ser organizada em uma hierarquia, onde os PVF representam o primeiro nível.

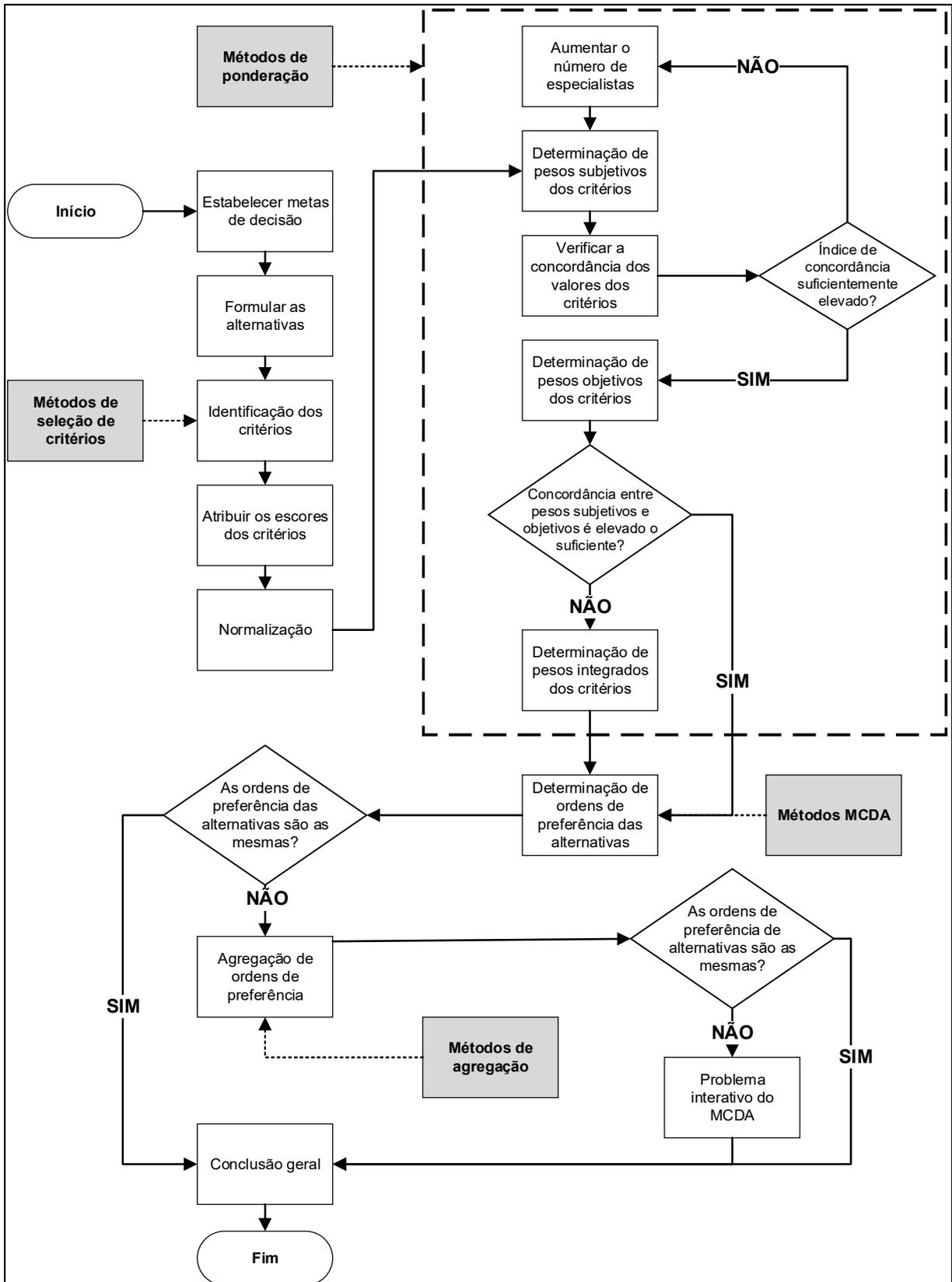
A partir desses conceitos de mensuração de desempenho, é realizada a construção dos indicadores do diagnóstico. Porém, é necessário investigar formas de modelar os indicadores em uma estrutura que calcule o impacto que cada indicador tem perante o conjunto de indicadores. Essa investigação refere-se a próxima subseção.

### **2.3.2 Análise Multicritério de Apoio a Decisão**

Quando o pesquisador se encontra em meio a um problema com no mínimo duas ações possíveis para solucioná-lo, ele pode utilizar de técnicas de Análise Multicritério de Apoio a Decisão (MCDA) (ALMEIDA, 2013; GOMES; GOMES, 2012). Isso é possível porque esses métodos têm como objetivo desenvolver e implementar ferramentas de apoio a decisão, construídas em um processo de modelagem interativo, para obter uma recomendação que respeite as necessidades do pesquisador (DOUMPOS; GRIGOROUDIS, 2013). Os métodos MCDA constituem-se de ferramentas valiosas para estruturar e avaliar situações de decisão complexas, pois são capazes de desenvolver o conhecimento de especialistas e produzir sistemas de avaliação baseados em valores e experiências (CARAYANNIS et al., 2018).

Geralmente, um método MDCA inclui quatro etapas principais: (a) formulação de alternativas e seleção de critérios; (b) ponderação de critérios (atribuição de pesos aos critérios); (c) avaliação das alternativas; e (d) tratamento final e agregação (WANG et al., 2009). Com base nessas quatro etapas, a Figura 2.3 apresenta o fluxograma do processo generalista de um problema de MCDA. Ela foi desenvolvida por Wang et al. (2009) em uma revisão bibliométrica sobre métodos MDCA para decisões em energias sustentáveis. O processo necessita de métodos de seleção de critérios, métodos de ponderação, métodos para a análise MCDA e, se necessário, métodos de agregação. Desse modo, o pesquisador pode optar por métodos que englobam mais de uma etapa, ou por escolher diferentes métodos para cada uma das etapas. À vista disso, as etapas de um processo MDCA podem ser realizadas em sequências diferentes da apresentada (THOKALA et al., 2016).

Figura 2.3 – MCDA para processo de decisão em energias sustentáveis



Fonte: Wang et al. (2009).

A primeira etapa da Figura 2.3 é a seleção dos critérios, feita a partir de revisões de literatura ou entrevistas e *workshops* com os interessados (PAN et al., 2012). Para auxiliar os pesquisadores no processo de seleção de critérios, os seguintes princípios, apontados por Wang et al. (2009) podem ser utilizados: (1) princípio sistêmico; (2) princípio de consistência; (3) princípio da independência; (4) princípio da mensurabilidade; e (5) princípio de comparabilidade. Contudo, esses métodos podem apontar falhas na escolha dos critérios, então os pesquisadores podem usar métodos racionais, como Método Delphi, *Least Mean Square* (LMS), *Minmax Deviation* e Método do coeficiente de correlação (SI et al., 2016).

Para determinar o impacto relativo de cada critério no problema de decisão é necessário escolher um método de ponderação. Esses métodos podem ser de caráter objetivo, subjetivo ou uma combinação de ambos (JAHAN et al., 2012; SI et al., 2016). Alguns dos métodos objetivos são: *Least Mean Square* (LMS), *Minmax Deviation*, *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS), Coeficiente de correlação múltipla e Análise dos componentes principais (SI et al., 2016; WANG et al., 2009). E alguns dos métodos subjetivos são: *Simple Multi Attribute Rating Technique* (SMART), SMARTER, *Analytic Hierarchy Process* (AHP), *SWING Weighting*, Procedimento de *Trade-off* e Método Delphi (ALMEIDA, 2013; JAHAN et al., 2012; WANG et al., 2009). Os métodos de ponderação subjetiva foram os métodos mais utilizados em processo de decisão em energia sustentável (WANG et al., 2009). Geralmente eles necessitam de matrizes ponderadas e pontuadas por especialistas e, por isso, os critérios elencados na etapa anterior devem ser mensuráveis para a avaliação do quanto o objetivo do pesquisador está sendo cumprido (MORALES-TORRES et al., 2016).

Depois de determinar os pesos dos critérios, a próxima etapa é o processo de escolha do método certo para integrar a pontuação e identificar a melhor alternativa de decisão. Os métodos derivam das escolas Americana, Francesa, ou Híbrida, onde cada uma possui características próprias (GOMES; GOMES, 2012). Os principais métodos são: AHP, TOPSIS, SMART; Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT), ELECTRE, PROMETHEE e *Utility Theory Additive* (UTA) (ALMEIDA, 2013; SI et al., 2016; WANG et al., 2009). Esses métodos são utilizados na tomada de decisão de questões de energias sustentáveis devido a multidimensionalidade do conceito de sustentabilidade e da complexidade dos fatores socioeconômicos e biofísicos envolvidos nessas decisões (WANG et al., 2009). Consequentemente, as técnicas

MCDA podem contribuir no âmbito da sustentabilidade social e ambiental (CARAYANNIS et al., 2018).

Após a aplicação dos métodos MCDA, o pesquisador seleciona a melhor alternativa baseada nas ordens de classificação. Porém, a aplicação de vários métodos MCDA pode resultar em ordens de classificação de preferência diferentes. A *Analytic Hierarchy Process* (AHP) é o método MCDA mais popular (WANG et al., 2009). E método de agregação aditivo determinístico, como o método AHP, não necessita realizar a etapa de agregação, pois sua metodologia aborda essa análise (GOMES; GOMES, 2012). A AHP foi desenvolvida por Thomas Saaty em 1971, e definida em Saaty (1987) como uma teoria geral da medida usado para derivar escalas de proporção de comparações pareadas discretas e contínuas. As comparações podem ser tomadas a partir de medidas reais de uma escala fundamental que reflete as preferências e sentimentos do analista.

A partir disso, a AHP possui três etapas em sua elaboração: (a) estruturação da hierarquia entre critérios e alternativas; (b) produção das matrizes de comparação pareada (julgamentos); e (c) cálculo dos valores dos pesos dos critérios e pontuação do desempenho das alternativas (BHUSHAN; RAI, 2004; SI et al., 2016). Primeiramente, o problema é decomposto em uma hierarquia de objetivos, critérios, subcritérios e alternativas. Essa é a parte mais importante da tomada de decisões, pois estruturar o problema como uma hierarquia é fundamental para o processo da AHP, indicando uma relação entre elementos de um nível com os do nível imediatamente abaixo (BHUSHAN; RAI, 2004).

Sequencialmente, os julgamentos são coletados com especialistas ou tomadores de decisão envolvidos no problema que podem avaliar a comparação como igual, marginalmente forte, forte, muito forte e extremamente forte, pois a AHP é um tipo de comparação pareada com diferentes escalas para a importância relativa (BHUSHAN; RAI, 2004; SAATY, 2012; SI et al., 2016). A atribuição de pesos é realizada da seguinte forma: primeiro, os pesos subjetivos são determinados por especialistas e a concordância dos valores dos critérios é verificada pelo tomador de decisão. Quando o índice de concordância (IC) não é suficientemente alto, são necessários mais especialistas para modificar os pesos subjetivos a fim de obter uma alta concordância (WANG et al., 2009). A partir dessas pontuações, as comparações em pares de vários critérios são organizadas em uma matriz quadrada (BHUSHAN; RAI, 2004). Essa matriz é apresentada na Figura 2.4, somado ao processo matemático.

Figura 2.4 – Formulário para cálculo da AHP

PROCESSO	DESCRIÇÃO E JULGAMENTO	FÓRMULA
1	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Construir a matriz de julgamentos A</div>	<p>Os elementos diagonais da matriz são 1. O critério da linha <math>i</math> é melhor do que o critério da coluna <math>j</math>, se o valor do elemento <math>(i, j)</math> for superior a 1. O elemento <math>(j, i)</math> da matriz é o recíproco do elemento <math>(i, j)</math>.</p> $A = \begin{bmatrix} 1 & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$
2	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Multiplicam-se os <math>n</math> elementos de cada linha</div>	<p>Após a definição da matriz de julgamentos A, é necessário multiplicar os <math>n</math> elementos em cada linha.</p> $a_i = \prod_{i=1}^n a_{in}$
3	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Calcular a raiz <math>n</math>-ésima</div>	<p>Após a multiplicação dos <math>n</math> elementos de cada linha, toma-se a raiz <math>n</math>-ésima do termo resultante de cada linha. Isso resultará em uma matriz de pesos <math>W</math>.</p> $w_i = \sqrt[n]{a_i}$
4	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Normalizar a matriz de pesos</div>	<p>Após ter a coluna de matriz de pesos <math>W</math> é necessário normalizá-la.</p> $w'_i = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij}}{n}$
5	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Apresentar a matriz dos pesos das alternativas</div>	<p>Após o cálculo do passo anterior é obtida a matriz <math>W'</math> dos pesos das alternativas.</p> $W' = \begin{bmatrix} w'_1 \\ \vdots \\ w'_n \end{bmatrix}$
6	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Estudar a consistência da matriz A: Calcular a soma produto de cada linha da matriz A</div>	<p>A consistência de uma matriz é avaliada através de seu autovalor máximo (<math>\lambda_{max}</math>), que deve ser aproximadamente <math>n</math>. Calcula-se a soma produto de cada linha matriz A pelo valor <math>W'</math> correspondente.</p> $b_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot w'_j$
7	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Estudar a consistência da matriz A: Dividir os resultados <math>b</math> pelos vetores da matriz <math>W'</math></div>	<p>Após o cálculo dos valores de <math>b</math>, os resultados são divididos pelos valores da matriz <math>W'</math></p> $c_i = \frac{b_i}{w'_i}$
8	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Estudar a consistência da matriz A: Calcular o autovalor máximo</div>	<p>Então, o cálculo do autovalor é realizado. O autovetor mostra a ordem de prioridade e o autovalor é a medida de consistência do julgamento.</p> $\lambda_{max} = \frac{\sum_{j=i}^n c_i}{n}$
9	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Estudar a consistência da matriz A: Calcular o Índice de Consistência (IC)</div>	<p>Então, é possível calcular o valor do índice de consistência (IC). Onde <math>n</math> é a ordem da matriz de pesos.</p> $IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$
10	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Estudar a consistência da matriz A: Calcular a relação de consistência</div>	<p>A relação de consistência (RC) é a razão entre índice de consistência e um Índice Randômico (IR) médio tabelado. A RC com 0,10 ou menos é considerada aceitável.</p> $RC = \frac{IC}{IR}$

Onde:

$A$  = Matriz de julgamentos de  $i$  linhas e  $j$  colunas ( $\forall i, j = \{1, 2, \dots, n\}$ );

$w_i$  = Peso da linha  $i$  não normalizada;

$W'$  = Matriz de pesos normalizada;

$\lambda_{max}$  = Autovalor máximo da matriz de julgamentos;

$IC$  = Índice de consistência da matriz de julgamentos;

$IR$  = índice Randômico; e

$RC$  = Relação de consistência da matriz de julgamentos.

Com base no procedimento exposto acima, nos passos 1 a 5 é que se estabelece o peso de cada um dos critérios selecionados para a escolha das alternativas do problema de decisão utilizando o método AHP. Os passos 6 a 10 investigam a consistência dos julgamentos dos critérios pelos especialistas. Muitas pesquisas utilizam a AHP associada à energia fotovoltaica, seja em investigação de fatores de sucesso (REINSBERGER et al., 2015; SINDHU; NEHRA; LUTHRA, 2017) ou no processo de decisão entre diferentes alternativas de energia sustentável (ÇOLAK; KAYA, 2017; JHA; PUPPALA, 2017; KAYA; KAHRAMAN, 2010; TASRI; SUSILAWATI, 2014).

A partir dos conceitos explorados e da abordagem proposta, é utilizado o método de ponderação e a estrutura hierárquica da AHP associado ao conceito de KPI, para a construção do diagnóstico.

## 2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo foi apresentado o suporte teórico necessário para o desenvolvido desta pesquisa. A compreensão de que a MMGD tem uma configuração diferente da geração centralizada, e que é regida por normas regulamentadoras específicas, são importantes para a modelagem do diagnóstico, que considerou as especificidades desse mercado. Considerando que o modelo de diagnóstico mede o nível de sucesso dos projetos de MMGD, foi explanado o que a palavra “sucesso” significa para o modelo de diagnóstico. Por fim, métodos de SMD e MCDA foram apresentados e discutidos, para a compreensão de qual linha metodológica este trabalho seguiu. Então, o próximo capítulo apresenta a metodologia deste estudo.



### 3 METODOLOGIA

O presente capítulo apresenta o delineamento metodológico para a condução desta pesquisa e constitui-se de cinco seções. A primeira seção trata da classificação metodológica da pesquisa. A segunda seção explana todas as etapas da pesquisa. A terceira seção exhibe o cenário de aplicação do estudo. A quarta seção refere-se a coleta dos dados. A quinta seção apresenta a matriz de amarração da pesquisa. Por fim, são tecidas algumas considerações finais sobre o capítulo.

#### 3.1 ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO

A presente pesquisa é classificada quanto a natureza como aplicada e faz uso do método científico indutivo. Uma pesquisa de natureza aplicada abrange estudos que objetivam resolver problemas identificados no meio ambiente em que o pesquisador reside, adquirindo conhecimentos com vistas a aplicá-lo em uma situação específica (GIL, 2017). Dentro desse contexto, o raciocínio indutivo é realizado por meio da observação de casos concretos e reais e busca a generalização de propriedades comuns (CERVO; BERVIAN; SILVA, 2014; MARCONI; LAKATOS, 2017a). No contexto da abordagem, a pesquisa é caracterizada como qualitativa e quantitativa.

Em relação aos objetivos, a pesquisa enquadra-se como exploratória e descritiva. Exploratória, pois finda proporcionar familiaridade com o tema e problema estudado para que o torne explícito ou para definir hipóteses (MATIAS-PEREIRA, 2016). Descritiva, porque visa descrever as características de determinada população ou o estabelecimento de relações entre variáveis e, para isso, envolve o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados, como questionário e observação sistemática. Essas técnicas padronizadas referem-se aos instrumentos de coleta I e II (explicados na Subseção 3.2 e **APÊNDICE B e C**), servindo para coletar os dados que foram utilizados para a modelagem, descrevendo as variáveis elencadas e as relações entre elas

Para uma melhor compreensão desta Seção, a Figura 3.1 exhibe a ilustração do enquadramento metodológico desta pesquisa.

Figura 3.1 – Enquadramento Metodológico

Enquadramento Metodológico					
Natureza	Método Científico	Abordagem	Objetivos	Procedimentos	Execução
Aplicada	Indutivo	Qualitativa	Exploratória	Bibliográfica	Consulta às fontes apresentadas nos capítulos 1 e 2
				Revisão Sistemática	Para construção da árvore hierárquica ( <b>APÊNDICE A</b> )
		Quantitativa	Descritiva	Modelagem	Aplicação dos instrumentos de coleta de dados I e II ( <b>APÊNDICE B e C</b> ) e desenvolvimento do modelo de diagnóstico
				Estudo de Caso	

Fonte: Autora.

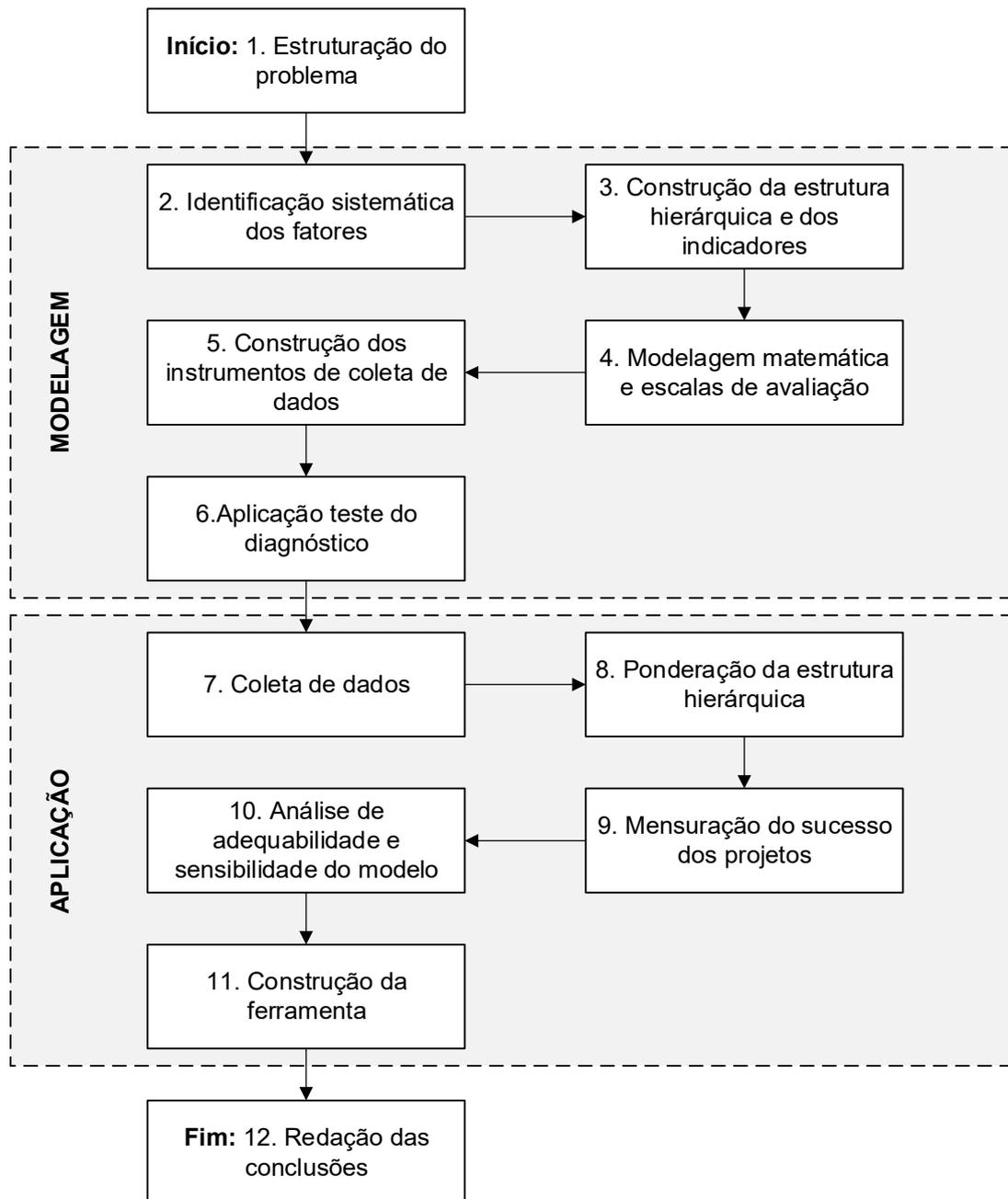
No que se refere aos procedimentos técnicos, a pesquisa necessitou utilizar de quatro procedimentos. Nesse sentido, a pesquisa bibliográfica ou de fontes secundárias é o levantamento de referências publicadas em artigos científicos (impressos ou virtuais), livros, dissertações de mestrado e teses de doutorado (MARCONI; LAKATOS, 2017b). Essa pesquisa foi apresentada nos Capítulos 1 e 2. Para realizar a construção da estrutura hierárquica, composta por PVF e FCS, foi utilizada a metodologia de Revisão Sistemática da Literatura (RSL), por proporcionar uma visão abrangente e robusta do tema estudado (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2014). Essa revisão foi realizada minuciosamente para identificar quais são os FCS no contexto do problema de pesquisa e está descrita no **APÊNDICE A**.

Sequencialmente, para o desenvolvimento e implementação do modelo de diagnóstico, esta pesquisa fez uso de estudo de caso. Esse procedimento serviu para coletar os dados para a modelagem e, também, para verificar a aplicabilidade do modelo de diagnóstico. Em paralelo, um procedimento que esta pesquisa necessitou utilizar é a modelagem, de modo a apoiar os investigadores para melhor entender os problemas, por meio de representações simplificadas da realidade, revelando um entendimento do ambiente que está sendo estudado (PIDD, 1998 apud DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015).

### 3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa percorreu 11 etapas, como pode ser observado na Figura 3.2.

Figura 3.2 – Etapas da pesquisa



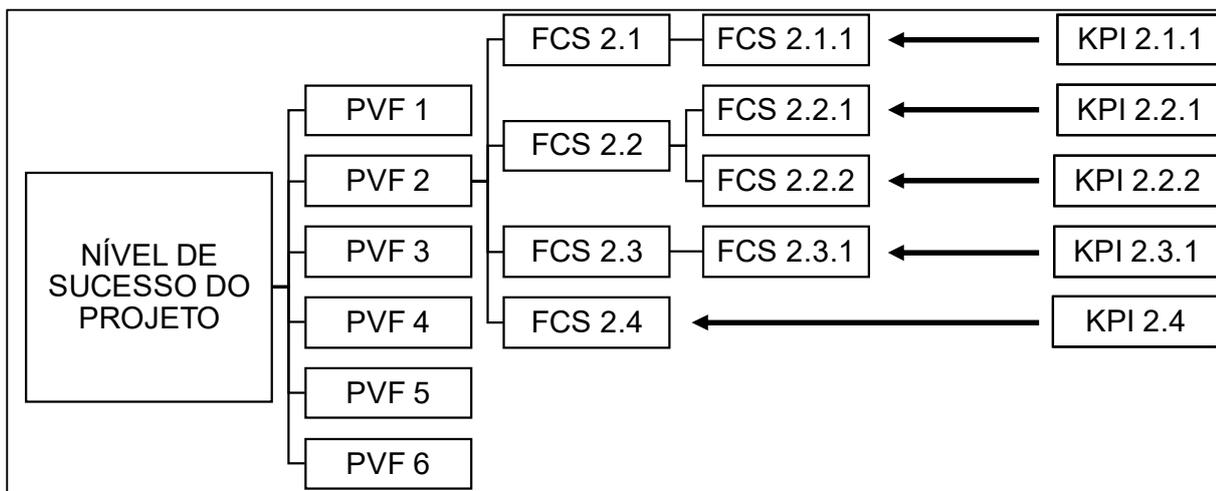
Fonte: Autora.

A etapa 1 corresponde ao processo de pesquisa bibliográfica. Quando foi definido o problema de pesquisa, foram realizadas investigações bibliográficas que o justificassem (em livros e artigos científicos) e que oferecessem suporte para estruturar as delimitações e objetivos do estudo, apresentados no Capítulo 1. A seguir, foi necessário criar conhecimento sobre a MMGD de energia fotovoltaica no Brasil, sobre os fatores de sucesso de projetos e de uma abordagem para modelagem do

diagnóstico, seções apresentadas no Capítulo 2. Sequencialmente, iniciou o procedimento de modelagem. Foi realizada a identificação sistemática dos fatores por meio de uma RSL para identificar os fatores de sucesso na geração de energia fotovoltaica. Foi um procedimento rigoroso, pois são esses fatores que correspondem às variáveis do modelo, sendo responsáveis por toda a mensuração do sucesso dos projetos. O processo de revisão sistemática é explicado no **APÊNDICE A** e os fatores são apresentados na Seção 4.1.

Devido à abordagem de sistemas de mensuração com base em KPI associado a MCDA utilizando a AHP, foi construída a estrutura hierárquica, composta por PVF e dois níveis de FCS. O modelo da estrutura hierárquica associado aos KPI, que são a entrada da mensuração da estrutura, é apresentada na Figura 3.3 e a estrutura hierárquica completa é apresentada na Seção 4.2.

Figura 3.3 – Modelo da estrutura hierárquica associado aos KPI



Fonte: Autora.

A partir dessa estrutura foi necessário construir os KPI para cada FCS de último nível. Com isso, foi possível estruturar dois instrumentos de coleta de dados, correspondente a etapa 5, são eles:

- a) Instrumento de coleta de dados I: Este instrumento é aplicado aos investidores de MMGD de energia fotovoltaica e tem dois objetivos. O primeiro refere-se ao processo de ponderação dos fatores. A ponderação foi calculada de acordo com a opinião dos tomadores de decisão, que responderam qual a importância que um KPI tem no atingimento do sucesso

do projeto. Ainda como ponderação, os investidores respondem qual a importância de cada PVF analisados par-a-par com base no sistema de ponderação da AHP, a escala linear de Saaty, resultando em matrizes de pesos que são processadas por meio das fórmulas da Figura 2.4. O segundo objetivo desse instrumento refere-se ao diagnóstico do projeto, ou seja, é a mensuração dos KPI que estão conectados aos FCS. Esse instrumento é composto por questões fechadas de múltipla escolha de 5 pontos. As respostas dos investidores são processadas individualmente, pois cada projeto resulta em uma porcentagem de atingimento do sucesso. O instrumento pode ser visto no **APÊNDICE B**;

- b) Instrumento de coleta de dados II: refere-se ao processo de ponderação dos fatores pelos especialistas. Esse instrumento é igual ao instrumento de coleta de dados I, apenas sem a mensuração dos KPI. Porque o objetivo é identificar quais são os níveis de importância dos fatores no sucesso dos projetos por meio da opinião de profissionais e pesquisadores da área. As respostas dos tomadores de decisão são processadas juntas para que possa ser realizada a média das opiniões dos especialistas. O instrumento pode ser visto no **APÊNDICE C**.

A etapa 6 consistiu em uma aplicação teste do diagnóstico. Foram aplicados 10 instrumentos de coleta de dados com investidores, e realizados todos os cálculos para verificar a qualidade dos fatores, indicadores e escalas de avaliação. A aplicação do diagnóstico proposto nessa amostra inicial permitiu verificar que as escalas de avaliação foram selecionadas corretamente, que os investidores compreendiam as questões do instrumento de coleta de dados e que os dados resultantes eram confiáveis, obtendo Alfa de Cronbach abaixo de 0,8 e relação de consistência da matriz de pesos das AHP de aproximadamente 10%.

Diante dos resultados positivos da aplicação teste do diagnóstico, iniciou-se o procedimento de aplicação da modelo de diagnóstico com a etapa 7, que consistiu na coleta de dados com a aplicação de ambos os instrumentos. Essa aplicação foi feita com os investidores de MMDG de energia fotovoltaica da cidade de Santa Maria. O cenário é melhor explicado na Seção 3.3. Após a coleta de dados, a etapa 8 consistiu na mensuração dos pesos dos indicadores. Com os dados dos instrumentos em relação a ponderação, foi possível mensurar o peso que cada indicador tem no nível

de sucesso do projeto. Esse é o processo em que foram calculadas as matrizes de pesos dos PVF até que se obtivesse o peso total de cada PVF e calculados os pesos de cada KPI, por meio da formulação matemática da Seção 4.4. A partir disso, a etapa 9 consistiu na mensuração do sucesso dos projetos em que os investidores participantes da pesquisa mensuraram os KPI e por meio da formulação matemática da seção 4.5, foram obtidos os julgamentos de nível de sucesso de cada projeto. Após a aplicação do diagnóstico nos projetos, foi realizada a etapa 10, necessária para estudar a adequabilidade do diagnóstico e a sua sensibilidade, expostos nas Seções 5.3 e 5.4. Esse processo foi relevante para conhecer o impacto da ponderação no nível de sucesso dos investidores por meio da utilização, ou não, da opinião dos especialistas.

Por fim, na etapa 11 o diagnóstico foi transformado em uma ferramenta computacional de fácil acesso com disponibilidade *off-line*, e implementada com apoio de um *software* para edição de planilhas eletrônicas: *Microsoft Office Excel*<sup>®</sup>. O objetivo é de aproximar a pesquisa dos futuros usuários do diagnóstico, fazendo a ponte entre conhecimento científico e aplicação prática e duradoura da pesquisa, para contribuir com a sociedade.

### 3.3 CENÁRIO

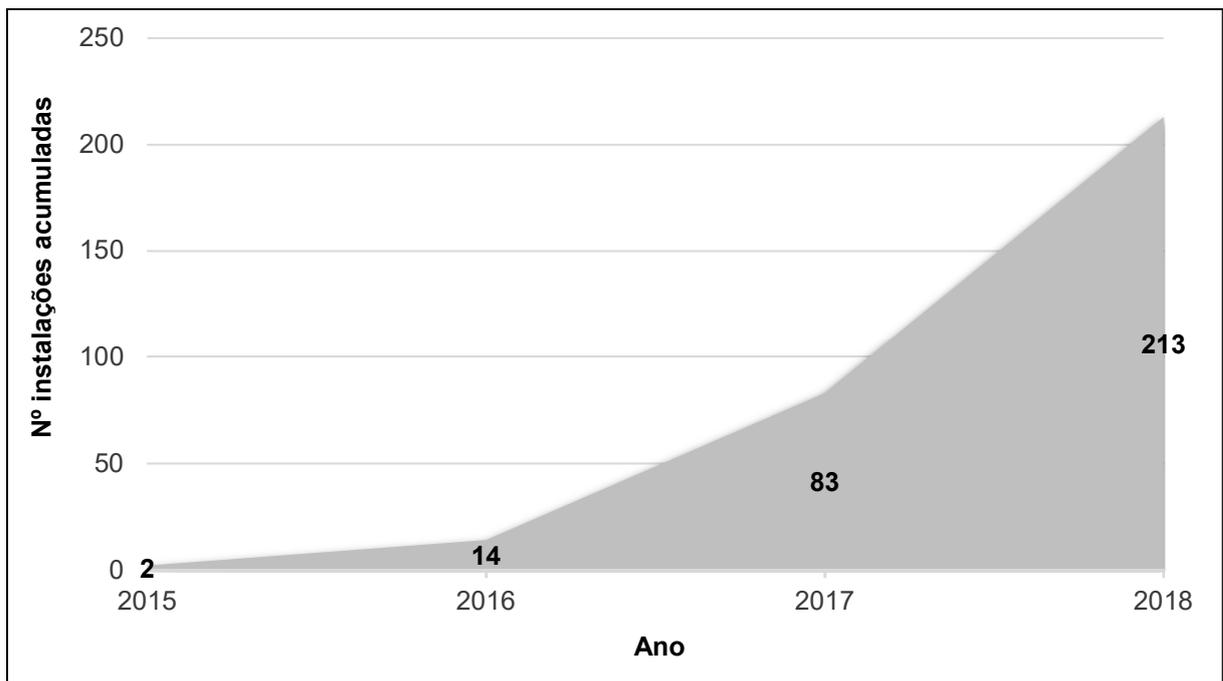
O cenário de pesquisa é a cidade de Santa Maria, pertencente ao Estado do sul do Brasil, o Rio Grande do Sul (RS). O plano energético do RS, publicado em 2016, aponta dois cenários de projeção de consumo de energia elétrica até o ano de 2040. O cenário pessimista, com taxa de crescimento de 2,1% ao ano, e o otimista, com taxa de crescimento de 4% ao ano (ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2016a). Em ambos cenários, prevê-se que o aumento do consumo irá ocorrer, e por isso, a diversificação da matriz energética da região é importante para seu desenvolvimento.

Nesse sentido, no ano de 2016 foi desenvolvido dois incentivos às energias renováveis no Estado: (a) o programa RS Energias Renováveis, que desenvolve o setor por meio de financiamentos concedidos para empresas que desejam realizar projetos de geração de energia de fontes limpas, não incluindo a MMGD (ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2016b); e (b) a isenção do Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias (ICMS), por meio do Decreto N° 52.964, de 30 de março de 2016, para as unidades de consumo que possuem instaladas micro e

minigeradoras distribuídas de energia limpa e renovável (ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2016c). Com ambas medidas, o governo pretendeu estimular o uso em maior escala das fontes de energias renováveis, sendo a segunda medida focada na energia fotovoltaica, por ser a mais utilizada no âmbito da MMGD.

No contexto brasileiro, o RS é o segundo estado em número de instalações de micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica, sendo que em dezembro de 2018 acumulava um total de 6.603 instalações (ANEEL, 2019). As cinco cidades do estado com maior número de instalação são: Santa Cruz do Sul (482), Porto Alegre (285), Santa Maria (213), Venâncio Aires (205) e Novo Hamburgo (181) (ANEEL, 2019). Mesmo não sendo a maior cidade do estado, Santa Maria encontra-se em terceiro lugar no número de instalações de MMGD de energia fotovoltaica no estado. Conforme a Figura 3.4, o crescimento de instalações no ano de 2018 foi significativo.

Figura 3.4 – Crescimento do número de instalações em Santa Maria



Fonte: ANEEL (2019).

As 213 instalações geram um total de 1.832,52 kW de potência. A grande maioria das instalações são das classes residencial e comercial. A residencial com um total de 162 instalações gerando 804,32 kW. A classe comercial totaliza 41 instalações, mas que geram 830,31 kW, quase a mesma potência que a classe

residencial. Existem apenas cinco instalações industriais e cinco rurais, somando 167,22 kW de potência.

### 3.4 COLETA DE DADOS

O cenário da pesquisa possui 213 investidores em energia fotovoltaica, porém, esse número é menor, considerando que alguns investidores possuem em seu nome dois sistemas, um sistema comercial e um sistema residencial, ou a ampliação de um sistema. Essa segunda opção ocorre porque quando um sistema é ampliado, esse projeto é considerado uma nova unidade geradora de energia para o banco de dados da ANEEL. Para o processo de coleta de dados, 81 investidores foram contatados e 32 aderiram à pesquisa. Das 32 coletas de dados com os investidores, 18 foram *in loco* e 14 *online*, por meio da transformação do Instrumento de coleta de dados I em um formulário *Google Docs*. O Quadro 3.1 apresenta as características técnicas das instalações dos investidores.

Quadro 3.1 – Características dos investidores

(continua)

Investidor	Sexo:	Classe	Subgrupo	UC que recebem crédito	Data de conexão	Potência Instalada (kW)
Investidor 1	Masculino	Residencial	B1	1	27/06/2017	5,20
Investidor 2	Masculino	Residencial	B1	1	08/11/2017	1,08
Investidor 3	Masculino	Residencial	B1	1	29/06/2017	2,38
Investidor 4	Masculino	Residencial	B1	1	19/06/2018	5,00
Investidor 5	Masculino	Residencial	B1	1	18/07/2017	2,00
Investidor 6	Feminino	Residencial	B1	1	16/08/2017	5,03
Investidor 7	Feminino	Residencial	B1	1	13/08/2016	5,00
Investidor 8	Feminino	Residencial	B1	1	18/10/2017	5,00
Investidor 9	Feminino	Residencial	B1	1	03/01/2017	2,12
Investidor 10	Masculino	Residencial	B1	1	07/06/2017	5,00
Investidor 11	Feminino	Residencial	B1	1	30/05/2018	3,00
Investidor 12	Masculino	Comercial	B1	2	21/12/2017	21,01
Investidor 13	Masculino	Residencial	B1	1	21/02/2017	2,88
Investidor 14	Masculino	Residencial	B1	1	15/08/2017	3,00
Investidor 15	Feminino	Residencial	B1	1	30/05/2018	5,00
Investidor 16	Masculino	Residencial	B1	1	08/08/2016	2,60
Investidor 17	Feminino	Residencial	B1	1	10/10/2016	5,00
Investidor 18	Masculino	Residencial	B1	1	24/05/2016	2,55
Investidor 19	Masculino	Residencial	B1	1	05/12/2017	1,08
Investidor 20	Feminino	Residencial	B1	1	03/09/2018	1,95
Investidor 21	Feminino	Residencial	B1	1	05/01/2018	3,00
Investidor 22	Masculino	Residencial	B1	1	25/07/2017	2,00
Investidor 23	Masculino	Comercial	B3	3	11/05/2017	36,00
Investidor 24	Masculino	Residencial	B1	1	21/02/2017	2,88
Investidor 25	Masculino	Comercial	B3	1	22/08/2018	75,00

Quadro 3.1 – Características dos investidores

(conclusão)

Investidor	Sexo:	Classe	Subgrupo	UC que recebem crédito	Data de conexão	Potência Instalada (kW)
Investidor 26	Masculino	Comercial	B3	1	06/08/2018	12,50
Investidor 27	Masculino	Residencial	B1	1	01/03/2017	3,84
Investidor 28	Masculino	Residencial	B1	1	28/09/2018	4,69
Investidor 29	Masculino	Residencial	B1	1	04/07/2018	3,00
Investidor 30	Masculino	Residencial	B1	1	28/09/2018	3,00
Investidor 31	Masculino	Industrial	B3	1	06/08/2018	36,72
Investidor 32	Masculino	Residencial	B1	1	25/07/2016	3,78

Fonte: Autora.

O Quadro 3.1 está organizado na sequência da realização da coleta de dados. São 27 instalações residenciais, 4 comerciais e 1 industrial. A instalação mais antiga tem 2 anos e 5 meses e a mais nova apenas 1 mês. As instalações residenciais possuem a média de 3,37 kW de potência. As demais possuem entre 12 kW e 75 kW de potência. A confiabilidade das respostas foi analisada por meio do Alfa de Cronbach, que resultou em 0,85, classificada como uma consistência boa dos dados.

Além da coleta de dados com os investidores do cenário estudado, também foram aplicados instrumentos de coleta de dados II com os especialistas. Os especialistas são pesquisadores doutores. Foram contatados professores de grupos de pesquisa e pesquisadores de órgãos do governo. Foram obtidas 19 respostas, de especialistas pertencentes a: Ministério de Minas e Energia (MME), Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE), Grupo de Eletrônica de Potência e Controle da UFSM (GEPOC), Centro de Excelência em Energia e Sistemas de Potência da UFSM (CEESP), Laboratório de Energia Solar da UTFPR (LABENS), Departamento de Engenharia Elétrica da UFC e Departamento de Engenharia Elétrica da UFF. A confiabilidade das respostas pelo Alfa de Cronbach foi de 0,87, classificada com uma consistência boa de dados.

### 3.5 MATRIZ DE AMARRAÇÃO

A matriz de amarração da pesquisa consiste em uma figura que apresenta o relacionamento entre o problema de pesquisa e todos os demais processos desta dissertação. Essa matriz auxilia o leitor a compreender qual a relação entre cada

componente da dissertação na condução do problema de pesquisa ao objetivo geral do trabalho e sumariza tudo o que foi apresentado neste documento. Ela também permite identificar se existem divergências entre os objetivos, métodos e coleta de dados. Cada uma das colunas recebe uma numeração, e a linha de amarração se refere a qual coluna aquele termo deve estar amarrado. Essa matriz pode ser visualizada na Figura 3.5.

Figura 3.5 – Matriz de amarração da pesquisa

Problema de pesquisa (1)	Objetivo Geral (2)	Objetivos específicos (3)	Metodologia (4)	Coleta de dados (5)	Título do Trabalho (6)
Como auxiliar os investidores a tomar a decisão sobre a implementação de um projeto de micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica?	Propor um modelo de diagnóstico para a auxiliar os investidores na tomada de decisão para a implementação de projetos de micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica.	a) Definir os fatores que impactam no sucesso dos investidores em projetos de micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica	Revisão Sistemática da Literatura (RSL)	<i>Strings</i> com palavras-chave em <i>DataBase</i> de artigos científicos	Modelo de diagnóstico para projetos de micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica
		b) Modelar matematicamente um diagnóstico que mensure o nível de sucesso de projetos de micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica por meio de sistema de mensuração de desempenho	Modelagem através de Sistemas de Mensuração de Desempenho (SMD) e Método de Ponderação AHP da MCDA.	Banco de dados ANEEL – Micro e Minigeração distribuída de Energia Fotovoltaica e Instrumento de coleta de dados I aplicado com o investidor e Instrumento de coleta de dados II aplicado com especialistas em energia fotovoltaica.	
		c) Verificar a aplicabilidade do modelo de diagnóstico em projetos de micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica por meio de estudos de caso. d) Implementar o modelo de diagnóstico em uma ferramenta computacional	Estudos de caso com investidores de projetos fotovoltaicos de micro e minigeração distribuída de Santa Maria – RS.		
<b>AMARRAÇÃO</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(2 e 3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(2 e 4)</b>

Fonte: Autora.

### 3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo foi apresentada a metodologia que conduziu este estudo, com o objetivo de fornecer informações para outros pesquisadores conhecerem os procedimentos desta pesquisa. Os procedimentos metodológicos apresentam 12 etapas executadas em dois processos metodológicos, a modelagem e a aplicação. Como o modelo de diagnóstico foi aplicado em projetos implementados, por isso, foi importante apresentar o cenário de aplicação da pesquisa. Além do cenário, foi apresentado as características das instalações dos 32 investidores. Pois futuras pesquisas em diferentes cenários ou em diferentes instalações podem apresentar diferentes resultados. Por fim, a matriz de amarração tem como objetivo fornecer uma visão ampla da pesquisa, para identificar o alinhamento entre o problema, objetivos e os procedimentos executados, por isso, consta neste capítulo.

Os próximos dois capítulos apresentam os resultados da aplicação das duas metodologias supracitadas, a modelagem e a aplicação. Então, o próximo capítulo expõe todo o desenvolvimento da modelagem do diagnóstico, que são os resultados das Etapas 2 e 6 da pesquisa.

## 4 MODELAGEM

O presente capítulo apresenta a construção da modelagem e constitui-se de seis seções. A primeira exhibe e discute os fatores de sucesso. A segunda apresenta a estrutura hierárquica. A terceira seção expõe os indicadores e as escalas de avaliação utilizadas na modelagem. A quarta e a quinta seção apresentam a formulação matemática da modelagem. Por fim, a sexta seção trata da construção do processo do sistema computacional para futura implementação da modelagem.

### 4.1 FATORES DE SUCESSO

Os fatores de sucesso em projetos de geração de energia fotovoltaica foram elencados e agrupados em seis categorias: econômicos, ambientais, mercadológicos, políticos, sociais e tecnológicos. As próximas seis subseções apresentam os fatores com seus respectivos autores e os analisa no contexto brasileiro.

#### 4.1.1 Fatores econômicos

O Quadro 4.1 apresenta os fatores econômicos. Esses são os mais importantes para o crescimento de qualquer produto ou serviço em qualquer país.

Quadro 4.1 – Fatores econômicos

<b>Fatores</b>	<b>Autores</b>
Redução da conta de energia	(ANAND; RAO, 2016; CUCCHIELLA; D'ADAMO; GASTALDI, 2015; PITT; MICHAUD, 2015)
Custos: Custo do sistema	(BROOKS; URMEE, 2014; CUCCHIELLA; D'ADAMO; GASTALDI, 2015; DÜŞTEGÖR et al., 2017; MOVILLA; MIGUEL; BLÁZQUEZ, 2013; RATNER; NIZHEGORODTSEV, 2017; SHARIF; MITHILA, 2013; SOLANGI et al., 2013; SÜSSER; KANNEN, 2017)
Custos: custo da manutenção	(BROOKS; URMEE, 2014; CUCCHIELLA; D'ADAMO; GASTALDI, 2015; FERON; HEINRICHS; CORDERO, 2016; LOMBARDI et al., 2017; NYGAARD; DAFRALLAH, 2016; URPELAINEN; YOON, 2016)
Preço da tarifa de energia	(CUCCHIELLA; D'ADAMO; GASTALDI, 2015; CUCCHIELLA; D'ADAMO; KOH, 2015; DÜŞTEGÖR et al., 2017; PITT; MICHAUD, 2015; RATNER; NIZHEGORODTSEV, 2017)
Capital disponível para investimento	(CUCCHIELLA; D'ADAMO; GASTALDI, 2015; CUCCHIELLA; D'ADAMO; KOH, 2015; FRIEBE; VON FLOTOW; TÄUBE, 2013; URPELAINEN; YOON, 2016)
Tempo de recuperação de capital	(CUCCHIELLA; D'ADAMO; GASTALDI, 2015; CUCCHIELLA; D'ADAMO; KOH, 2015; FERON; HEINRICHS; CORDERO, 2016; HOLTORF et al., 2016; LOMBARDI et al., 2017; LU; DAVISON, 2013; MOVILLA; MIGUEL; BLÁZQUEZ, 2013)

Fonte: Autora.

A redução da conta de energia é um dos principais objetivos dos investidores em energia fotovoltaica no Brasil (82,32%) (GREENER, 2018). Porque, mesmo o Brasil possuindo 60,66% de geração de energia oriunda de usinas hidrelétricas (ANEEL, 2018), o país apresenta um alto custo de eletricidade, causado por altos impostos, cerca de 40%, o segundo maior imposto em um estudo comparando 28 países (ABRADEE, 2017). Este fator está ligado ao preço da carga de energia. Entre 2014 e 2017, a tarifa dos consumidores residenciais acumulou alta de 31,5%, e a previsão é de que o reajuste tarifário atinja 44% no acumulado de 2014 a 2018 (LIS, 2018). Assim, os investidores em energia fotovoltaica buscam reduzir um percentual de sua conta mensal de energia elétrica, por meio do sistema de compensação de energia proposto pela REN ANEEL 687 (ANEEL, 2015).

O custo do sistema fotovoltaico reduziu nos últimos anos (LACCHINI; RÜTHER, 2015; LIMA; FERREIRA; MORAIS, 2017; SORGATO; SCHNEIDER; RÜTHER, 2018). De 2016 a 2018, a redução total de custos foi de 33,77% (GREENER, 2018). Em janeiro de 2018 o preço médio de kWp para o cliente final de microgeração (<75kWp) é de R\$ 5,09 e para o cliente final de minigeração (<5MWp) é de R\$ 4,00 (GREENER, 2018). No entanto, os módulos fotovoltaicos sofreram uma redução de preço apenas até junho de 2017. De junho de 2017 a janeiro de 2018, os módulos ficaram 16,82% mais caros. A redução de custos do sistema para o cliente final ocorreu por meio da redução da margem de lucro das empresas instaladoras, que absorveram o custo dos módulos. Segundo pesquisas, o tempo de retorno sobre o investimento é entre 6 e 9 anos (MARAFAO et al., 2018; SILVA; BRANCO, 2018; SORGATO; SCHNEIDER; RÜTHER, 2018). Do ponto de vista de 62,90% das empresas de instalação, a maior dificuldade em vender é porque os clientes pensam que o sistema fotovoltaico é muito caro (GREENER, 2018).

#### **4.1.2 Fatores ambientais**

A literatura internacional apontou fatores ambientais que vão desde o impacto visual até a remanufatura de painéis solares. O Quadro 4.2 apresenta os fatores relacionados ao meio ambiente.

## Quadro 4.2 – Fatores ambientais

<b>Fatores</b>	<b>Autores</b>
Impacto na arquitetura	(LOMBARDI et al., 2017; SINDHU; NEHRA; LUTHRA, 2017; SÜSSER; KANNEN, 2017)
Habitat de animais silvestres	(SINDHU; NEHRA; LUTHRA, 2017)
Redução de CO <sub>2</sub>	(CUCCHIELLA; D'ADAMO; GASTALDI, 2015; HANSEN et al., 2017; MOVILLA; MIGUEL; BLÁZQUEZ, 2013; PITT; MICHAUD, 2015; SINDHU; NEHRA; LUTHRA, 2017; SOLANGI et al., 2013; SÜSSER; KANNEN, 2017)
Cultura de desenvolvimento sustentável	(FERON; HEINRICHS; CORDERO, 2016; GROBA; CAO, 2015; HOLTORF et al., 2016; PITT; MICHAUD, 2015; ROSA; SILUK; MICHELS, 2016; SOLANGI et al., 2013; SÜSSER; KANNEN, 2017)
Uso consciente de energia	(ROSA; SILUK; MICHELS, 2016)
Reciclagem dos painéis solares	(CUCCHIELLA; D'ADAMO; KOH, 2015)

Fonte: Autora.

Um sistema fotovoltaico pode induzir um impacto negativo na arquitetura, quando aplicado indevidamente, ou positivo quando aplicado delicadamente. Estes sistemas precisam ser integrados às construções harmonicamente para que haja maior aceitação e difusão desta tecnologia (ZOMER et al., 2017). O uso da energia solar pode ser realizado com o auxílio de técnicas mais sofisticadas de arquitetura no Brasil (NASCIMENTO, 2017). Porque, se aplicado desta forma, o fator estético será contemplado satisfatoriamente. Sobre o fator Habitat de animais silvestres, a MMGD até 2017 ocupou uma área de 1,19 km<sup>2</sup> (ANEEL, 2019). Esta área poderia remover o habitat dos animais, mas a geração em pequena escala geralmente ocupa os telhados dos edifícios (WANG; WANG; LIU, 2017). Portanto, é um fator de preocupação mais acentuado para a geração de energia fotovoltaica em grande escala, que requer uma grande área para a instalação da usina.

A geração de eletricidade a partir da tecnologia fotovoltaica não causa a emissão de gases de efeito estufa. Atualmente, 61,27% da geração de eletricidade no Brasil é por meio de usinas hidrelétricas, o que também não causa a emissão desses gases (PEREIRA et al., 2017). No entanto, cerca de 27% da geração é por meio de termelétricas, que são muito poluentes (PEREIRA et al., 2017). Nos períodos de seca, usinas termelétricas aumentam a produção. De 1990 a 2017, a geração térmica cresceu de 4% para 23%, acompanhada pelo crescimento da demanda (KRUSE, 2017). Por essa razão, o impacto da diversificação da matriz energética com a energia fotovoltaica pode ser muito positivo para o meio ambiente.

Nos próximos anos, a reciclagem de módulos fotovoltaicos deverá ser uma preocupação relevante. No Brasil, a geração de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (WEEE) aumentou expressivamente e os processos de reciclagem são insuficientemente desenvolvidos (DIAS et al., 2018). A Política Nacional de Gerenciamento de Resíduos, baseada no conceito de logística reversa, foi aprovada em 2010. Mas essa lei ainda carece do apoio do governo (ARAÚJO et al., 2012). Assim, a reciclagem de módulos fotovoltaicos é uma forma de minimizar o acúmulo de resíduos gerados, transformando materiais obsoletos em novas fontes de matéria-prima (GHIZONI, 2017).

#### 4.1.3 Fatores mercadológicos

O Quadro 4.3 apresenta oito fatores relacionados ao Mercado fotovoltaico. Este fator inclui os aspectos de localização, reputação comercial, pós-venda, anúncios e volume de vendas.

Quadro 4.3 – Fatores mercadológicos

<b>Fatores</b>	<b>Autores</b>
Localização da empresa instaladora	(ANAND; RAO, 2016)
Localização da produção de painéis	(GROBA; CAO, 2015)
Logística dos insumos	(FRIEBE; VON FLOTOW; TÄUBE, 2013; GROBA; CAO, 2015; SINDHU; NEHRA; LUTHRA, 2017)
Reputação da empresa instaladora	(ANAND; RAO, 2016; BROOKS; URMEE, 2014; SINDHU; NEHRA; LUTHRA, 2017; URPELAINEN; YOON, 2016; WANG; WANG; LIU, 2017)
Serviço de pós-venda	(ANAND; RAO, 2016; FRIEBE; VON FLOTOW; TÄUBE, 2013; NYGAARD; DAFRALLAH, 2016; TANAKA et al., 2017; URPELAINEN; YOON, 2016)
Presença de propagandas	(SOLANGI et al., 2013)
Quantidade de instalações no país	(CUCCHIELLA; D'ADAMO; GASTALDI, 2015; DUIĆ, 2015; GROBA; CAO, 2015; RATNER; NIZHEGORODTSEV, 2017)
Instalações vizinhas	(ANAND; RAO, 2016; TANAKA et al., 2017)

Fonte: Autora.

A localização das empresas instaladoras é importante no Brasil por serem o elo da cadeia produtiva com os consumidores finais e pela extensão territorial do país. Portanto, sua presença nas cidades é um fator relevante no desenvolvimento do mercado. O Brasil tem um total de 5.561 cidades (IBGE, 2018) e o número total de instaladores é de 2.741, ou seja, uma empresa por duas cidades (GREENER, 2018).

Essas empresas ainda estão concentradas em grandes centros com 50% localizados na região sudeste do país.

Para gerar eletricidade na configuração da MMGD, é necessário ter o módulo fotovoltaico e o *Balance of System* (BoS). Esses dois dispositivos geralmente vêm de importações (MDIC, 2018). O volume de importações em 2017 foi de 942.654 módulos fotovoltaicos e 258.302 inversores (GREENER, 2018). O local de produção do maior componente do sistema, o módulo fotovoltaico, é um fator relevante para o desenvolvimento do país. Estrategicamente, o Brasil deve tentar incentivar a produção local do módulo fotovoltaico para obter a independência dessas tecnologias (CAMILO et al., 2017). A produção local é possível porque o Brasil possui grandes reservas de quartzo de silício de qualidade, a principal matéria-prima dos módulos fotovoltaicos (FERREIRA et al., 2018).

Conseqüentemente, a logística se torna um fator importante. As modalidades brasileiras de transporte apresentam problemas e necessitam de investimentos governamentais para melhoria e possível adequação de suas deficiências (BARBOZA, 2014). Em relação às importações, a dificuldade é a baixa disponibilidade de rotas aéreas e marítimas, o que resulta em maior tempo de fornecimento e distribuição de material do que a média mundial (MOREIRA; VIVALDINI, 2017). A logística interna também tem problemas. Devido à falta de ferrovias, praticamente todo o transporte dos portos para os locais de consumo é realizado por caminhões. O sistema viário é o mais utilizado no país e está em situação precária. Buracos e falta de segurança nas estradas fazem com que os motoristas diminuam o ritmo, diminuindo o número de viagens por dia e aumentando o custo por viagem (BARBOZA, 2014).

Os fatores reputação da empresa instaladora e serviço pós-venda correspondem à satisfação do cliente. Como os maiores centros consumidores de energia fotovoltaica no Brasil possuem mais de uma empresa, conseqüentemente, ocorre uma melhoria na oferta de serviços, devido à competitividade. Portanto, alguns aspectos podem ser analisados em uma empresa: Oferece uma garantia de instalação? A equipe técnica está qualificada? O pós-venda é eficiente?

A importância do fator publicitário no Brasil não é a mais relevante para a aquisição de sistemas fotovoltaicos, uma vez que as principais fontes de aquisição de clientes são a indicação (30,74%) e representantes comerciais (18,04%) (GREENER, 2018). Mesmo assim, há uma participação na conquista de clientes por anúncios do

*Google* (14,54%) e anúncios no *Facebook* (7,7%) (GREENER, 2018). Um fator positivo para energia fotovoltaica de pequena escala no Brasil é o volume de instalações. O volume médio de negócios por empresa cresceu 96,31% no ano de 2017 (GREENER, 2018).

#### 4.1.4 Fatores políticos

O crescimento da MMGD no Brasil, após a REN ANEEL 482/2012, enfatiza a importância de políticas, investimentos e apoio do governo. Os governos interessados em programas de geração de energia sustentável devem formular políticas de incentivo à energia fotovoltaica (RADOMES; ARANGO, 2015; ROCHA et al., 2017). Uma atitude política impacta todo o mercado de produtos e serviços. O Quadro 4.4 apresenta sete fatores políticos.

Quadro 4.4 – Fatores políticos

Fatores	Autores
Política de incentivo	(CUCCHIELLA; D'ADAMO; GASTALDI, 2015; FRIEBE; VON FLOTOW; TÄUBE, 2013; HANSEN et al., 2017; MOVILLA; MIGUEL; BLÁZQUEZ, 2013; NYGAARD; DAFRALLAH, 2016; SINDHU; NEHRA; LUTHRA, 2017; SÜSSER; KANNEN, 2017; WANG; WANG; LIU, 2017)
Suporte da governança política	(BAPAT; BAPAT, 2016; RATNER; NIZHEGORODTSEV, 2017; SOLANGI et al., 2013)
Colaboração com outros países	(GROBA; CAO, 2015; SOLANGI et al., 2013)
Mecanismos de financiamento	(ANAND; RAO, 2016; CUCCHIELLA; D'ADAMO; GASTALDI, 2015; FRIEBE; VON FLOTOW; TÄUBE, 2013; NYGAARD; DAFRALLAH, 2016; SÜSSER; KANNEN, 2017; URPELAINEN; YOON, 2016; WANG; WANG; LIU, 2017)
Impacto na rede de distribuição de energia	(DUIĆ, 2015; PITT; MICHAUD, 2015)
Confiabilidade da rede de distribuição de energia	(ANAND; RAO, 2016; PITT; MICHAUD, 2015; SINDHU; NEHRA; LUTHRA, 2017; TANAKA et al., 2017)
Impostos	(BAPAT; BAPAT, 2016; GROBA; CAO, 2015; HOLTORF et al., 2015)

Fonte: Autora.

Ao analisar as dificuldades do Brasil em introduzir a energia fotovoltaica, a questão principal é a ausência de políticas que estimulem esse mercado e que contribuam para a competitividade tanto dos fabricantes quanto das empresas instaladoras (FERREIRA et al., 2018; PINTO; AMARAL; JANISSEK, 2016). A REN ANEEL não são políticas como as existentes nos Estados Unidos, Holanda, Reino

Unido, Canadá, Alemanha, Espanha, Austrália, China, Índia, Malásia e França (PINTO; AMARAL; JANISSEK, 2016). Esses países têm políticas que abordam a energia fotovoltaica de todas as maneiras, tais como normas regulatórias (isenções de impostos, subsídios, tarifas) sem negligenciar os incentivos para investimento, P&D e educação energética (PINTO; AMARAL; JANISSEK, 2016).

Como a tecnologia fotovoltaica não é dominada pelo país, uma vez que não possui muitas indústrias de painéis solares, o relacionamento com os países que fornecem esses produtos é extremamente importante. O mercado fotovoltaico brasileiro surgiu quando a Ásia é o centro desta indústria (SOUZA; CAVALCANTE, 2016). Mas o setor está em desenvolvimento global e novos polos de produção ainda são uma oportunidade. Esse setor exige altos investimentos, P&D e políticas públicas para garantir uma demanda inicial que justifique o investimento em manufatura (SOUZA; CAVALCANTE, 2016).

Muitos autores afirmam que a presença de um mecanismo de financiamento é um fator de sucesso para o desenvolvimento da energia fotovoltaica no mundo. No Brasil não é diferente. Os três principais motivos para a não compra de sistemas fotovoltaicos no Brasil são os preços altos (37,10%), a taxa de juros alta (20,20%) e a falta de financiamento (20,20%) (GREENER, 2018). Ou seja, aproximadamente 40% das vendas são afetadas devido aos programas de financiamento ou às taxas de juros desses programas. Em 2016 e 2017 a taxa de juros SELIC no Brasil foi considerada muito alta (de 14,5% para 7,4% no período). Resultou em um cenário que o financiamento foi desfavorável. Por esta razão, o Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior (MDIC) lançou propostas de apoio para melhorar a competitividade das linhas de financiamento existentes e criar novas linhas (MDIC, 2018).

Uma taxa de imposto relevante neste cenário é o Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS). Antes de 2015, quem possuía uma instalação de MMGD costumava pagar o ICMS pela energia injetada na rede. A partir desse período, o governo decidiu isentar esse imposto, considerando opcional para os estados brasileiros. Estudo sobre análise de viabilidade econômica conclui que a isenção do ICMS é fundamental para viabilizar a distribuição de energia fotovoltaica no Brasil (ROCHA et al., 2017). Os impostos de PIS e COFINS também estão isentos para quem injetar energia solar na rede.

Em relação à distribuição de energia elétrica, dois fatores são importantes. Primeiro, para distribuidores de eletricidade, o impacto que a injeção de energia na rede por meio de sistemas fotovoltaicos deve ser estudada à medida que o setor cresce. Nos últimos anos, as chamadas públicas para projetos de P&D destacaram a necessidade de estudos na área de energia renovável e o impacto sobre as perdas técnicas e comerciais. Em segundo lugar, para os consumidores, a confiabilidade da rede de distribuição de energia doméstica é importante. Esse fator varia muito de uma região brasileira para outra. Existem áreas de alta confiabilidade da eletricidade, onde os consumidores raramente têm energia, e há outras regiões onde o nível de serviço é baixo, resultando em baixa confiabilidade da eletricidade. Neste contexto, é importante notar que, com o MMGD, a geração de eletricidade não é centralizada e próxima da carga, reduz as perdas no sistema de transmissão e distribuição (FARIA; TRIGOSO; CAVALCANTI, 2017). Porque cerca de 15% da energia é desperdiçada no Brasil, principalmente devido à distância entre os centros de geração e consumo (PEREIRA et al., 2017).

#### 4.1.5 Fatores sociais

A demanda por tecnologias de geração de energia sustentável pode contribuir para uma maior geração de empregos, maior distribuição de renda e inserção social (AGUIAR, 2004). O Quadro 4.5 apresenta seis fatores sociais.

Quadro 4.5 – Fatores sociais

<b>Fatores</b>	<b>Autores</b>
Envolvimento com o projeto	(AZIMOH et al., 2017; LOKA et al., 2013; ROSA; SILUK; MICHELS, 2016; SÜSSER; KANNEN, 2017)
Aceitação da família/gestão	(DÜŞTEGÖR et al., 2017)
Aceitação pública	(ABASTANTE; LAMI; LOMBARDI, 2017; FERON; HEINRICHS; CORDERO, 2016; SINDHU; NEHRA; LUTHRA, 2017; SOLANGI et al., 2013; SÜSSER; KANNEN, 2017)
Conhecimento sobre o sistema	(ANAND; RAO, 2016; DÜŞTEGÖR et al., 2017; FRIEBE; VON FLOTOW; TÄUBE, 2013; ROSA; SILUK; MICHELS, 2016; SOLANGI et al., 2013; TANAKA et al., 2017; URPELAINEN; YOON, 2016)
Cultura de inovação e P&D	(GROBA; CAO, 2015; HANSEN et al., 2017; JANG et al., 2013; SOLANGI et al., 2013; SÜSSER; KANNEN, 2017)
Oportunidade de emprego	(LOMBARDI et al., 2017; PITT; MICHAUD, 2015; SÜSSER; KANNEN, 2017)

Fonte: Autora.

A literatura apresentou fatores que não variam de país para país, mas das preferências de cada pessoa. Por exemplo, quatro autores apontaram que o envolvimento com o projeto é um fator positivo para o sucesso desse investimento. Este fator varia de acordo com a personalidade do comprador, que pode querer participar de todas as pequenas decisões no projeto do sistema. Sequencialmente, o fator de aceitação do investimento pode ser observado em duas questões: quanto a família ou a gestão do investidor são favoráveis ao investimento; e qual é o nível de aceitação social. A aceitação social pode ser considerada alta no Brasil. Porque é de conhecimento comum que a grande extensão territorial do Brasil é muito ensolarada, e que o uso de energia solar para a produção de energia elétrica é uma opção sustentável para o país. No entanto, apenas 0,35% dos investidores que assumem que a principal motivação é o *status* social (GREENER, 2018).

Em 2017, o Brasil passou por uma crise econômica, que resultou em uma alta taxa de desemprego. No primeiro trimestre de 2018, a taxa de desemprego foi de 12,2%, 12,7 milhões de pessoas. Portanto, o desenvolvimento do setor fotovoltaico é significativo, empregando pessoas ao longo de sua cadeia de suprimentos. Diferentemente do cenário brasileiro, 53,6% das empresas instaladoras de sistemas fotovoltaicos aumentaram o número de funcionários (GREENER, 2018).

#### 4.1.6 Fatores tecnológicos

A literatura internacional mostrou que os fatores tecnológicos de um sistema fotovoltaico incluem os processos de instalação, componentes, radiação solar, eficiência do sistema e manutenção. O Quadro 4.6 apresenta os fatores tecnológicos.

Quadro 4.6 – Fatores tecnológicos

(continua)

Fatores	Autores
Processo de instalação: Prazo	(NYGAARD; DAFRALLAH, 2016; URPELAINEN; YOON, 2016)
Processo de instalação: Qualidade	(BOER et al., 2015; BROOKS; URMEE, 2014; FERON; HEINRICH; CORDERO, 2016; HOLTORF et al., 2015; MOVILLA; MIGUEL; BLÁZQUEZ, 2013; ROCHE; BLANCHARD, 2018; URPELAINEN; YOON, 2016)
Limitações técnicas	(CHOWDHURY; MOURSHED, 2016; FRIEBE; VON FLOTOW; TÁUBE, 2013; HOLTORF et al., 2015; MOVILLA; MIGUEL; BLÁZQUEZ, 2013; ROCHE; BLANCHARD, 2018; URPELAINEN; YOON, 2016)
Tamanho do sistema	(BROOKS; URMEE, 2014; CUCCHIELLA; D'ADAMO; GASTALDI, 2015; CUCCHIELLA; D'ADAMO; KOH, 2015; TANAKA et al., 2017; URPELAINEN; YOON, 2016)

## Quadro 4.6 – Fatores tecnológicos

(conclusão)

Fatores	Autores
Produção: Radiação solar	(CUCCHIELLA; D'ADAMO; GASTALDI, 2015; CUCCHIELLA; D'ADAMO; KOH, 2015; DUIĆ, 2015; SINDHU; NEHRA; LUTHRA, 2017; TANAKA et al., 2017)
Produção: Monitoramento	(TANAKA et al., 2017; URPELAINEN; YOON, 2016)
Produção: Eficiência	(CUCCHIELLA; D'ADAMO; GASTALDI, 2015; CUCCHIELLA; D'ADAMO; KOH, 2015)
Manutenção: Durabilidade	(FERON; HEINRICHS; CORDERO, 2016; LOMBARDI et al., 2017)
Manutenção: Facilidade	(BROOKS; URMEE, 2014; FRIEBE; VON FLOTOW; TÄUBE, 2013; LOKA et al., 2013; MOVILLA; MIGUEL; BLÁZQUEZ, 2013; URPELAINEN; YOON, 2016)

Fonte: Autora

Em relação ao processo de instalação, dois fatores são importantes: o período de instalação e sua qualidade. Os períodos de implementação dos sistemas fotovoltaicos são geralmente curtos (FARIA; TRIGOSO; CAVALCANTI, 2017). O gargalo desse processo é a concessionária de energia, que deve aprovar o projeto e mudar o medidor de energia para um medidor bilateral, para que a instalação seja distribuída. Este processo tem um prazo máximo de 34 dias para Microgeração e 49 dias para a Minigeração, quando não requer ajustes no projeto (ANEEL, 2015). Na prática, o tempo médio de conexão na concessionária é de 50 dias para Microgeração e 64 dias para a Minigeração (GREENER, 2018).

Em termos de radiação solar, o Brasil tem alta incidência solar ao longo do ano (DIAS et al., 2017). Além disso, fatores como monitoramento da produção e eficiência do sistema são apontados como relevantes. A maioria dos módulos utilizados no Brasil são importados, que são creditados pelo INMETRO. O INMETRO creditou um total de 857 modelos de 148 empresas e indicou uma média de 16% de eficiência energética dos módulos importados em 2017 (INMETRO, 2017). E em relação à durabilidade dos sistemas, isso não pode ser verificado no Brasil porque os sistemas ainda são muito jovens e não apresentam fatos positivos ou negativos.

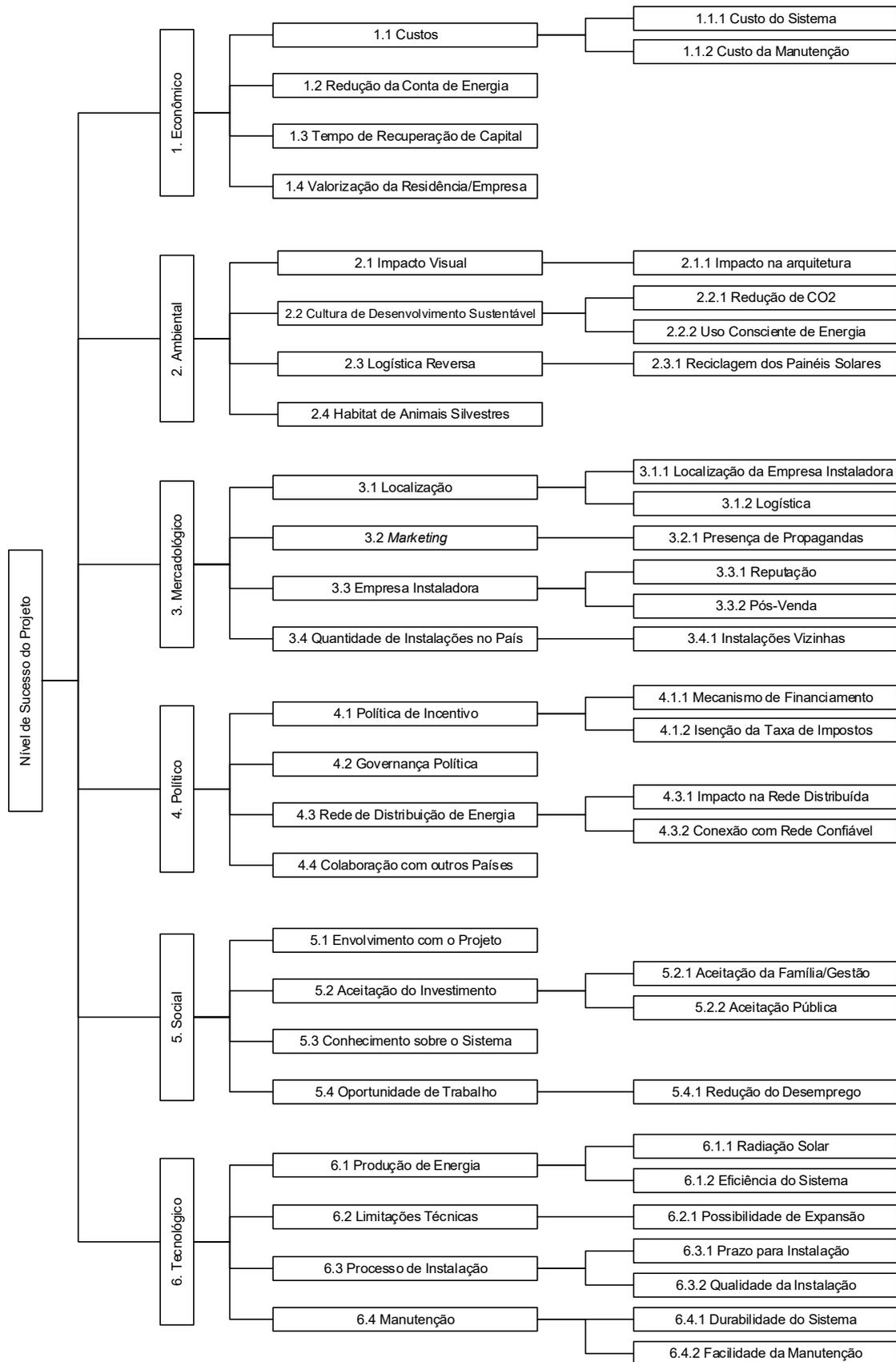
Os fatores encontrados são o ponto de partida para a construção da modelagem, que são avaliados e organizados no contexto do objetivo do diagnóstico. A próxima etapa consistire no desenvolvimento de uma estrutura para mensurar esses fatores. Nesse caso, a abordagem apresentada na próxima seção.

## 4.2 ESTRUTURA HIERÁRQUICA

No desenvolvimento da Seção anterior, os fatores de sucesso foram extraídos da literatura internacional por meio da revisão sistemática, e foram discutidos no contexto do cenário brasileiro de energia fotovoltaica. Após isso, foi possível organizar os fatores, agrupando-os ou eliminando-os, para que permanecessem apenas os fatores que farão parte do sistema de mensuração do sucesso dos projetos. Esses fatores foram agrupados em PVF.

Os PVF foram divididos como aspectos técnicos, econômicos, ambientais e sociais (FRIEBE; VON FLOTOW; TÄUBE, 2013; HEO; KIM; BOO, 2010; HOLTORF et al., 2015; LOMBARDI et al., 2017; SÜSSER; KANNEN, 2017; URMEE, 2014; WANG et al., 2009). Além desses quatro PVF apontados pela literatura, a revisão sistemática assinalou também a relevância dos aspectos mercadológicos (HEO; KIM; BOO, 2010; HOLTORF et al., 2015; MOVILLA; MIGUEL; BLÁZQUEZ, 2013) e políticos (FRIEBE; VON FLOTOW; TÄUBE, 2013; HEO; KIM; BOO, 2010; LOMBARDI et al., 2017). Assim sendo, esses processos resultaram na estrutura hierárquica, que pode ser visualizada na Figura 4.1.

Figura 4.1 – Estrutura hierárquica para sucesso na MMGD de energia fotovoltaica



Fonte: Autora.

A estrutura hierárquica apresenta os PVF e dois níveis de FCS. Os KPI não estão representados na figura, pois eles são a mensuração dos FCS. Para cada último fator da estrutura hierárquica existe um KPI associado, totalizando 33 KPI. A próxima seção apresenta a construção dos indicadores e as escalas de avaliação dos respectivos indicadores e da mensuração do sucesso do projeto.

### 4.3 INDICADORES

O sistema de mensuração do diagnóstico parte da estrutura hierárquica desenvolvida na seção anterior. Para chegar ao objetivo de mensurar o sucesso do projeto, totalizam 33 FCS de último nível. Diante disso, foi necessário construir 33 KPI ( $m = 33$ ) que permitem a entrada de dados para a mensuração. Esses KPI fazem parte do Instrumento de coleta de dados I (**ANEXO B**), endereçado aos investidores que devem mensurar esses KPI em relação aos seus projetos. Para cada KPI foi criada uma escala de avaliação de cinco alternativas. O Quadro 4.7 apresenta os KPI e as resposta de nível inferior e nível superior das cinco alternativas. Onde  $k$  é o índice dos KPI ( $k = \{1, 2, \dots, 33\}$ ).

Quadro 4.7 – Indicadores e escalas de avaliação

(continua)

KPI		Escala		
FCS	$k$	Nome do KPI	Completamente insatisfatório	Completamente satisfatório
1.1.1	1	Custo do sistema	Insatisfeito	Muito satisfeito
1.1.2	2	Custo da manutenção	Insatisfeito	Muito satisfeito
1.2	3	Redução da conta de energia	Menos de 25%	Mais de 100%
1.3	4	Tempo de recuperação de capital	Insatisfeito	Muito satisfeito
1.4	5	Valorização da residência/empresa	Insatisfeito	Muito satisfeito
2.1	6	Impacto visual	Muito negativo	Muito positivo
2.2.1	7	Redução de co2	Discordo totalmente	Concordo totalmente
2.2.2	8	Uso consciente de energia	Inexistente	Muito avançada
2.3.1	9	Reciclagem dos painéis solares	Nunca me preocupei	Muito preocupado
2.4	10	Habitat de animais silvestres	Irá prejudicar	Certamente não irá prejudicar
3.1.1	11	Localização da empresa instaladora	Mais de 1000km	Na mesma cidade
3.1.2	12	Logística	Insatisfeito	Muito satisfeito
3.2.1	13	Presença de propagandas	Não percebo	Diariamente
3.3.1	14	Reputação da empresa instaladora	Discordo totalmente	Concordo totalmente
3.3.2	15	Pós-venda	Discordo totalmente	Concordo totalmente

Quadro 4.7 – Indicadores e escalas de avaliação

(conclusão)

KPI			Escala	
FCS	k	Nome do KPI	Completamente insatisfatório	Completamente satisfatório
3.4.1	16	Instalações vizinhas	Não há instalações na minha cidade ou região	Existe ao menos 1 instalação na mesma rua ou quarteirão
4.1.1	17	Mecanismo de financiamento	Insatisfeito	Muito satisfeito
4.1.2	18	Isenção da taxa de impostos	Nenhum	Alto
4.2	19	Governança política	Discordo totalmente	Concordo totalmente
4.3.1	20	Impacto na rede de distribuição	Muito negativo	Muito positivo
4.3.2	21	Conexão com rede de distribuição confiável	Discordo totalmente	Concordo totalmente
4.4	22	Colaboração com outros países	Discordo totalmente	Concordo totalmente
5.1	23	Envolvimento com o projeto	Não me envolvi	Me envolvi em todos os detalhes
5.2.1	24	Aceitação da família/gestão	Discordam totalmente	Concordam totalmente
5.2.2	25	Aceitação pública	Aceitação muito baixa	Aceitação muito alta
5.3	26	Conhecimento sobre o sistema	Muito abaixo da média	Muito acima da média
5.4.1	27	Redução do desemprego	Discordo totalmente	Concordo totalmente
6.1.2	28	Eficiência do sistema	Insatisfeito	Muito satisfeito
6.2.1	29	Possibilidade de expansão	O sistema não poderá ser expandido	Alta facilidade de expansão do sistema
6.3.1	30	Prazo para instalação	Insatisfeito	Muito satisfeito
6.3.2	31	Qualidade da instalação	Discordo totalmente	Concordo totalmente
6.4.1	32	Durabilidade do sistema	Insatisfeito	Muito satisfeito
6.4.1	33	Facilidade da manutenção	Muito baixa	Muito fácil

Fonte: Autora.

Para cada FCS de último nível existe um KPI associado. Todos os KPI possuem as 5 alternativas e partem da opção “a” refletindo a pior possibilidade para o indicador e a alternativa “e” refletindo a situação ideal para o indicador. Todos os KPI são gerais para a aplicação de projetos de micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica, englobando as diferentes classes.

#### 4.4 FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DO SISTEMA DE PONDERAÇÃO

Para a condução dos cálculos de ponderação dos PVF foram utilizadas as equações da Figura 2.4, da Seção 2.3, correspondente a AHP. Como a estrutura hierárquica é composta por seis PVF, foram redigidas 15 questões de comparação pareada para o julgamento dos respondentes, tanto para os especialistas como para os investidores (Instrumento de coleta de dados I e II – **ANEXO B e C**).

Para cada comparação, o respondente tem 4 alternativas de julgamento dos PVF. Esse julgamento pode ser de PVF equivalentes (variável assume valor 1), PVF

pouco superior (variável assume valor 3), PVF superior (variável assume valor 5) ou PVF muito superior (variável assume valor 7). Cada respondente julga as quinze variáveis, apresentadas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Variáveis da comparação pareada AHP

Comparação de fatores	Variável ( $a_{ij}$ )
1. Econômico x Ambiental	$a_{12}$
2. Econômico x Mercadológico	$a_{13}$
3. Econômico x Político	$a_{14}$
4. Econômico x Social	$a_{15}$
5. Econômico x Tecnológico	$a_{16}$
6. Ambiental x Mercadológico	$a_{23}$
7. Ambiental x Político	$a_{24}$
8. Ambiental x Social	$a_{25}$
9. Ambiental x Tecnológico	$a_{26}$
10. Mercadológico x Político	$a_{34}$
11. Mercadológico x Social	$a_{35}$
12. Mercadológico x Tecnológico	$a_{36}$
13. Político x Social	$a_{45}$
14. Político x Tecnológico	$a_{46}$
15. Social x Tecnológico	$a_{56}$

Fonte: Autora.

Com os PVF julgados com as 15 variáveis, inicia-se o processo de ponderação AHP por meio da construção da matriz de julgamentos  $A$  (Equação 1). Nesse caso, a matriz é de ordem  $n = 6$  ( $i, j = \{1, 2, \dots, 6\}$ ).

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \dots & a_{16} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{16} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Com a aplicação dos passos 1 a 5 do formulário da Figura 2.4 é obtida a matriz de pesos dos PVF (Equação 2). Essa matriz é composta por uma coluna e seis linhas, em que cada linha resulta no peso de um PVF ( $w_{PVF_p}$ ), onde o índice  $p$  ( $p = \{1, 2, \dots, 6\}$ ) representa cada PVF.

$$W_{PVF} = \begin{bmatrix} w_{PVF_1} \\ \vdots \\ w_{PVF_6} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Para encerrar o processo de ponderação dos PVF é necessário calcular a Relação de Consistência ( $RC$ ) da matriz de julgamentos  $A$ . Como a matriz é de ordem 6, o Índice Randômico (IR) utilizado para o cálculo da Relação de Consistência é de 1,25.

Sequencialmente, são calculados os pesos dos KPI ( $w_{KPI_k}$ ). A modelagem é composta por 33 KPI ( $m = 33$ ). Por isso, foram redigidas 33 questões para o julgamento da importância de cada KPI, tanto para o especialista como para o investidor (Instrumento de coleta de dados I e II – **ANEXO B e C**). Para cada KPI, o respondente tem 5 alternativas de julgamento para a variável “Importância do KPI” ( $i_{KPI_k}$ ), correspondente a uma escala *Likert*, que vai de “pouco importante” (variável assume valor 1) a “muito importante” (variável assume valor 5).

Para o cálculo do peso do KPI ( $w_{KPI_k}$ ) para o PVF utiliza-se a Equação 3. Somam-se todas as importâncias dos KPI associados ao PVF e divide-se cada importância pela soma.

$$w_{KPI_k} = \frac{i_{KPI_k}}{\sum_{k=1}^m i_{KPI_k}}; (\forall k \in p = \{1, 2, \dots, 6\}) \quad (3)$$

Por fim, para o cálculo do peso global dos indicadores ( $wg_k$ ) é utilizada a Equação 4, onde multiplica-se o peso do indicador ( $w_{KPI_k}$ ) pelo peso do PVF ( $w_{PVF_p}$ ). Ao final do processo de ponderação, os pesos pertencem a escala de números de 0 a 1 e cada um dos níveis da estrutura hierárquica devem somar 1 (ou 100%).

$$wg_k = w_{PVF_p} \times w_{KPI_k}; (\forall k \in p = \{1, 2, \dots, 6\}) \quad (4)$$

O formalismo matemático descrito até aqui é calculado para cada respondente. Após obtida a ponderação da estrutura hierárquica de cada respondente, é realizada uma média aritmética das respostas dos especialistas, que terão a sua ponderação utilizada em todos os processos de mensuração do sucesso dos projetos. No caso dos investidores, a ponderação foi utilizada para a mensuração do sucesso de seu respectivo projeto. Por isso, a ponderação final do peso de cada indicador é formada por 50% do peso dado pelos especialistas e 50% do peso dado pelo investidor do projeto em específico.

#### 4.5 FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DO SISTEMA DE MENSURAÇÃO

O sistema começa na mensuração dos 33 KPI, que são medidos quantitativamente, iniciando por uma pontuação equivalente a 0%, correspondendo a situações onde o projeto não atende os requisitos mínimos para satisfazer o KPI. Em contrapartida, uma pontuação equivalente a 100% é utilizada quando os requisitos do KPI são atendidos com plenitude. A Tabela 4.2 apresenta os cinco níveis de resposta possíveis para cada KPI e a mensuração correspondente.

Tabela 4.2 – Escala de valores para a mensuração dos KPI

<b>Resposta do investidor ao KPI</b>	<b>Mensuração do KPI (<math>KPI_k</math>)</b>
Completamente insatisfatória	0%
Insatisfatória	25%
Neutra	50%
Satisfatória	75%
Completamente satisfatória	100%

Fonte: Autora.

Para calcular o Índice global de sucesso ( $Is$ ) é necessário multiplicar cada peso global pela mensuração do KPI. Então, soma-se todos os  $m$  valores resultantes dessa multiplicação, conforme a Equação 5.

$$Is = \sum_{k=1}^m (wg_k \times KPI_k) \quad (5)$$

O valor resultante da Equação 5 é o objetivo do diagnóstico. Cada projeto resultará em um número que corresponderá ao nível de sucesso atingido. Para julgamento do projeto com base nesse índice, foram elaborados quatro julgamentos, conforme a Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Escala de avaliação do sucesso do projeto

<b>Índice global de Sucesso (<math>Is</math>)</b>	<b>Julgamento do projeto</b>
0% ----- 24%	Insucesso extremo
25% ----- 49%	insucesso
50% ----- 74%	Sucesso potencial
75% ----- 100%	Sucesso pleno

Fonte: Autora.

A elaboração dos limites foi estruturada de acordo com a experiência originada pela autora durante o desenvolvimento do sistema de mensuração de desempenho, de modo que julgue os projetos de micro e minigeração distribuída e facilite a visão dos investidores sobre a realidade do sistema e do potencial de melhoria.

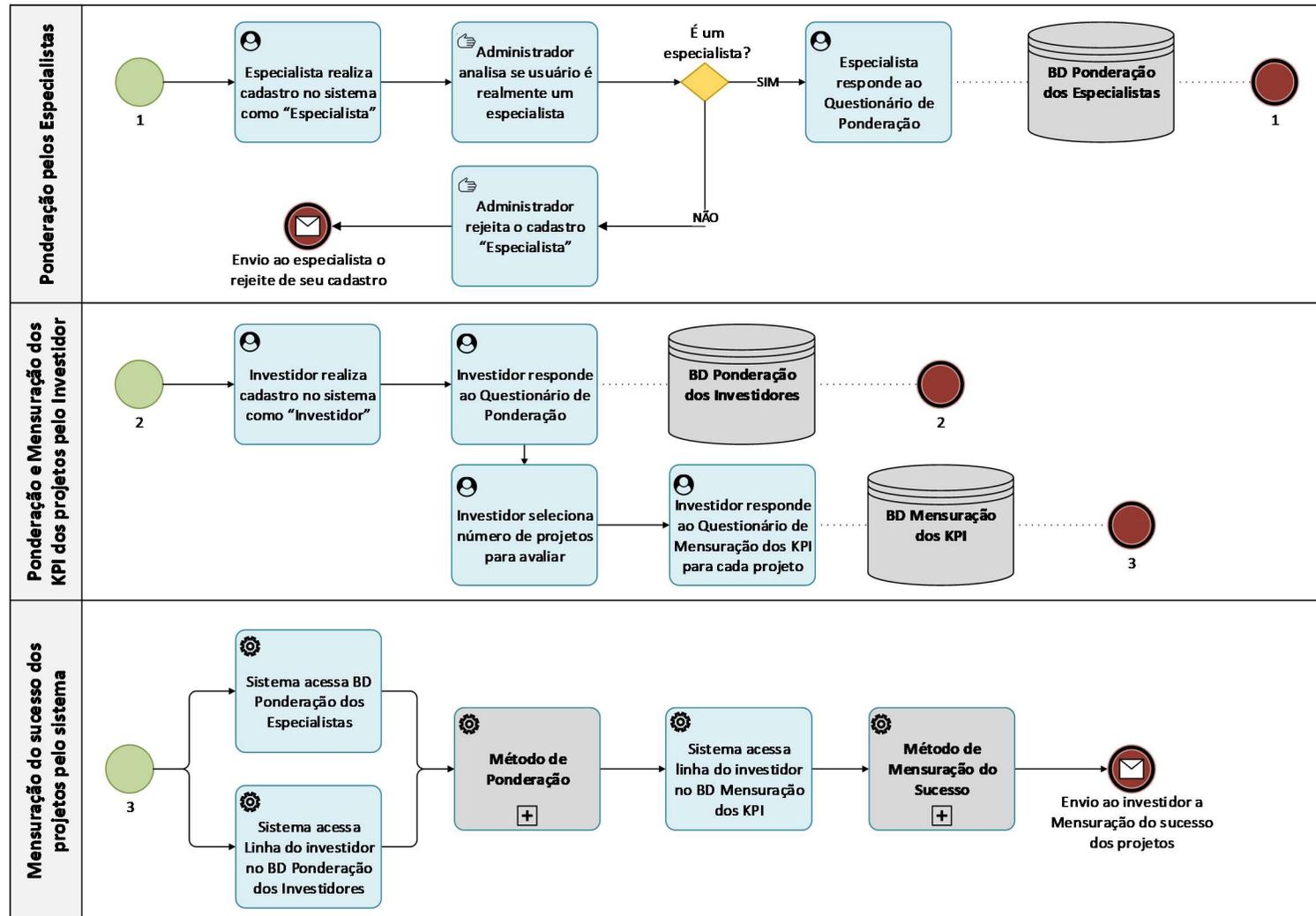
#### 4.6 PROCESSO DO SISTEMA COMPUTACIONAL

A modelagem proposta neste trabalho pode ser implementada em um sistema computacional web. Baseado na notação *Business Process Model and Notation* (BPMN), a Figura 4.2 explana o papel dos especialistas, dos investidores, do administrador e do sistema no modelo computacional. Existem três inícios (círculos verdes), cinco finais (círculos vermelhos), três usuários (especialista, investidor e administrador) e três bancos de dados que percorrem por três processos: Ponderação dos especialistas; Ponderação e mensuração dos KPI dos projetos pelo investidor; e Mensuração do sucesso dos projetos pelo sistema.

Os dois primeiros processos estão associados a coleta de dados, causado pelo cadastro do usuário como especialista ou como investidor. Para o cadastro especialista, apenas o Instrumento de coleta de dados II é disponibilizado. Esse instrumento alimenta o banco de dados “ponderação dos especialistas”, que pode ser incrementado constantemente. Para o cadastro investidor, o instrumento de coleta de dados I é disponibilizado em duas partes. Primeiro o processo de ponderação, que foi utilizado para a análise de qualquer número de projetos, e depois, a parte de mensuração dos KPI, que deverá ser preenchido um para cada projeto. Isso acontece porque o investidor poderá avaliar um ou mais projetos.

O último processo, executado computacionalmente, trata do diagnóstico em si, por meio do acesso aos bancos de dados e da execução de dois subprocessos que foram explicados nas seções anteriores: Método de ponderação e método de mensuração do sucesso.

Figura 4.2 – Processo do sistema computacional da modelagem



Fonte: Autora.

#### 4.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente capítulo trouxe os resultados do desenvolvimento da modelagem. Os insumos do sistema de mensuração são os fatores de sucesso, por isso, foi discutido e analisado cada um dos fatores selecionados na literatura internacional no contexto do Brasil, por meio de artigos científicos, notícias, notas técnicas e relatórios dos órgãos vinculados a MMGD. A compreensão desses fatores por meio desse estudo é que tornou possível organizá-los em uma estrutura hierárquica dos fatores e desenvolver os KPI para realizar a sua mensuração.

As demais seções deste capítulo tiveram como objetivo descrever a formulação matemática da modelagem, apresentando todas as variáveis e o relacionamento entre elas. Ainda como processo de modelagem, foi resumido todo o procedimento em um processo de modelo computacional para implementação *online*. O próximo capítulo apresenta os resultados da aplicação do diagnóstico, correspondente as etapas 7 a 11 da pesquisa.

## 5 APLICAÇÃO

O capítulo de aplicação do modelo de diagnóstico é dividido em cinco seções. A primeira seção apresenta a ponderação da estrutura hierárquica dos especialistas e dos investidores. A segunda seção refere-se à mensuração do sucesso dos projetos na aplicação do diagnóstico proposto. A terceira seção traz a análise de adequabilidade da modelagem. A quarta seção refere-se a análise de sensibilidade da ponderação à modelagem. A quinta seção exhibe a ferramenta desenvolvida para a utilização do diagnóstico por futuros investidores. Por fim, são tecidas algumas considerações finais sobre o capítulo.

### 5.1 PONDERAÇÃO DA ESTRUTURA HIERÁRQUICA

A ponderação da estrutura hierárquica foi calculada por meio da formulação matemática da Seção 4.3. A primeira subseção exhibe a ponderação da estrutura hierárquica dos especialistas e a segunda subseção a ponderação da estrutura hierárquica dos investidores.

#### 5.1.1 Especialistas

Todos os dados coletados no Instrumento de Coleta de Dados II (**ANEXO C**) são utilizados nessa subseção, pois a inclusão dos especialistas nesse estudo teve como finalidade a ponderação da estrutura hierárquica. Lembrando que a confiabilidade das respostas quanto à importância dos KPI foi medida com o Alfa de Cronbach, que resultou em 0,87, classificada com uma consistência boa de dados.

Além do Alfa, outra medida de confiabilidade foi calculada, a Relação de Consistência (*RC*) da ponderação dos PVF, por meio da metodologia AHP. Essa medida também foi considerada adequada, atingindo uma média de 10,93% e um desvio padrão de 5,99% para os 19 especialistas. A Tabela 5.1 apresenta a ponderação média dos especialistas. Os KPI foram ordenados segundo o peso dentro do PVF correspondente.

Tabela 5.1 – Ponderação média dos especialistas

PVF	$w_{PVF}$	$k$	KPI	$wg$
1. Económico	38,41%	3	Redução da conta de energia	9,84%
		1	Custo do sistema	9,38%
		4	Tempo de recuperação de capital	8,13%
		2	Custo da manutenção	6,03%
		5	Valorização da residência/empresa	5,04%
2. Ambiental	9,44%	8	Uso consciente de energia	2,31%
		6	Impacto visual	2,14%
		7	Redução de CO <sub>2</sub>	2,05%
		9	Reciclagem dos painéis solares	1,57%
		10	Habitat de animais silvestres	1,37%
3. Mercadológico	14,03%	14	Reputação da empresa instaladora	2,68%
		15	Pós-venda	2,47%
		13	Presença de propagandas	2,30%
		11	Localização da empresa instaladora	2,22%
		12	Logística	2,18%
		16	Instalações vizinhas	2,18%
4. Político	13,10%	17	Mecanismo de financiamento	2,61%
		18	Isenção da taxa de impostos	2,44%
		19	Governança política	2,21%
		20	Impacto na rede de distribuição	2,19%
		21	Conexão com rede de distribuição confiável	2,16%
		22	Colaboração com outros países	1,49%
5. Social	6,99%	25	Aceitação pública	1,48%
		26	Conhecimento sobre o sistema	1,42%
		24	Aceitação da família/gestão	1,37%
		27	Redução do desemprego	1,36%
		23	Envolvimento com o projeto	1,35%
6. Tecnológico	18,03%	32	Durabilidade do sistema	3,52%
		31	Qualidade da instalação	3,41%
		33	Facilidade da manutenção	3,05%
		28	Eficiência do sistema	2,74%
		30	Prazo para instalação	2,71%
		29	Possibilidade de expansão	2,59%

Fonte: Autora.

De acordo com os julgamentos dos 19 especialistas, a ordem hierárquica de importância dos PVF são: Económico ( $w_{PVF_1} = 38,41\%$ ); Tecnológico ( $w_{PVF_6} = 18,03\%$ ); Mercadológico ( $w_{PVF_3} = 14,03\%$ ); Político ( $w_{PVF_4} = 13,10\%$ ); Ambiental ( $w_{PVF_2} = 9,44\%$ ); e Social ( $w_{PVF_5} = 6,99\%$ ). O PVF mais importante para o sucesso do investidor é o Económico. Sem a contemplação dos objetivos económicos, o projeto não poderá atingir mais que 61,59% de sucesso. Esse PVF é considerado

duas vezes mais importante que o segundo PVF, o Tecnológico. Somados os aspectos econômicos e tecnológicos representam 56,44% de importância para o atingimento do sucesso.

Dentro PVF Econômico, é unânime a opinião dos especialistas de que o KPI “Redução da Conta de Energia” é o mais importante, pois a média de importância ( $i_{KPI_3}$ ) foi de 5,00, atingindo o peso de 9,84%. Esse KPI é seguido do “custo do sistema” e do “tempo de recuperação de capital”, que também possuem os maiores pesos da estrutura hierárquica. A “Valorização da Residência/Empresa” não é um fator considerado importante pelos especialistas, isso porque a energia fotovoltaica ainda é vista como um investimento para pessoas estáveis, com moradia fixa, e a maioria dos investidores não pretende vender sua residência/empresa. Essa perspectiva pode mudar com a difusão dos sistemas em novas construções, tornando o fato da edificação produzir sua própria energia uma tendência na venda de imóveis.

No contexto do PVF Tecnológico, a “Durabilidade do sistema” e a “Qualidade da instalação” são os fatores de maior importância, atingindo aproximadamente 3,5% de peso cada um. A “Facilidade da manutenção” apresentou uma média de 3,05% de importância. Mesmo que o sistema fotovoltaico não apresente histórico de manutenções, é importante que o sistema seja de fácil acesso para a manutenção semestral de limpeza dos painéis, processo necessário para manter a sua eficiência. A “Eficiência do sistema” é o quarto KPI mais importante, atingindo 2,74% de peso, pois ele é consequência dos três KPI anteriores, em que uma instalação de qualidade, manutenção regular e durabilidade adequada mantém a eficiência do sistema conforme o esperado. Os dois KPI menos importantes são “Prazo para instalação” e “Possibilidade de expansão”. O tempo de espera do investidor quanto a instalação de seu sistema não resulta em perdas técnicas, mas pode acarretar em insatisfação quanto ao processo de instalação para o investidor.

Sequencialmente, O PVF Mercadológico tem como KPI mais importantes a “Reputação da empresa instaladora” e “Pós-venda”, ambos com importância ( $i_{KPI_{14}}$  e  $i_{KPI_{15}}$ ) acima de 4,00. Isso significa que a confiabilidade da empresa, relacionados ao seu histórico de relacionamento com os clientes, é o ponto mais importante para o sucesso do investidor no viés mercadológico. A “Presença de propagandas” é o terceiro KPI, com 2,3% de peso. Isso significa que, na opinião dos especialistas, é ligeiramente mais importante a presença de propagandas sobre

energia fotovoltaica do que a presença de instalações vizinhas (KPI “Instalações vizinhas” obteve peso de 2,18%). A “Localização da empresa instaladora” e a “Logística” também obtiveram valores baixos de importância, tornando esses aspectos comerciais os de menor relevância para o PVF Mercadológico.

Com ponderação semelhante ao PVF Mercadológico, está o PVF Político. O PVF Político tem como KPI mais importantes o “Mecanismo de financiamento” e “Isenção de taxa de impostos”, ambos com nível de importância ( $i_{KPI_{17}}$  e  $i_{KPI_{18}}$ ) maior que 4,00, com aproximadamente 2,5% de peso cada. Apesar desses KPI fazerem parte de decisões políticas, eles impactam diretamente no PVF Econômico, por isso, é natural que a opinião dos especialistas resulte nessa importância, elevando os aspectos econômicos. A “Governança política” está em terceiro lugar, e muito próximo aos dois KPI relacionados à rede de distribuição de energia. E como fator de menor importância, está a “Colaboração com outros países”. Esse fator é relacionado ao fato da cadeia produtiva de energia fotovoltaica depender da tecnologia importada. Por isso, esse aspecto pode modificar-se com o desenvolvimento da produção nacional e com políticas relacionadas à abertura ou fechamento do mercado nacional.

O penúltimo PVF em importância é o Ambiental. Mesmo que a energia fotovoltaica ofereça benefícios ambientais, quanto trata-se de um investimento, este aspecto não possui um elevado nível de importância no sucesso, segundo os especialistas. Comparando, toda a importância do PVF Ambiental ( $w_{PVF_2} = 9,44\%$ ) não atinge o peso do KPI “Redução da conta de energia” ( $w_{g_3} = 9,84\%$ ) associado ao PVF Econômico. Dentro do PVF Ambiental, o KPI mais importante é o “Uso consciente de energia”, com 2,31% de peso. Esse KPI normalmente é afetado com a implementação de sistemas fotovoltaicos, pois os investidores tendem a diminuir sua preocupação com o uso da energia. O impacto visual ou arquitetônico que o sistema fotovoltaico traz para a edificação tem peso de 2,14% na opinião dos especialistas. Os fatores menos importantes são também os menos comuns, o “Habitat de animais silvestres” e “Reciclagem de painéis solares” obtiveram aproximadamente 1,5% de peso. É importante compreender que, ao final da vida útil dos painéis, o montante a ser substituído será significativo. Por isso, pensar na logística reversa é uma responsabilidade dos participantes dessa cadeia produtiva.

O PVF Social é o de menor importância. Dentro do PVF, as ponderações são semelhantes, pois todos receberam níveis de importância médios ( $i_{KPI_k}$ ) entre 3,47 e

3,84. O KPI “Aceitação pública” sobre sistemas fotovoltaicos é ligeiramente superior aos demais, com 1,48% de peso. O último KPI é o “Envolvimento com o projeto” com 1,35% de peso. Na opinião dos especialistas, aspectos como conhecimento sobre sistemas fotovoltaicos e envolver-se no desenvolvimento do projeto não são relevantes para o sucesso do investidor.

### 5.1.2 Investidores

Parte dos dados coletados no Instrumento de Coleta de Dados I (**ANEXO B**) são utilizados nessa subseção, as questões que tratam do nível de importância dos KPI e a comparação pareada dos PVF. A confiabilidade das respostas quanto à importância dos KPI foi medida com o Alfa de Cronbach, que resultou em 0,85, classificada com uma consistência boa de dados. E a Relação de Consistência (*RC*) da ponderação dos PVF, resultou uma média de 17,68% e um desvio padrão de 11,44% para os 32 investidores. A Tabela 5.2 apresenta a ponderação média dos investidores. Os KPI foram ordenados segundo o peso dentro do PVF correspondente. Lembrando que para os cálculos da Seção 5.2 não são utilizadas as médias das opiniões dos investidores, pois o sucesso é relativo aos objetivos de cada investidor, conseqüentemente, só a opinião do investidor do projeto e a dos especialistas são consideradas para a mensuração do sucesso de cada projeto.

Tabela 5.2 – Ponderação média dos investidores

PVF	$w_{PVF}$	$k$	KPI	$wg$
1. Econômico	26,43%	3	Redução da conta de energia	6,11%
		1	Custo do sistema	5,37%
		2	Custo da manutenção	5,32%
		4	Tempo de recuperação de capital	5,30%
		5	Valorização da residência/empresa	4,33%
2. Ambiental	19,58%	8	Uso consciente de energia	4,44%
		7	Redução de CO <sub>2</sub>	4,35%
		9	Reciclagem dos painéis solares	4,11%
		10	Habitat de animais silvestres	4,07%
		6	Impacto visual	2,61%
3. Mercado glico	11,56%	14	Reputação da empresa instaladora	2,26%
		15	Pós-venda	2,23%
		12	Logística	1,99%
		11	Localização da empresa instaladora	1,83%

(continua)

Tabela 5.2 – Ponderação média dos investidores

PVF	$w_{PVF}$	$k$	KPI	(conclusão)
				$wg$
4. Político	11,16%	13	Presença de propagandas	1,71%
		16	Instalações vizinhas	1,54%
		18	Isenção da taxa de impostos	1,97%
		21	Conexão com rede de distribuição confiável	1,96%
		19	Governança política	1,91%
		17	Mecanismo de financiamento	1,79%
		22	Colaboração com outros países	1,79%
		20	Impacto na rede de distribuição	1,74%
5. Social	10,54%	27	Redução do Desemprego	2,35%
		26	Conhecimento Sobre o Sistema	2,20%
		24	Aceitação da Família/Gestão	2,19%
		23	Envolvimento com o Projeto	1,91%
		25	Aceitação Pública	1,89%
6. Tecnológico	20,73%	31	Qualidade da instalação	3,65%
		28	Eficiência do sistema	3,58%
		32	Durabilidade do sistema	3,54%
		29	Possibilidade de expansão	3,40%
		30	Prazo para instalação	3,32%
		33	Facilidade da manutenção	3,23%

Fonte: Autora.

De acordo com os julgamentos dos 32 investidores, a ordem hierárquica de importância dos PVF são: Econômico ( $w_{PVF_1} = 26,43\%$ ); Tecnológico ( $w_{PVF_6} = 20,73\%$ ); Ambiental ( $w_{PVF_2} = 19,58\%$ ); Mercadológico ( $w_{PVF_3} = 11,56\%$ ); Político ( $w_{PVF_4} = 11,16\%$ ); e Social ( $w_{PVF_5} = 10,54\%$ ). Assim como na opinião dos especialistas, os investidores apresentam os PVF Econômico e Tecnológico como os mais importantes, contemplando 47,16% de importância para o sucesso. Porém, o PVF Econômico possui 11,98% a menos de importância para os investidores. Isso é resultado, principalmente, da participação de importância do PVF Ambiental, que é 10,14% mais importante para os investidores do que para os especialistas. Outra divergência significativa de opiniões é a importância do PVF Social, que para os investidores tem um peso de 10,54%, e é um peso aproximado aos PVF Mercadológico e Político.

No PVF Econômico, permanece a opinião de que o KPI “Redução da conta de energia” tem maior importância perante os outros, seguido do KPI “Custo do sistema”. Em terceiro lugar, o KPI “Custo da manutenção” teve 4,45 de importância ( $i_{KPI_2}$ ), dissentindo da opinião dos especialistas, com 3,21 de importância. Isso é resultado

do receio que os investidores têm na ocorrência de custos imprevistos futuros no seu investimento. Mas os especialistas mantêm a confiança nos sistemas fotovoltaicos, que historicamente não apresentam altos custos de manutenção. A mesma divergência ocorre para o KPI “Valorização da residência/empresa”, em que para o investidor a importância é de 3,84 ( $i_{KPI_5}$ ) e para o especialista é de 2,63. Mesmo que para ambos este seja o KPI de menor importância, para os investidores, a valorização de sua residência ou empresa é uma motivação para a compra do sistema fotovoltaico, tornando seu imóvel mais atrativo.

No contexto do PVF Tecnológico, os investidores apontaram todos os KPI em nível de muito importantes. Diferente da opinião dos especialistas, os investidores se preocupam com o KPI “Possibilidade de expansão” de seus sistemas no futuro. Isso reflete a compreensão de que a demanda por energia de sua residência ou empresa pode elevar-se com o passar dos anos, assim como a perda gradativa de eficiência dos módulos fotovoltaicos.

Para o PVF Ambiental, o KPI mais importante é o “Uso consciente de energia”. Mesmo que a redução da conta de energia aconteça com a implementação do sistema fotovoltaico, os investidores compreendem que o desperdício de energia é uma prática ambientalmente negativa. Os investidores apontaram o KPI “Impacto Visual” como pouco importante ( $i_{KPI_6} = 2,37$ ). Alguns relatam que o KPI não é importante porque os sistemas são instalados nos telhados das construções, e que muitas vezes não são visíveis. Outros relatam que, mesmo quando visíveis, acham que os módulos possuem impacto visual positivo e agregam uma iniciativa ambiental à construção.

O PVF Mercadológico é o quarto mais importante. É unânime a opinião dos 32 investidores de que o KPI “Reputação da empresa instaladora” é o mais importante ( $i_{KPI_{14}} = 5$ ). Isso significa que existe uma tendência de o investidor escolher a empresa que lhe oferece maior confiabilidade do que, necessariamente, o menor custo de implementação do sistema. Além disso, o KPI “Pós-venda” também é considerado muito importante. Para medir isso, os investidores costumam entrar em contato com outros investidores, a fim de constatar a qualidade do serviço prestado pela empresa.

Para o PVF Político os investidores apontaram altos níveis de importância para todos os KPI. Destaca-se o KPI “Isenção de taxa de impostos” ser ligeiramente mais importante que os demais. O Brasil apresenta altas taxas de impostos, tanto sobre os

produtos quanto sobre a geração e distribuição de energia. Por isso, os investidores apontam a importância de manter a isenção do ICMS sobre a energia injetada pelo investidor na rede de distribuição e dos impostos sobre a compra de “Kits fotovoltaicos”. O último KPI para esse PVF é o “Impacto na rede de distribuição”. A maioria dos investidores não mostrou conhecimento sobre os possíveis impactos que seus sistemas acarretam na rede de distribuição ou consideravam que os impactos são positivos.

Por último, o PVF Social tem o KPI “Redução de desemprego” como o mais importante. Os investidores compreendem que ao fomentar a cadeia produtiva de sistemas fotovoltaicos cria-se novas oportunidades de emprego. O KPI “Conhecimento sobre o sistema” também é considerado importante pelos investidores. Porém, não consideram muito importante envolver-se no desenvolvimento do projeto, deixando que os detalhes sejam definidos pela empresa que prestou o serviço. E o KPI “Aceitação pública” foi considerado pouco importante.

## 5.2 MENSURAÇÃO DO SUCESSO DOS PROJETOS

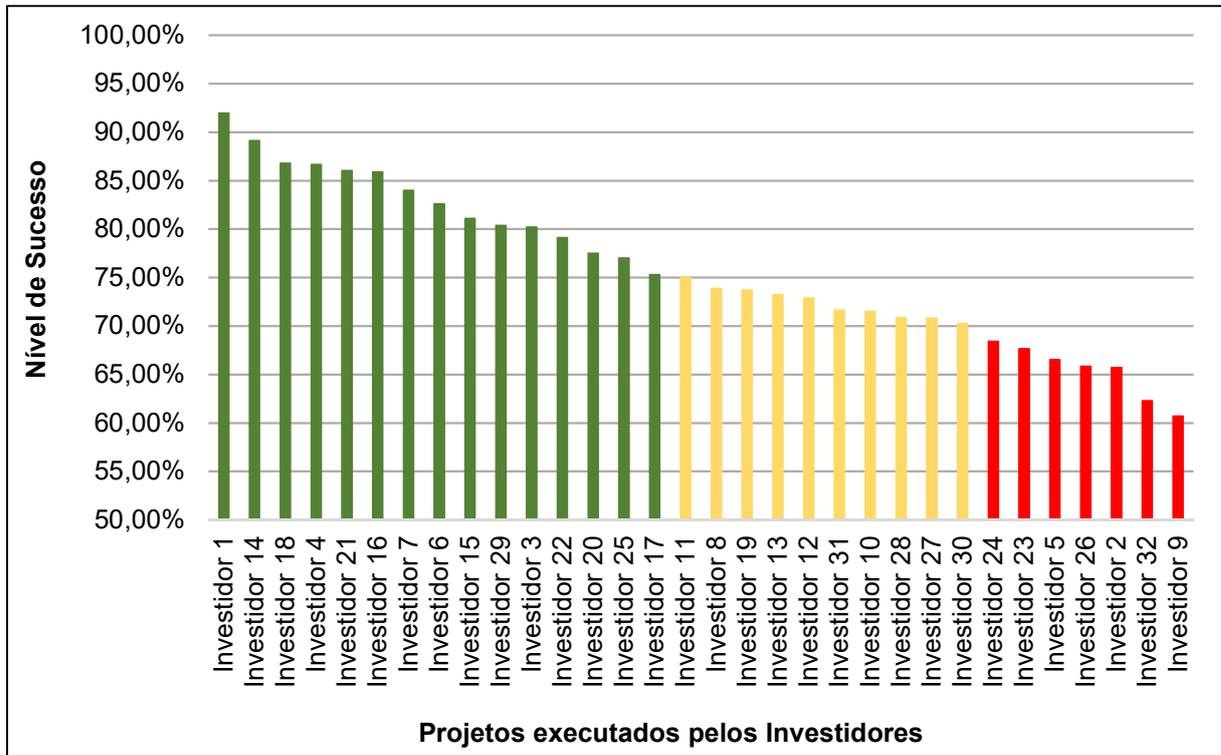
A mensuração do sucesso dos projetos foi calculada por meio da formulação matemática da Seção 4.4. A primeira subseção exibe os Índices Globais de Sucesso dos 32 projetos avaliados em estudos de caso e a segunda subseção discute o atingimento médio dos KPI e dos PVF dos projetos.

### 5.2.1 Índice Global de Sucesso dos projetos

Para o cálculo do sucesso do projeto de um investidor foi considerado 50% da ponderação dos especialistas e 50% da ponderação do investidor do respectivo projeto. Ou seja, a ponderação média dos investidores, explicada na subseção 5.1.2, não foi utilizada, pois o sucesso é o atingimento dos objetivos do indivíduo. A Figura 5.1 apresenta o gráfico do diagnóstico dos 32 investidores, organizados em ordem decrescente de  $I_s$ . Essa avaliação está representada por três cores: A cor verde refere-se aos investidores que obtiveram  $I_s \geq 75\%$ ; a cor amarela são os investidores com  $I_s < 75\%$  e  $I_s > 70\%$ ; e a cor vermelha os projetos com  $I_s \leq 70\%$ . Essa divisão de cores representa os julgamentos dos projetos, em que na cor verde são projetos de “Sucesso pleno” e nas cores amarela e vermelha os projetos de “Sucesso

potencial”. A cor amarela reflete os projetos que estão a apenas 5% de atingir o patamar de “Sucesso pleno”.

Figura 5.1 – Mensuração do sucesso dos projetos dos investidores ( $I_s$ )



Fonte: Autora.

Conforme o diagnóstico dos projetos dos investidores, apresentado na Figura 5.1, é observado que o Investidor 1 atingiu o maior nível de sucesso, com 91,96%, somando uma diferença de 31,28% em relação ao Investidor 9, que obteve o pior diagnóstico, de 60,68%. Por isso, no decorrer dessa seção, são discutidas as diferenças dos projetos de “Sucesso pleno” aos projetos de “Sucesso potencial”. Sabe-se que essas diferenças partem de dois aspectos. A primeira delas ocorre no nível de atingimento dos KPI. A segunda está na diferença da opinião de um investidor para outro, que é contabilizado nos 50% da ponderação da modelagem. Essa diferença torna-se significativa quando os objetivos de um investidor divergem da opinião geral dos especialistas, acarretando em redução ou promoção do sucesso.

Do diagnóstico dos projetos, 15 investidores tiveram seus projetos diagnosticados com  $I_s \geq 76\%$ . O Investidor 1, que obteve  $I_s = 91,96\%$ , considerou o PVF Mercadológico como o mais importante ( $w_{PVF_3} = 30,54\%$ ), afirmando que a

localização e a reputação da empresa foram uma preocupação para a decisão de investir. Consequentemente, atingiu altos índices de mensuração nos KPI associados ao  $PVF_3$ . Além disso, considera ter se envolvido muito com o desenvolvimento do projeto ( $KPI_{23}$ ), tornando-o com facilidades técnicas para manutenção ( $KPI_{33}$ ) e ampliação futura ( $KPI_{29}$ ).

O Investidor 18, o mais idoso, com 72 anos de idade, atingiu  $I_s = 86,77\%$ , considerando o PVF Ambiental como o mais importante ( $w_{PVF_2} = 52,58\%$ ). É desse investidor o sistema fotovoltaico mais antigo dos estudos de caso, com 2 anos e meio em operação. Outros dois investidores também consideram o PVF Ambiental como mais importante: O Investidor 22 ( $I_s = 79,09\%$ ) ponderou o PVF Ambiental com  $w_{PVF_2} = 37,61\%$ ; e o Investidor 29 ( $I_s = 80,35\%$ ) que ponderou o PVF Ambiental com  $w_{PVF_2} = 25,71\%$ .

O Investidor 4 obteve  $I_s = 86,73\%$ . Ele possui alto nível de conhecimento em sistemas fotovoltaicos ( $KPI_{26}$ ). Considerou o PVF Econômico o mais importante ( $w_{PVF_1} = 50,30\%$ ). Diferente da maioria dos investidores, ele não achou relevante ter proximidade com a empresa instaladora e contratou o serviço de uma cidade distante (mais de 500 km) ( $KPI_{11}$ ). O Investidor 3 também considera o PVF Econômico o mais importante ( $w_{PVF_1} = 54,74\%$ ). Foi o investidor que apresentou maior esforço em estudar o investimento, antes e depois da instalação. Sua maior insatisfação ocorreu a partir de abril de 2018, quando houve a troca da concessionária de energia da cidade, que passou a pagar um valor mais baixo pelo kW injetado na rede ao kW consumido pelo investidor. Esse acontecimento impactou no tempo de recuperação de capital ( $KPI_4$ ), acarretando em um  $I_s = 80,19\%$ .

Para o Investidor 16 ( $I_s = 85,89\%$ ) e o Investidor 25 ( $I_s = 77,01\%$ ) os PVF mais importantes são o Econômico (aproximadamente  $w_{PVF_1} = 49\%$ ) e Ambiental (aproximadamente  $w_{PVF_2} = 25\%$ ). O Investidor 25 é o único da classe comercial a estar na categoria “Sucesso pleno”. É um supermercado de porte médio. No período de realização da coleta de dados dessa pesquisa era considerada a maior instalação da cidade de Santa Maria, com 75 kW de potência instalada.

Com opinião diferente dos demais investidores, o Investidor 7 ponderou o PVF Político ( $w_{PVF_2} = 48,72\%$ ) como o mais importante, seguido do PVF Social ( $w_{PVF_5} = 25,12\%$ ) e obteve um  $I_s = 83,96\%$ . Isso se deve ao fato do investidor ser ativo nas lutas pela conscientização ambiental e social, mas defende que as governanças

políticas nacional e estadual precisam apoiar o desenvolvimento da energia fotovoltaica.

O Investidor 21 ( $I_s = 86,01\%$ ) e o Investidor 20 ( $I_s = 77,50\%$ ) consideram o PVF Tecnológico como o mais importante (aproximadamente  $w_{PVF_6} = 37\%$ ). Sendo que o Investidor 20 relatou problemas com a qualidade da instalação do sistema ( $KPI_{31}$ ), excedeu o prazo de entrega ( $KPI_{30}$ ) e mau relacionamento no pós-venda ( $KPI_{15}$ ). O Investidor 6 ( $I_s = 82,58\%$ ) considerou que os PVF Econômico, Ambiental e Tecnológico eram de igual importância. O Investidor 17 ( $I_s = 75,27\%$ ) considerou os PVF Econômico, Ambiental e Político com importâncias equivalentes. Apenas o investidor 14 ( $I_s = 86,63\%$ ) e o Investidor 15 ( $I_s = 81,07\%$ ) que apresentavam ponderação significativamente semelhante à dos especialistas.

Comparando os 14 investidores supracitados, todos apontaram nota máxima para a satisfação geral com o investimento (Exceção do Investidor 3). A principal característica em comum é a não importância do PVF Político, que teve média de peso de apenas 4,94% (Exceção do Investidor 7). Todos implementaram sistemas que reduziram mais de 100% de sua conta de energia, possibilitando o acúmulo de créditos com a concessionária (Exceção do Investidor 18). Por fim, todos tiveram 100% de aceitação da família ou gestão para a realização do investimento (Exceção Investidor 22).

Do diagnóstico dos demais projetos, 10 investidores obtiveram níveis de sucesso pertencente ao intervalo de  $I_s < 75\%$  e  $I_s > 70\%$ . Com a promoção de poucos indicadores, esses projetos poderiam ter alcançado nível de “Sucesso pleno”. O Investidor 11 teve  $I_s = 74,98\%$ , considerando o PVF Tecnológico como o mais importante ( $w_{PVF_6} = 39,05\%$ ) seguido do Ambiental ( $w_{PVF_2} = 28,33\%$ ). Porém, não obteve rendimento nos KPI “Facilidade na manutenção” ( $KPI_{33}$ ) e “Uso consciente de energia” ( $KPI_8$ ), que são associados a esses PVF. O Investidor 8 considerou o PVF Econômico ( $w_{PVF_1} = 35,97\%$ ) e Social ( $w_{PVF_5} = 21,04\%$ ) como os mais relevantes, contudo, está muito insatisfeito com o custo do sistema ( $KPI_1$ ) e considera não ter se envolvido com o desenvolvimento do projeto ( $KPI_{26}$ ), mesmo considerando isso importante, resultando em  $I_s = 73,86\%$ .

O Investidor 19 ponderou seus PVF semelhante aos especialistas. Obteve  $I_s = 73,69\%$  e relatou problemas com a logística dos insumos ( $KPI_{12}$ ) e com o prazo de instalação ( $KPI_{30}$ ). O fato de ter contratado uma empresa de outra cidade ( $KPI_{11}$ )

pode ter prejudicado esses indicadores. O Investidor 13 considerou o PVF Econômico ( $w_{PVF_1} = 42,61\%$ ) e Ambiental ( $w_{PVF_2} = 29,49\%$ ) como os mais importantes e obteve um total de  $I_s = 73,22\%$ , pois mesmo considerando os aspectos ambientais importantes, não possui um uso consciente de energia ( $KPI_8$ ).

O Investidor 12 é da classe comercial e considera os PVF Econômico, Ambiental e Mercadológico de igual importância. Ele sentiu-se muito insatisfeito com o custo do sistema ( $KPI_1$ ) e com os mecanismos de financiamento ( $KPI_{17}$ ), resultando em  $I_s = 72,89\%$ . O Investidor 31 ( $I_s = 71,61\%$ ) e Investidor 27 ( $I_s = 70,79\%$ ) apresentam os PVF Econômico e Tecnológico como os mais relevantes. Porém, o Investidor 31 possui apenas de 25% a 50% de redução da conta de energia ( $KPI_3$ ), que foi considerado muito importante pelo investidor. E o Investidor 27 está muito insatisfeito com o tempo de recuperação de capital ( $KPI_4$ ), devido a problemas de sombreamento nos painéis, reduzindo significativamente a produção de energia prevista no projeto. Além disso, existe uma limitação para expansão do sistema ( $KPI_{29}$ ).

O Investidor 10 ( $I_s = 71,49\%$ ) e o Investidor 28 ( $I_s = 70,83\%$ ) consideram o PVF Político o mais importante, porém, ambos estão insatisfeitos com a governança política ( $KPI_{19}$ ), com os mecanismos de financiamento ( $KPI_{17}$ ) e com a rede de distribuição de energia ( $KPI_{21}$ ). Por fim, o Investidor 31 considera os PVF Ambiental, Social e Tecnológico equivalentes em peso, mas não envolveu-se com o projeto ( $KPI_{23}$ ) e possui uma cultura de uso consciente de energia pouco avançada ( $KPI_8$ ).

Sequencialmente, 7 investidores obtiveram  $I_s \leq 70\%$ . O Investidor 24 ponderou o PVF Ambiental com 49,99% de importância, mas indicou que o impacto visual do sistema em sua residência é negativo ( $KPI_6$ ) e que o sistema prejudicou o habitat de animais ( $KPI_{10}$ ), acarretando em  $I_s = 68,40\%$ . O Investidor 23 apresentou ponderação semelhante aos especialistas e  $I_s = 67,63\%$ . Os KPI que prejudicaram seu projeto referem-se a insatisfação com o Tempo de recuperação de capital ( $KPI_4$ ), a confiabilidade da rede de distribuição ( $KPI_{21}$ ), a insatisfação com o prazo da instalação ( $KPI_{30}$ ), e com a dificuldade para realizar a manutenção ( $KPI_{33}$ ).

O Investidor 5 ponderou o PVF Tecnológico como o mais relevante ( $w_{PVF_6} = 34,64\%$ ), mas obteve baixo rendimento nos KPI associados a esse PVF, resultando em  $I_s = 66,51\%$ . O mesmo ocorreu com o Investidor 32 que obteve índice de sucesso de  $I_s = 62,27\%$ , agravado pela completa insatisfação com o serviço de

pós-venda da empresa instaladora ( $KPI_{15}$ ). E o Investidor 2 atingiu  $I_s = 65,96\%$  por produzir apenas de 25% a 50% da demanda de energia ( $KPI_3$ ), estar insatisfeito com o Tempo de Recuperação de capital ( $KPI_4$ ), com a Logística ( $KPI_{12}$ ), com o financiamento ( $KPI_{17}$ ) e não ter se envolvido com o projeto ( $KPI_{23}$ ). O Investidor 9 obteve o pior nível de sucesso, com  $I_s = 60,68\%$ . Em sua ponderação, considerou o PVF Econômico muito mais importante que os demais ( $w_{PVF_1} = 48,04\%$ ), porém, a mensuração de todos os KPI associados a esse PVF tiveram atingimento médio de 50%.

Ao comparar os 7 projetos com menor nível de sucesso, todos estão com mais de 12 meses de sistema instalado (Exceção Investidor 26). Eles possuem os mais baixos níveis de satisfação quanto custo do sistema ( $KPI_1$ ), tempo de recuperação de capital ( $KPI_4$ ), com os mecanismos de financiamento ( $KPI_{17}$ ), confiabilidade da rede de distribuição ( $KPI_{21}$ ) e durabilidade do sistema ( $KPI_{32}$ ).

## 5.2.2 Atingimento médio dos KPI e PVF

Mediante a análise individual dos projetos dos investidores na subseção anterior, foi identificado quais os principais motivos que resultaram em altos ou baixos níveis de sucesso para cada caso. Nessa subseção, a média dos KPI dos 32 investidores foi calculada com o objetivo de compreender quais indicadores apresentam maiores e menores índices gerais de contemplação. O *ranking* da pontuação dos KPI é apresentado na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Nível de atingimento médio dos KPI

(continua)			
FCS	$k$	Nome do KPI	Média atingida do KPI ( $KPI$ )
5.2.1	24	Aceitação da família/gestão	92,97%
1.2	3	Redução da conta de energia	91,41%
6.3.2	31	Qualidade da instalação	90,63%
3.1.1	11	Localização da empresa instaladora	89,06%
2.4	10	Habitat de animais silvestres	88,28%
3.3.1	14	Reputação da empresa instaladora	88,28%
2.2.1	7	Redução de CO <sub>2</sub>	85,94%
3.3.2	15	Pós-venda	85,94%
6.1.2	28	Eficiência do sistema	85,94%
5.4.1	27	Redução do desemprego	85,16%
6.4.1	32	Durabilidade do sistema	85,16%

Tabela 5.3 – Nível de atingimento médio dos KPI

(conclusão)			
FCS	k	Nome do KPI	Média atingida do KPI (KPI)
3.1.2	12	Logística	79,69%
3.4.1	16	Instalações vizinhas	78,91%
6.3.1	30	Prazo para instalação	78,13%
5.2.2	25	Aceitação pública	77,34%
6.2.1	29	Possibilidade de expansão	76,56%
1.1.2	2	Custo da manutenção	75,78%
4.3.1	20	Impacto na rede de distribuição	75,78%
5.3	26	Conhecimento sobre o sistema	74,22%
1.4	5	Valorização da residência/empresa	73,44%
2.2.2	8	Uso consciente de energia	72,66%
1.1.1	1	Custo do sistema	71,88%
6.4.2	33	Facilidade da manutenção	71,09%
1.3	4	Tempo de recuperação de capital	70,31%
3.2.1	13	Presença de propagandas	69,53%
4.4	22	Colaboração com outros países	65,63%
4.1.2	18	Isenção da taxa de impostos	63,28%
2.1.1	6	Impacto visual	60,94%
4.3.2	21	Conexão com rede de distribuição confiável	58,59%
5.1	23	Envolvimento com o projeto	50,78%
4.1.1	17	Mecanismo de financiamento	44,53%
2.3.1	9	Reciclagem dos painéis solares	41,41%
4.2	19	Governança política	33,59%

Fonte: Autora.

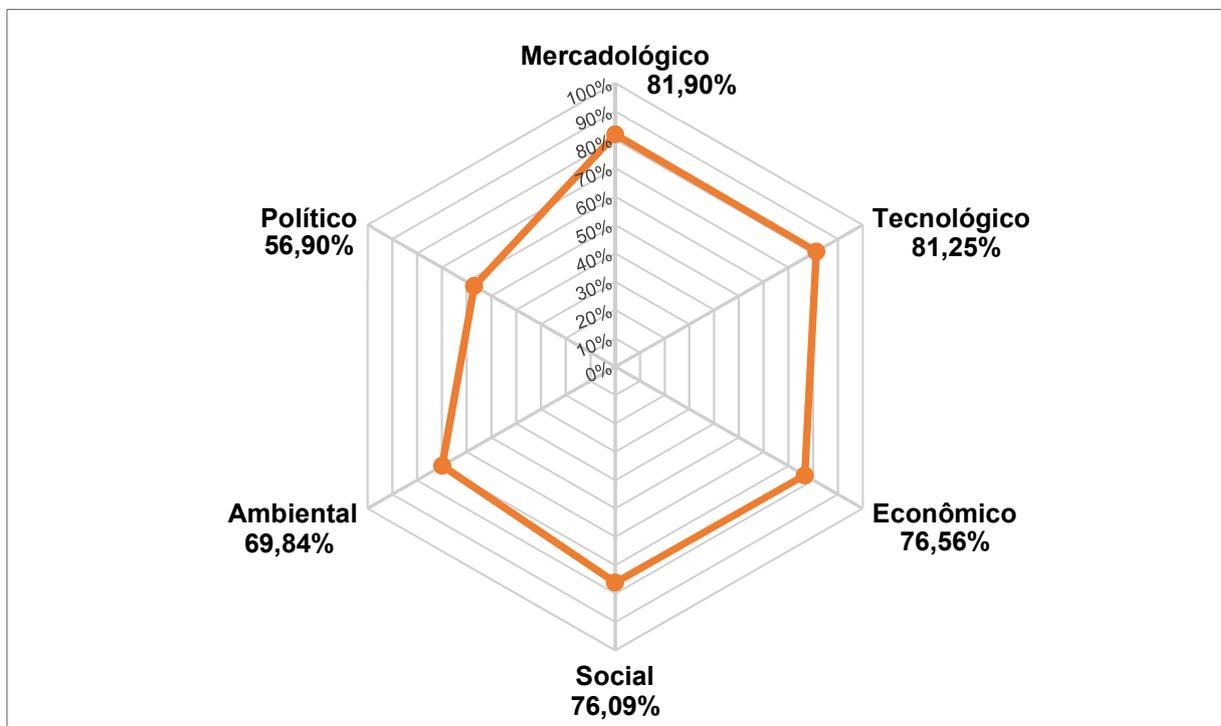
Dos 33 KPI, três apresentaram média superior a 90%. A aceitação da família/gestão da empresa ( $KPI_{24} = 92,27\%$ ), pertencente ao PVF Social, significa que a maioria dos projetos foram executados em concordância total dos familiares ou gestores. A redução da conta de energia ( $KPI_3 = 91,41\%$ ), pertencente ao PVF Econômico, explicita que a maioria dos sistemas instalados geram mais que 100% da demanda média, possibilitando o acúmulo de créditos com a concessionária. E a qualidade da instalação ( $KPI_{31} = 90,73\%$ ), pertencente ao PVF Tecnológico, exhibe que a maioria dos investidores concorda completamente com a afirmação “Tenho total confiança da qualidade dos insumos e do processo de instalação da empresa instaladora”.

Em contrapartida, cinco KPI apresentaram média inferior a 60%. A conexão com rede de distribuição confiável ( $KPI_{21} = 58,59\%$ ), pertencente ao PVF político, apresenta que grande parte dos investidores discordam em partes da afirmação “A rede de distribuição de energia é confiável e não apresenta defeitos”, alegando muitas

quedas de energia e variações na tensão. O envolvimento com o projeto ( $KPI_{23}$ ), pertencente ao PVF Social, aponta que muitos investidores afirmam ter se envolvido muito pouco. O nível de envolvimento com o projeto e o conhecimento sobre o sistema ( $KPI_{26} = 74,22\%$ ) são causadores de insatisfação de outros KPI, pois limita o investidor a compreender e decidir sobre aspectos do projeto, como facilidade para expansão, manutenção, impacto visual, entre outros. Na entrevista, alguns relatam arrependimento em não ter estabelecido maior contato com a empresa.

Em relação ao mecanismo de financiamento ( $KPI_{17} = 44,53\%$ ), associado ao PVF Político, aponta a insatisfação dos investidores quanto as linhas de financiamento existentes nos períodos de instalação. Por fim, o KPI de pior rendimento é a governança política ( $KPI_{19} = 33,59\%$ ), também dentro do PVF Político, em que os investidores discordam parcialmente da afirmação “A governança política é confiável, consultiva e apoia o desenvolvimento da energia fotovoltaica”. Conseqüentemente, esse panorama resultou no PVF Político ( $PVF_5 = 56,90\%$ ) como o de pior desempenho. A Figura 5.2 exibe o nível de atingimento médio dos PVF.

Figura 5.2 – Nível de atingimento médio dos PVF



Fonte: Autora.

Dentre os PVF, o Mercadológico ( $PVF_3 = 81,90\%$ ) apresentou a maior média de atingimento. Isso ocorreu porque dos 6 KPI associados a esses PVF, apenas um não ultrapassou a média de 75%. Retirando algumas exceções, os projetos são realizados com empresas da cidade ( $KPI_{11} = 89,06\%$ ), considerando uma alta reputação das empresas ( $KPI_{14} = 88,28\%$ ) e um bom relacionamento no pós-venda ( $KPI_{15} = 85,94\%$ ). Os PVF Tecnológico ( $PVF_6 = 81,25\%$ ) e Econômico ( $PVF_1 = 76,56\%$ ), que são os mais importantes na ponderação, também atingiram médias acima de 75%.

Sequencialmente, o PVF Social ( $PVF_5 = 76,09\%$ ) também atingiu média superior a 75%. Porém, como discutido anteriormente, dois KPI reduzem sua média ( $KPI_{23}$  e  $KPI_{26}$ ). O PVF Ambiental ( $PVF_2 = 69,84\%$ ) possui média de atingimento inferior a 75%. Dos cinco KPI associados a esse PVF, três possuem baixos níveis de atingimento, o uso consciente de energia ( $KPI_8 = 72,66\%$ ), impacto visual ( $KPI_6 = 60,94\%$ ) e reciclagem dos painéis solares ( $KPI_9 = 41,41\%$ ). Os PVF Social e Ambiental foram considerados os menos importantes na ponderação dos especialistas (Seção 5.1), conseqüentemente, o nível de atingimento deles são os que menos impactam no nível de sucesso dos projetos.

### 5.3 ANÁLISE DA ADEQUABILIDADE DO DIAGNÓSTICO

Para estudar a adequabilidade do diagnóstico proposto à realidade dos projetos foi desenvolvida uma questão de investigação inicial. Os investidores responderam qual o nível de satisfação atual com o sistema, em uma escala de 1 a 5. Ressalta-se que essa pergunta era realizada antes de os respondentes conhecerem os fatores envolvidos no diagnóstico, sendo considerada uma variável independente. Por esse motivo, foi possível comparar o Índice Global de Sucesso ( $I_s$ ) ao nível de satisfação expresso pelos investidores. A Tabela 5.4 apresenta essa análise.

Tabela 5.4 – Adequabilidade do diagnóstico

<b>Investidor</b>	<b><i>I<sub>s</sub></i></b>	<b>Satisfação</b>	<b><i>I<sub>s</sub></i> x Satisfação</b>
Investidor 1	91,96%	5	Adequado
Investidor 2	65,69%	4	Adequado
Investidor 3	80,19%	4	Diverge
Investidor 4	86,63%	5	Adequado
Investidor 5	66,51%	4	Adequado
Investidor 6	82,58%	5	Adequado
Investidor 7	83,96%	5	Adequado
Investidor 8	73,86%	4	Adequado
Investidor 9	60,68%	4	Adequado
Investidor 10	71,49%	5	Diverge pouco
Investidor 11	74,98%	5	Diverge pouco
Investidor 12	72,89%	5	Diverge pouco
Investidor 13	73,22%	5	Diverge pouco
Investidor 14	89,10%	5	Adequado
Investidor 15	81,07%	5	Adequado
Investidor 16	85,89%	5	Adequado
Investidor 17	75,27%	5	Adequado
Investidor 18	86,77%	5	Adequado
Investidor 19	73,69%	5	Diverge pouco
Investidor 20	77,50%	5	Adequado
Investidor 21	86,01%	5	Adequado
Investidor 22	79,09%	5	Adequado
Investidor 23	67,63%	3	Diverge
Investidor 24	68,40%	4	Adequado
Investidor 25	77,01%	5	Adequado
Investidor 26	65,82%	5	Diverge
Investidor 27	70,79%	3	Diverge
Investidor 28	70,83%	5	Diverge pouco
Investidor 29	80,35%	5	Adequado
Investidor 30	70,24%	5	Diverge pouco
Investidor 31	71,61%	5	Diverge pouco
Investidor 32	62,27%	4	Adequado

Fonte: Autora.

Na comparação entre o  $I_s$  e o nível de satisfação foi considerado que os cinco pontos da escala de satisfação devem corresponder a escala de avaliação do sucesso do projeto da mensuração do diagnóstico. Como exemplo, o Investidor 1 afirma estar completamente satisfeito (nível 5) e o modelo de diagnóstico mensurou o projeto como sucesso pleno, com 91,96%, então, o diagnóstico é considerado adequado. O julgamento “Diverge pouco” significa que faltou menos de 5% para ser considerado

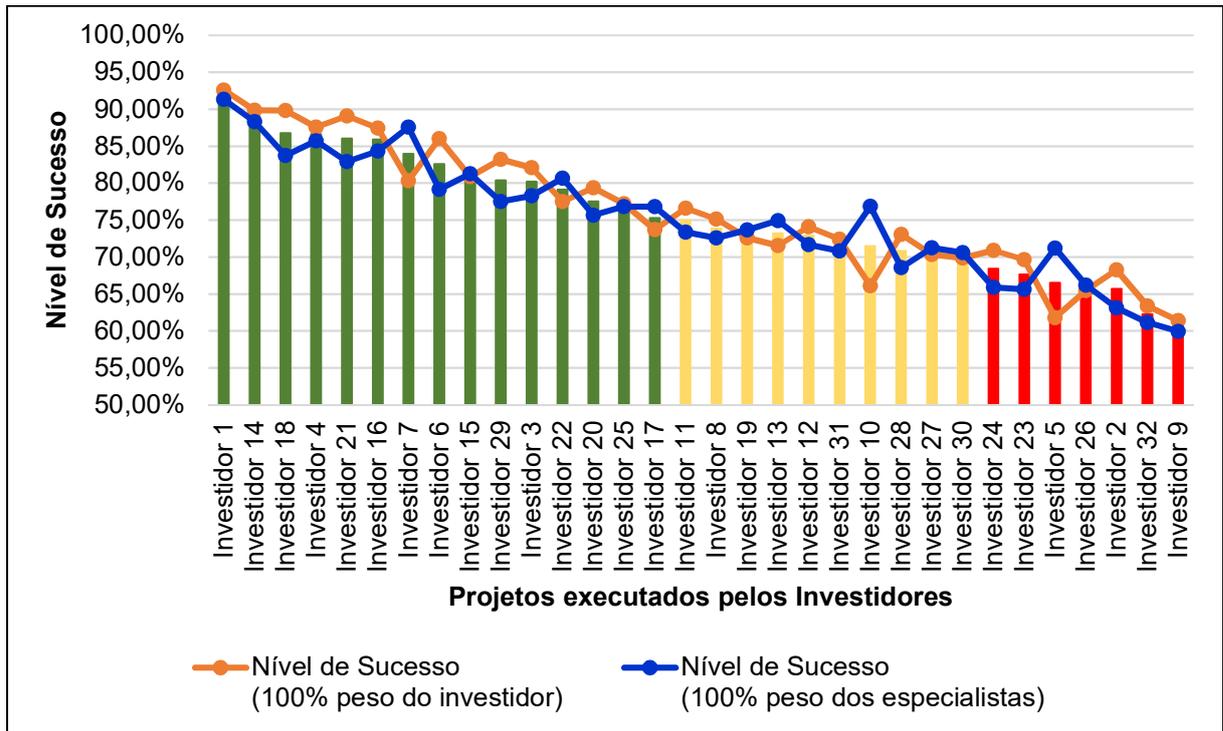
adequado. Os resultados da comparação são: 20 adequados, 8 divergem pouco e 4 divergem.

Com isso, dos 32 casos analisados, 28 obtiveram adequabilidade entre o real sentimento do investidor e o sucesso mensurado pelo diagnóstico, considerando 5% de erro. Essa análise aponta que o diagnóstico é adequado para medir o sucesso de futuros projetos. Além de reforçar a necessidade de desenvolver o diagnóstico por meio de estudos de caso de projetos implementados, o que permitiu a realização da comparação.

#### 5.4 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DA PONDERAÇÃO

A escolha da mensuração do diagnóstico embasar-se em 50% na opinião geral (ponderação) dos especialistas e 50% na opinião do investidor foi investigada nessa seção. Foi calculado o Índice Global de Sucesso ( $I_s$ ) de cada um dos projetos considerando duas diferentes ponderações da estrutura hierárquica: (1) Considerando 100% da ponderação do investidor do projeto; e (2) Considerando 100% da ponderação média dos especialistas. A Figura 5.3 apresenta a comparação dos  $I_s$  mensurados na Seção 5.2, representada no gráfico na série de barras, aos  $I_s$  desenvolvidos nessa seção, nas séries de linhas.

Figura 5.3 – Análise de sensibilidade da ponderação



Fonte: Autora.

A diferença do cálculo do *Is* entre utilizar 100% da opinião do investidor ou 100% da opinião dos especialistas apresentou uma média de 3,55%. Sendo que dos 32 projetos, 9 apresentaram diferenças acima de 5%. Essa variação mostra que, ao utilizar as ponderações de 50% do investidor e 50% dos especialistas torna o processo de mensuração do *Is* refinado, por balancear o julgamento das opiniões dos investidores de opiniões divergentes. Esse é o caso dos Investidores 7, 10 e 5. Os três teriam obtido níveis de *Is* de, em média, 8% inferiores se tivessem considerado apenas a sua opinião. Isso ocorre porque os especialistas balancearam a opinião dos investidores 7 e 10 que julgaram o PVF Político como o mais relevante e do Investidor 5, que não demonstrou importância ao PVF Econômico.

O oposto ocorre com os Investidores 18, 21, 6, 29, 24 e 2. Se apenas a sua ponderação tivesse sido utilizada, eles obteriam valores de *Is*, em média, 5% superiores. Com exceção do Investidor 21, todos apontaram alto índice de importância ao PVF Ambiental, adverso da ponderação dos especialistas, pois é uma exceção o fato do investidor preocupar-se mais com os fatores ambientais do que os econômicos. Diante disso, é importante considerar os especialistas e os investidores na mensuração, pois refina o processo de diagnóstico.

## 5.5 FERRAMENTA

Conforme exposto na Seção 4.6, a modelagem proposta neste trabalho pode ser implementada em um sistema computacional *web*. Porém, uma estrutura *off-line* foi implementada mediante a utilização do *Software Microsoft Office Excel*<sup>®</sup>. A construção da modelagem nesse sistema automatiza o processo de mensuração, e pode ser disponibilizado à sociedade, facilitando o ingresso dos dados, o cálculo matemático e apresentando visualmente os resultados da mensuração do sucesso dos projetos.

A ferramenta foi desenvolvida de modo intuitivo, comunicando-se com o investidor em projetos de micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica. A Figura 5.4 apresenta o menu da ferramenta. O menu endereça quatro opções para o usuário: Responder ao questionário; painel de resultados; conhecer os fatores de sucesso; e conhecer a equipe desenvolvedora. O botão “Conhecer os Fatores de Sucesso” leva o usuário a uma aba em que todos os fatores são explicados didaticamente. O botão “Conhecer a Equipe Desenvolvedora” leva o usuário a uma aba que apresenta o grupo de pesquisa, os órgãos e os pesquisadores envolvidos.

Figura 5.4 – Menu da ferramenta



Fonte: Autora.

O usuário interessado em mensurar o sucesso de seu projeto inicia o processo clicando no botão “Responder ao Questionário”. Esse botão leva a aba “Instruções”, que explica brevemente o instrumento de coleta de dados e indica o botão “Próximo” para que se inicie o processo de ingresso de dados. A Figura 5.5 apresenta a primeira questão do instrumento implementada na ferramenta. O usuário seleciona o botão que representa a sua resposta. O botão preenche automaticamente a aba “Cálculos”.

Figura 5.5 – Instrumento de coleta de dados na ferramenta

**MENSURAÇÃO E IMPORTÂNCIA DOS INDICADORES**

Nessa seção, você irá responder os indicadores conforme o seu projeto de sistema fotovoltaico e informar qual o nível de importância desses indicadores

**FATOR ECONÔMICO**

**1. Quão satisfeito você está com o custo do sistema fotovoltaico?**

Insatisfeito  
 Pouco Satisfeito  
 Indiferente  
 Satisfeito  
 Muito Satisfeito

**Qual o nível de importância do fator "Custo do Sistema"?**

Pouco Importante	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	Muito Importante
------------------	------------------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	------------------

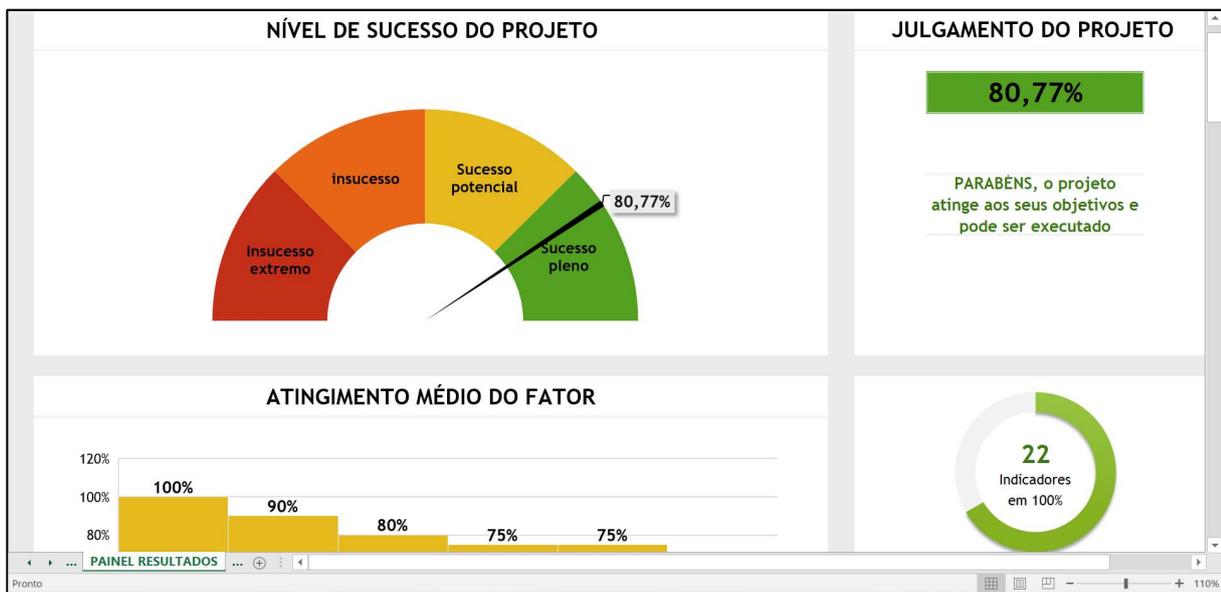
**2. Quão satisfeito você está com a estimativa de custo de manutenção do sistema fotovoltaico?**

Insatisfeito  
 Pouco Satisfeito  
 Indiferente  
 Satisfeito

Fonte: Autora.

O processamento dos dados inseridos no instrumento de coleta de dados é modelado em uma aba denominada “Cálculos”, na qual estão inseridas todas as fórmulas matemáticas apresentadas no Capítulo 4. Após o preenchimento de todas as questões, o usuário é conduzido ao botão “Painel de Resultados” que apresenta o índice global de sucesso do projeto e o julgamento do projeto. Na Figura 5.6 é possível observar quatro blocos de informação visual para o investidor.

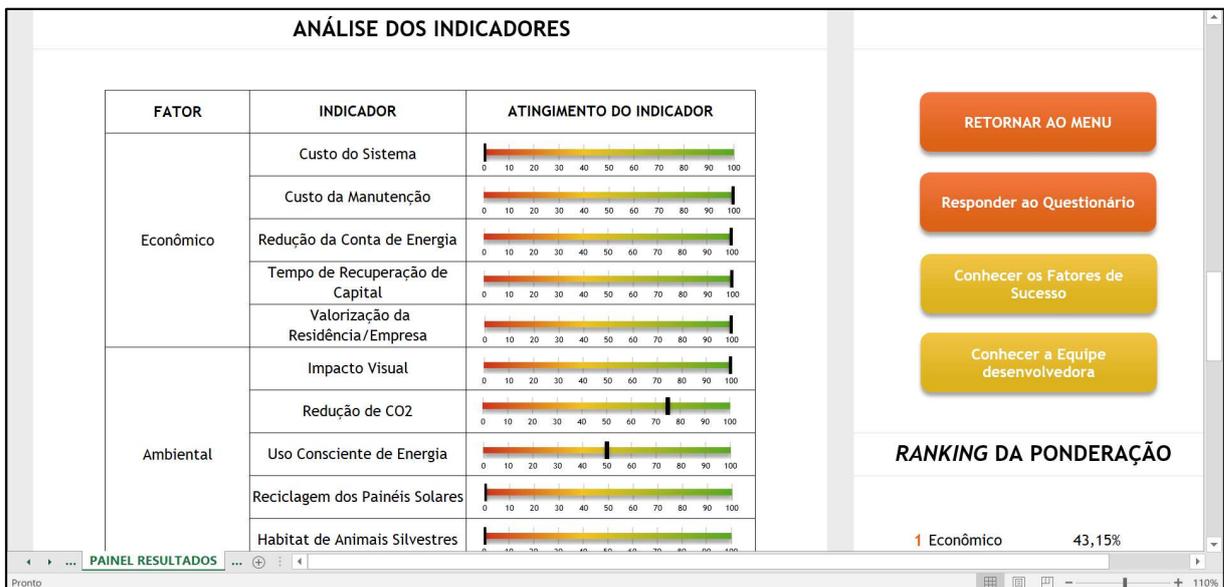
Figura 5.6 – Painel de resultados da ferramenta



Fonte: Autora.

O nível de sucesso do projeto é apresentado por meio de um gráfico do tipo “velocímetro”, em que o ponteiro apresenta o valor atual do sucesso do projeto, percorrendo pela escala de julgamento. No lado direito é dado o julgamento do projeto. Após a apresentação do nível do projeto atual, é necessário explicar quais os PVF e KPI que tiveram melhor ou pior contribuição para o julgamento. Com isso, logo abaixo do velocímetro tem o gráfico em barras que apresenta o nível de atingimento do PVF, organizado automaticamente do melhor ao pior PVF. Ao lado direito, são exibidos dois gráficos de contagem de indicadores. O primeiro indica o número de indicadores que obtiveram o atingimento de 100% e o segundo indica o número de indicadores que obtiveram atingimento igual ou inferior a 50%. Então, o objetivo das próximas análises é explicar qual o atingimento de cada KPI, conforme a Figura 5.7.

Figura 5.7 – Continuação painel de resultados da ferramenta



Fonte: Autora.

A análise dos indicadores é apresentada por meio de um gráfico de “régua”, em que o ponteiro varia dentro da escala de atingimento do indicador, que é de 0% a 100%. Desse modo, o investidor consegue avaliar facilmente quais são os indicadores que ele deve aprimorar para elevar o nível de sucesso de seu projeto. Como informação adicional, ao lado direito, abaixo do painel de navegação com os botões de acesso as outras funções, é exibido o ranking da ponderação dos PVF. Essa informação ajuda o investidor a compreender quais os PVF que têm maior força para elevar ou diminuir o nível de sucesso.

Isto posto, o modelo de diagnóstico encontra-se funcional ao uso da sociedade por meio da ferramenta desenvolvida.

## 5.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente capítulo apresentou os resultados da aplicação do diagnóstico. O objetivo foi relatar detalhadamente os resultados da ponderação dos especialistas e dos investidores e a mensuração do sucesso dos 32 projetos. Com essa análise detalhada, foi discutido os aspectos em comum e divergentes entre os projetos de nível de sucesso pleno e de sucesso potencial. Como último resultado deste trabalho, a ferramenta computacional desenvolvida foi apresentada neste capítulo. O próximo capítulo cita as conclusões deste estudo.



## 6 CONCLUSÕES

Com esta pesquisa objetivou-se propor um modelo de diagnóstico para a implementação de projetos de micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica. Então, utilizou-se de um sistema de mensuração de desempenho baseado em *Key Performance Indicators* (KPI), agrupando-os em Fatores Críticos de Sucesso (FCS) e Pontos de Vista Fundamentais (PVF) até obter uma Estrutura Hierárquica. Esses elementos foram ponderados por meio da *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Com o objetivo de diagnosticar projetos de sistemas fotovoltaicos que estão em *status* “elaboração”, determinou-se como medida de desempenho o “Nível de Sucesso” do projeto. Porque, quando o projeto for implementado deverá atingir os objetivos do investidor, resultando em um projeto de sucesso.

Os primeiros resultados parciais do estudo são os KPI, elaborados a partir de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). São 33 KPI distribuídos em 6 PVF: Econômico, Ambiental, Mercadológico, Político, Social e Tecnológico. A ponderação da estrutura hierárquica foi realizada por 19 especialistas em energia fotovoltaica e pelos 32 investidores participantes da pesquisa. Para os especialistas, o PVF Econômico representa 38,41% de importância para o atingimento do sucesso do investidor. Esse número reflete a realidade de todo investimento porque tem, como objetivo, o ganho financeiro. Porém, os 61,59% restantes também impactam no sucesso do investidor e devem ser pontos de reflexão no momento da elaboração do projeto. Apenas os PVF Ambiental e Social é que obtiveram pesos significativamente baixos para a opinião dos especialistas. A ponderação dos investidores não foi processada em conjunto, pois uma das premissas do desempenho “Nível de sucesso” é que este seja julgado apenas pelo investidor do respectivo projeto em conjunto com a opinião dos especialistas.

O diagnóstico foi aplicado em 32 projetos de micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica, implementados em Santa Maria, RS. A escolha por diagnosticar projetos de *status* “implementado” resultou em entrevistas com investidores de opinião consciente quanto ao investimento. Isso possibilitou apontar os erros e acertos em seus projetos, acarretando em maiores detalhes para a investigação do comportamento e dos objetivos desses investidores. Além disso, foi possível analisar a adequabilidade do diagnóstico por meio de uma questão investigativa inicial, que comparava o julgamento do investidor com o julgamento do diagnóstico. Dos projetos

diagnosticados, 15 alcançaram Índice Global de Sucesso ( $I_s$ )  $\geq 76\%$ , julgados como projetos de “Sucesso pleno”; 10 obtiveram níveis de sucesso pertencente ao intervalo de  $I_s < 75\%$  e  $I_s > 70\%$ , julgados como projetos de “Sucesso potencial”, mas que com a promoção de poucos indicadores, poderiam ter alcançado nível de “Sucesso pleno”; e 7 projetos obtiveram  $I_s \leq 70\%$ , julgados como projetos de “Sucesso potencial”. Portanto, conclui-se que: se os 17 investidores que estão no nível “Sucesso potencial” tivessem utilizado o diagnóstico, poderiam ter elevado seu sucesso com a reflexão de algumas escolhas, proporcionando promoção dos KPI.

Na aplicação dos diagnósticos, foi possível identificar que quando os investidores apostavam que seu sucesso não dependia dos fatores políticos eles obtiveram maiores níveis de sucesso. Dos 15 investidores com projetos de “Sucesso pleno” o PVF Político obteve média de importância de apenas 4,94%, valor menor que a ponderação dos especialistas, de 13,10%. Outro aspecto relevante é o KPI Envolvimento com o projeto, mesmo associado ao PVF Social, que tem baixo nível de importância, este é o indicador que mais impacta nos demais. Os investidores que afirmaram ter se envolvido com as escolhas dos detalhes do projeto e buscaram conhecer melhor a tecnologia, conseguiram obter maiores níveis de sucesso, pois preocuparam-se em atender a outros indicadores, como o planejamento para expansão futura do projeto, escolha de bons equipamentos, empresa de reputação positiva e preocupação com a facilidade da manutenção.

Dado o exposto, considera-se que o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho foram atingidos, uma vez que o modelo de diagnóstico para projetos de micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica foi capaz de julgar os projetos adequadamente. Foi identificado que dos 32 projetos, 17 poderiam ter sido aprimorados com o uso do diagnóstico, acarretando em maiores índices de sucesso aos investidores. Por isso, o uso do diagnóstico em projetos de micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica em *status* “elaboração” é uma forma de auxiliar o investidor na tomada de decisão sobre a implementação do respectivo projeto antes de realizar o referido investimento. Ressalta-se que o diagnóstico foi desenvolvido para possibilitar a aplicação geral em diferentes cidades e estados do Brasil.

Ademais, como uma forma de disponibilizar à sociedade o diagnóstico de modo intuitivo, foi construída uma ferramenta computacional, com disponibilidade *off-line*, e implementada com apoio de um *software* para edição de planilhas eletrônicas: *Microsoft Office Excel*®. A construção e a modelagem dessa ferramenta automatizam

o processo de mensuração, facilitando a inserção de dados, o cálculo matemático, e a apresentação visual dos resultados da mensuração do sucesso dos projetos.

As principais contribuições deste trabalho dizem respeito a identificação dos fatores de sucesso e da metodologia de mensuração desenvolvida para o modelo de diagnóstico. Podendo servir para gerar novos modelos de diagnóstico em outros temas e para a aplicação deste diagnóstico em futuros projetos de MMGD, propiciando decisões mais precisas no momento de elaboração de projetos fotovoltaicos.

## 6.1 LIMITAÇÕES

No decorrer deste trabalho, alguns fatores limitaram os resultados. O principal deles refere-se ao número total de participantes da pesquisa, 32 investidores e 19 especialistas. Por mais que esse número represente uma amostra significativa do número de instalações fotovoltaicas da cidade de Santa Maria, até o ano de 2017, o crescimento das instalações mais que dobrou no ano de 2018. Por isso, aumentar a amostra poderia proporcionar maiores análises do diagnóstico, como um modelo de regressão das variáveis dependentes do diagnóstico (os KPI) à pergunta geral sobre satisfação com os sistemas, considerada uma variável independente. Essa e outras análises estatísticas permitiriam a reformulação da estrutura hierárquica, removendo as variáveis que menos contribuíram para o sucesso, a fim de transformar o diagnóstico em um sistema menor e, conseqüentemente, com uma aplicabilidade facilitada.

A impossibilidade de os estudos de caso englobarem todas as classes de instalação existentes (residencial, comercial, industrial, rural e pública) também se configura como uma limitação deste estudo. Isso ocorreu por diversos motivos, como: a baixa adesão das indústrias e comércio à pesquisa; A organização do banco de dados da ANEEL, em que instalações comerciais, residenciais e industriais não representam necessariamente uma residência, comércio ou indústria; E o fato de que alguns investidores possuíam um sistema em seu comércio ou indústria e outro em sua residência e, para responder ao instrumento de coleta de dados, precisavam observar apenas um dos projetos.

## 6.2 PERSPECTIVAS FUTURAS

Diante do tema apresentado, da metodologia proposta, e de todo o arcabouço de conhecimento gerado com esta dissertação, sugere-se alguns caminhos futuros de pesquisa. Em um primeiro momento, pode-se ampliar a população de participantes da pesquisa, promovendo novas análises como: comparação da ponderação e mensuração dos KPI para investidores de classes diferentes (residencial, comercial, industrial e rural), comparação da ponderação e mensuração dos KPI para investidores de diferentes cidades ou estados e adaptação do diagnóstico para outros países com política de geração distribuída de energia fotovoltaica.

Em um segundo momento, outros métodos de mensuração de desempenho e de ponderação MCDA podem ser utilizados, com o objetivo de tornar o diagnóstico ainda mais assertivo. Além disso, a investigação inicial, sobre como auxiliar os investidores na tomada de decisão, a respeito da implementação de um projeto de micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica, pode receber continuidade, levando a outros sistemas de análise de tomada de decisão.

## REFERÊNCIAS

ABASTANTE, F.; LAMI, I.; LOMBARDI, P. An Integrated Participative Spatial Decision Support System for Smart Energy Urban Scenarios: A Financial and Economic Approach. **Buildings**, [s. l.], v. 7, n. 4, p. 103, 2017. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2075-5309/7/4/103>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

ABRADEE. **Comparação internacional de tarifas de energia elétrica**. 2017. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/escolha-abradee-para-voce/material-de-divulgacao/3702-estudo-comparativo-de-tarifas-2017-ref-2016-abradee>>. Acesso em: 10 out. 2018.

AGUIAR, W. M. de. **O uso de fontes alternativas de energia como fator de desenvolvimento social para segmentos marginalizados da sociedade**. 2004. 91 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

ALMEIDA, A. T. **Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério**. São Paulo: Atlas, 2013.

AMÉRICA DO SOL. **Simulador Solar**. 2019. Disponível em: <<http://www.americadosol.org/simulador/>>. Acesso em: 1 fev. 2019.

ANAND, S.; RAO, A. B. Models for Deployment of Solar {PV} Lighting Applications in Rural India. **Energy Procedia**, [s. l.], v. 90, p. 455–462, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610216314229>>.

ANEEL. **Resolução Normativa nº482, de 17 de abril de 2012**. 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2018.

ANEEL. **Resolução Normativa nº687, de 24 de novembro de 2015**. 2015. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 30 jan. 2018.

ANEEL. **Resolução Normativa nº786, de 17 de outubro de 2017**. 2017. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2017786.pdf>>. Acesso em: 30 jan. 2018.

ANEEL. **Matriz de Energia Elétrica**. 2018. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>>.

ANEEL. **Geração Distribuída**. 2019. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZjM4NjM0OWYtN2IwZS00YjViLTlIMjltN2E5MzBkN2ZlMzVklwiwCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>>. Acesso em: 2 jan. 2019.

ARAÚJO, M. G. et al. A model for estimation of potential generation of waste electrical and electronic equipment in Brazil. **Waste Management**, [s. l.], v. 32, n. 2, p. 335–342, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X11004260>>.

AURÉLIO. **Significado de Sucesso**. 2018. Disponível em: <<https://dicionariodoaurelio.com/sucesso>>. Acesso em: 7 fev. 2018.

AZIMOH, C. L. et al. Replicability and scalability of mini-grid solution to rural electrification programs in sub-Saharan Africa. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 106, p. 222–231, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148117300174>>

BACCARINI, D. The logical framework method for defining project success. **Project Management Journal**, [s. l.], v. 30, n. 4, p. 25–32, 1999.

BADAWY, M. et al. A survey on exploring key performance indicators. **Future Computing and Informatics Journal**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 47–52, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2314728816300034>>.

BANCO DO BRASIL, B. **Calculadora de projetos solares fotovoltaicos**. 2019. Disponível em: <<http://www.eficienciaverdebb.com.br/calculadora-fotovoltaica>>. Acesso em: 1 fev. 2019.

BAPAT, O. V.; BAPAT, V. N. An Overview of Solar Energy Policy of India and Few Prominent Nations in the World. In: POWER ELECTRONICS, INTELLIGENT CONTROL AND ENERGY SYSTEMS (ICPEICES) 2016, Delhi, India. **Anais...** Delhi, India: IEEE, 2016. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7853551/>>

BAPTISTA, M. N.; CAMPOS, D. C. **Metodologias de pesquisa em ciências: análises quantitativa e qualitativa**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

BARBOZA, M. A. M. A Ineficiência da Infraestrutura Logística do Brasil. **Revista Portuária Economia & Negócios**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 11, 2014. Disponível em: <[http://www.academia.edu/download/38405514/A\\_Ineficiencia\\_da\\_Infraestrutura\\_Logistica\\_do\\_Brasil.docx](http://www.academia.edu/download/38405514/A_Ineficiencia_da_Infraestrutura_Logistica_do_Brasil.docx)>.

BEHRENS, B.-A.; LAU, P. Key performance indicators for sheet metal forming processes. **Production Engineering**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 73–78, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11740-007-0076-y>>.

BESSANT, J.; TIDD, J. **INOVAÇÃO E EMPREENDEDORISMO**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

BHUSHAN, N.; RAI, K. **Strategic Decision Making: Applying the Analytic Hierarchy Process**. London: Springer, 2004.

BISSELL, B. L.; KEIM, J. Organizational diagnosis: the role of contagion groups. **International Journal of Organizational Analysis**, [s. l.], v. 16, n. 1/2, p. 7–17, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/19348830810915460>>.

BLUESOL. **Simulador Solar**. 2019. Disponível em: <<https://bluesol.com.br/simulador-solar-resultado/>>. Acesso em: 1 fev. 2019.

BOER, C. De et al. Local power and land use: spatial implications for local energy development. **Energy, Sustainability and Society**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 31, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s13705-015-0059-3>>.

BROOKS, C.; URMEE, T. Importance of individual capacity building for successful solar program implementation: A case study in the Philippines. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 71, n. Supplement C, p. 176–184, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148114002675>>.

BURGELMAN, R. A.; CHRISTENSEN, C. M.; WHEELWRIGHT, S. C. **Gestão Estratégica da Tecnologia e da Inovação**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

BÜSSING, A. Organizational Diagnosis. In: SPIELBERGER, C. D. (Ed.). **Encyclopedia of Applied Psychology**. New York: Elsevier, 2004. p. 723–729.

CAMILO, H. F. et al. Assessment of photovoltaic distributed generation – Issues of grid connected systems through the consumer side applied to a case study of Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 71, p. 712–719, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116311522>>.

CARAYANNIS, E. G. et al. MCDA in knowledge-based economies: Methodological developments and real world applications. **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], 2018. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162518301306>>.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. **Metodologia Científica: para uso dos estudantes universitários**. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2014.

CHAN, A. P. C.; CHAN, A. P. L. Key performance indicators for measuring construction success. **Benchmarking: An International Journal**, [s. l.], v. 11, n. 2, p. 203–221, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/14635770410532624>>.

CHOWDHURY, S. A.; MOURSHED, M. Off-grid electrification with solar home systems: An appraisal of the quality of components. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 97, p. 585–598, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148116305389?via%3Dihub>>.

ÇOLAK, M.; KAYA, İ. Prioritization of renewable energy alternatives by using an integrated fuzzy MCDM model: A real case application for Turkey. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 80, p. 840–853, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117308316>>.

COOKE-DAVIES, T. The “real” success factors on projects. **International Journal of Project Management**, [s. l.], v. 20, n. 3, p. 185–190, 2002. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263786301000679>>.

CORAM, A.; KATZNER, D. W. Reducing fossil-fuel emissions: Dynamic paths for alternative energy-producing technologies. **Energy Economics**, [s. l.], 2018. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014098831830001X>>.

CUCCHIELLA, F.; D'ADAMO, I.; GASTALDI, M. Financial analysis for investment and policy decisions in the renewable energy sector. **Clean Technologies and Environmental Policy**, [s. l.], v. 17, n. 4, p. 887–904, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10098-014-0839-z>>.

CUCCHIELLA, F.; D'ADAMO, I.; KOH, S. C. L. Environmental and economic analysis of building integrated photovoltaic systems in Italian regions. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 98, n. Supplement C, p. 241–252, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652613007257>>.

DEVABHAKTUNI, V. et al. Solar energy: Trends and enabling technologies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 19, p. 555–564, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032112006363>>.

DIAS, C. L. A. et al. Performance estimation of photovoltaic technologies in Brazil. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 114, p. 367–375, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148117306468>>.

DIAS, P. et al. Waste electric and electronic equipment (WEEE) management: A study on the Brazilian recycling routes. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 174, p. 7–16, 2018. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617325295>>.

DOUMPOS, M.; GRIGOROUDIS, E. **Multicriteria decision aid and artificial intelligence: links, theory and applications**. New Jersey: Wiley-Blackwell, 2013.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. **Design science research: A method for science and technology advancement**. New York: Springer, 2014.

DUIĆ, N. Is the success of clean energy guaranteed? **Clean Technologies and Environmental Policy**, [s. l.], v. 17, n. 8, p. 2093–2100, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10098-015-0969-y>>.

DÜŞTEGÖR, D. et al. A smarter electricity grid for the Eastern Province of Saudi Arabia: Perceptions and policy implications. **Utilities Policy**, [s. l.], 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957178716303198>>.

ECHEGARAY, F. Understanding stakeholders' views and support for solar energy in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 63, p. 125–133, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652613000668>>.

EDP, E. de P. **Energia solar: Simulador solar**. 2019. Disponível em: <<https://www.edp.pt/particulares/servicos/energia-solar/simulador/>>. Acesso em: 1 fev. 2019.

EHSAN, A.; YANG, Q. Optimal integration and planning of renewable distributed generation in the power distribution networks: A review of analytical techniques. **Applied Energy**, [s. l.], v. 210, p. 44–59, 2018. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261917315519>>.

EPE. **Nota Técnica DEA 13/15: Demanda de Energia 2050**. Brasília, DF.

ERA, S. E. **Simulador Solar**. 2019. Disponível em: <<http://www.eraenergie.com.br/simulador/>>. Acesso em: 1 fev. 2019.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, R. **PLANO ENERGÉTICO DO RIO GRANDE DO SUL**. 2016a. Disponível em: <<http://minasenergia.rs.gov.br/plano-energetico>>. Acesso em: 26 jan. 2018.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, R. **RS Energias Renováveis**. 2016b. Disponível em: <<http://minasenergia.rs.gov.br/rs-energias-renovaveis>>. Acesso em: 26 jan. 2018.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, R. **DECRETO Nº 52.964, DE 30 DE MARÇO DE 2016**. 2016c. Disponível em: <[http://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/DEC\\_52.964.pdf](http://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/DEC_52.964.pdf)>. Acesso em: 20 fev. 2018.

FARIA, H.; TRIGOSO, F. B. M.; CAVALCANTI, J. A. M. Review of distributed generation with photovoltaic grid connected systems in Brazil: Challenges and prospects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 75, p. 469–475, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116307407>>.

FERON, S.; HEINRICHS, H.; CORDERO, R. R. Sustainability of rural electrification programs based on off-grid photovoltaic (PV) systems in Chile. **Energy, Sustainability and Society**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 32, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s13705-016-0098-4>>.

FERREIRA, A. et al. Economic overview of the use and production of photovoltaic solar energy in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 81, p. 181–191, 2018. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117310389>>.

FRIEBE, C. A.; VON FLOTOW, P.; TÄUBE, F. A. Exploring the link between products and services in low-income markets—Evidence from solar home systems. **Energy Policy**, [s. l.], v. 52, p. 760–769, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421512009196>>.

GHIZONI, J. P. **Sistemas fotovoltaicos: estudo sobre reciclagem e logística reversa para o Brasil**. 2017. Universidade Federal de Santa Catarina, [s. l.], 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/176163>>.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GOMES, C. F.; GOMES, L. F. A. . **Tomada de decisão gerencial: Enfoque Multicritério**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

GOTTSCHAMER, L.; ZHANG, Q. Interactions of factors impacting implementation and sustainability of renewable energy sourced electricity. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 65, p. 164–174, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116302428>>

GOUCH, D.; OLIVER, S.; THOMAS, J. **An Introduction to Systematic Reviews**. London: Sage Publications, 2012.

GREENER. **Estudo Estratégico: Mercado Fotovoltaico de Geração Distribuída**. São Paulo. Disponível em: <<http://www.greener.com.br/>>. Acesso em: 2 nov. 2018.

GREENER. **Estudo estratégico: Mercado Fotovoltaico de Geração Distribuída**. 2019. Disponível em: <<https://www.greener.com.br/pesquisas-de-mercado/>>. Acesso em: 1 fev. 2019.

GROBA, F.; CAO, J. Chinese Renewable Energy Technology Exports: The Role of Policy, Innovation and Markets. **Environmental and Resource Economics**, [s. l.], v. 60, n. 2, p. 243–283, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10640-014-9766-z>>.

GUCCIARDI GARCEZ, C. Distributed electricity generation in Brazil: An analysis of policy context, design and impact. **Utilities Policy**, [s. l.], 2017.

HANSEN, E. G. et al. Beyond Technology Push vs . Demand Pull: The Evolution of Solar Policy in the U. S. Germany and China. In: TECHNOLOGY & ENGINEERING MANAGEMENT CONFERENCE TEMSCON 2017, Santa Clara, CA, USA. **Anais...** Santa Clara, CA, USA: IEEE, 2017. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7998364/>>.

HARRISON, M. **Diagnosing Organizations: Methods, models and processes**. 3<sup>a</sup> ed. New Delhi, London: SAGE, 2005. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?hl=en&lr=&id=kO8IL-SJJPYC&oi=fnd&pg=PR9&dq=Harrison,+M.I.+\(1994\),+Diagnosing+Organizations:+Methods,+Models,+and+Processes,+2nd+ed,+Sage,+Thousand+Oaks,+CA.&ots=bbCz0w9atJ&sig=j5bSAe0a92FdMoppvj4EoxniM\\_Q&redir\\_esc=y#v=one](https://books.google.com.br/books?hl=en&lr=&id=kO8IL-SJJPYC&oi=fnd&pg=PR9&dq=Harrison,+M.I.+(1994),+Diagnosing+Organizations:+Methods,+Models,+and+Processes,+2nd+ed,+Sage,+Thousand+Oaks,+CA.&ots=bbCz0w9atJ&sig=j5bSAe0a92FdMoppvj4EoxniM_Q&redir_esc=y#v=one)>.

HEO, E.; KIM, J.; BOO, K.-J. Analysis of the assessment factors for renewable energy dissemination program evaluation using fuzzy AHP. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 14, n. 8, p. 2214–2220, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032110000286>>.

HOFFMANN, W. H.; SCHLOSSER, R. Success Factors of Strategic Alliances in Small and Medium-sized Enterprises—An Empirical Survey. **Long Range Planning**, [s. l.], v. 34, n. 3, p. 357–381, 2001. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0024630101000413>>.

HOLTORF, H. et al. A model to evaluate the success of Solar Home Systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 50, p. 245–255, 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115004736?via%3Dihub>>.

HOLTORF, H. et al. Incorporating the Institutions ' Perspective into a Proposed Model for Assessing Success of Solar Home System Implementations. In: 4TH DEVELOPMENT IN THE IN RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGY (ICDRET) 2016, Dhaka, Bangladesh. **Anais...** Dhaka, Bangladesh: IEEE, 2016. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7421515/>>.

IBGE. **IBGE MUNICÍPIOS**. 2018. Disponível em: <[https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/indicadores\\_sociais\\_municipais/tabela1a.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/indicadores_sociais_municipais/tabela1a.shtm)>.

INMETRO. **Tabela de eficiência energética - sistema de energia fotovoltaica - Módulos - Edição 2017**. Brasília, DF. Disponível em: <[http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/tabela\\_fotovoltaico\\_modulo.pdf](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/tabela_fotovoltaico_modulo.pdf)>.

ISHAQ BHATTI, M.; AWAN, H. M.; RAZAQ, Z. The key performance indicators (KPIs) and their impact on overall organizational performance. **Quality & Quantity**, [s. l.], v. 48, n. 6, p. 3127–3143, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11135-013-9945-y>>.

JAHAN, A. et al. A framework for weighting of criteria in ranking stage of material selection process. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, [s. l.], v. 58, n. 1, p. 411–420, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00170-011-3366-7>>.

JANG, S.-L. et al. Innovation and production in the global solar photovoltaic industry. **Scientometrics**, [s. l.], v. 94, n. 3, p. 1021–1036, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11192-012-0907-2>>.

JANNUZZI, G. de M.; MELO, C. A. De. Grid-connected photovoltaic in Brazil: Policies and potential impacts for 2030. **Energy for Sustainable Development**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 40–46, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0973082612000798>>.

JHA, S. K.; PUPPALA, H. Prospects of renewable energy sources in India: Prioritization of alternative sources in terms of Energy Index. **Energy**, [s. l.], v. 127, p. 116–127, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544217304930>>.

JUGDEV, K.; MÜLLER, R. A retrospective look at our evolving understanding of project success. **Project Management Journal**, [s. l.], v. 36, n. 4, p. 19–31, 2005.

KABIR, E. et al. Solar energy: Potential and future prospects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 82, p. 894–900, 2018. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117313485>>.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **A estratégia em ação: Balanced Scorecard**. 8. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

KAYA, T.; KAHRAMAN, C. Multicriteria renewable energy planning using an integrated fuzzy VIKOR & AHP methodology: The case of Istanbul. **Energy**, [s. l.], v. 35, n. 6, p. 2517–2527, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544210001155>>.

KLEIN, S. J. W.; WHALLEY, S. Comparing the sustainability of U.S. electricity options through multi-criteria decision analysis. **Energy Policy**, [s. l.], v. 79, p. 127–149, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421515000087>>.

KRUSE, T. Produção de energia elétrica no Brasil polui cada vez mais. **Estadão**, São Paulo, SP, 29 set. 2017. Disponível em: <<https://sustentabilidade.estadao.com.br/noticias/geral,producao-de-energia-eletrica-no-brasil-polui-cada-vez-mais,70002021234>>.

LACCHINI, C.; RÜTHER, R. The influence of government strategies on the financial return of capital invested in PV systems located in different climatic zones in Brazil. **Renewable Energy**, [s. l.], 2015.

LIMA, L. C. De; FERREIRA, L. A.; MORAIS, F. H. B. de L. Performance analysis of a grid connected photovoltaic system in northeastern Brazil. **Energy for Sustainable Development**, [s. l.], v. 37, p. 79–85, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0973082616308742>>.

LIS, L. Conta de luz acumula alta média de 31,5% entre 2014 e 2017, diz estudo. **G1**, São Paulo, SP, 10 mar. 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/conta-de-luz-acumula-alta-media-de-315-entre-2014-e-2017-diz-estudo.ghtml>>.

LITTLE, J. H.; CORCORAN, J.; PILLAI, V. **Systematic Reviews and Meta-Analysis**. London: Oxford University Press, 2008.

LOKA, P. et al. A case study for micro-grid PV: lessons learned from a rural electrification project in India. **Progress in Photovoltaic**, [s. l.], v. 22, n. 7, p. 733–743, 2013. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pip.2429/full>>.

LOMBARDI, P. et al. Multicriteria Spatial Decision Support Systems for Future Urban Energy Retrofitting Scenarios. **Sustainability**, [s. l.], v. 9, n. 7, 2017.

LU, B.; DAVISON, M. Analyzing the impact of environmental variables on the repayment time for solar farms under feed-in tariff. **Environmental Systems Research**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 5, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/2193-2697-2-5>>.

MARFAO, F. P. et al. Trends and Constraints on Brazilian Photovoltaic Industry: Energy Policies, Interconnection Codes and Equipment Certification. **IEEE Transactions on Industry Applications**, [s. l.], v. 9994, n. c, 2018.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia Científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2017a.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia do trabalho científico: projetos de pesquisa / pesquisa bibliográfica/ teses de doutorado, dissertações de mestrado, trabalhos de conclusão de curso**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017b.

MATIAS-PEREIRA, J. **Manual da metodologia da pesquisa científica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

MATTOS, J. R. L.; GUIMARÃES, L. dos santos. **Gestão da tecnologia e inovação: uma abordagem prática**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2012.

MDIC. **Relatório final grupo de trabalho solar fotovoltaico (05/12/2017 A 05/03/2018)**. Brasília, DF.

MORALES-TORRES, A. et al. Decision Support Tool for energy-efficient, sustainable and integrated urban stormwater management. **Environmental Modelling & Software**, [s. l.], v. 84, p. 518–528, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815216304248>>.

MOREIRA, J. A.; VIVALDINI, M. Importação de máquinas pesadas no Brasil – uma análise com enfoque no fluxo logístico. **Revista Gestão Industrial**, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 25, 2017. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/5835>>.

MOSIÑO, A. Producing energy in a stochastic environment: Switching from non-renewable to renewable resources. **Resource and Energy Economics**, [s. l.], v. 34, n. 4, p. 413–430, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0928765512000188>>.

MOULLIN, M. Performance measurement definitions: Linking performance measurement and organisational excellence. **International Journal of Health Care Quality Assurance**, [s. l.], v. 20, n. 3, p. 181–183, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/09526860710743327>>.

MOVILLA, S.; MIGUEL, L. J.; BLÁZQUEZ, L. F. A system dynamics approach for the photovoltaic energy market in Spain. **Energy Policy**, [s. l.], v. 60, p. 142–154, 2013.

MUNZLINGER, E.; NARCIZO, F. B.; DE QUEIROZ, J. E. R. **Sistematização de revisões bibliográficas em pesquisas da área de IHC**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <[http://goo.gl/UT0liI%5Cnhttp://www.elizabete.com.br/site/Projetos\\_e\\_Estudos/Paginas/Doutorado\\_\(atual\)\\_files/AnaisACM-Tutorial-Munzlinger-Narcizo-Rangel.pdf](http://goo.gl/UT0liI%5Cnhttp://www.elizabete.com.br/site/Projetos_e_Estudos/Paginas/Doutorado_(atual)_files/AnaisACM-Tutorial-Munzlinger-Narcizo-Rangel.pdf)>.

NARAYAN, S.; DOYTCH, N. An investigation of renewable and non-renewable energy consumption and economic growth nexus using industrial and residential energy consumption. **Energy Economics**, [s. l.], v. 68, p. 160–176, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988317303080>>.

NASCIMENTO, R. L. **Energia solar no brasil: situação e perspectivas**. Brasília, DF, 2017.

NEELY, A.; GREGORY, M.; PLATTS, K. Performance measurement system design: A literature review and research agenda. **International Journal of Operations & Production Management**, [s. l.], v. 15, n. 4, p. 80–116, 1995. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/01443579510083622>>.

NEOSOLAR. **Simulador Solar - Calculadora solar fotovoltaica**. 2019. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/simulador-solar-calculadora-fotovoltaica-resultado>>. Acesso em: 1 fev. 2019.

NEUENFELDT JÚNIOR, A. L. **Modelagem para a mensuração de desempenho dos sistemas bus rapid transit no Brasil**. 2014. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, [s. l.], 2014. Disponível em: <[https://drive.google.com/file/d/0B7AKF\\_Od5aoqNFdxbFBWdE43Zkk/view](https://drive.google.com/file/d/0B7AKF_Od5aoqNFdxbFBWdE43Zkk/view)>.

NYGAARD, I.; DAFRALLAH, T. Utility led rural electrification in Morocco: Combining grid extension, mini-grids, and solar home systems. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 155–168, 2016. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wene.165/abstract;jsessionid=85CCC13D4DF28EA90D97D3DA5B70B5D4.f02t02>>.

OXFORD. **Definition of success in English**. 2018. Disponível em: <<https://en.oxforddictionaries.com/definition/success>>. Acesso em: 7 fev. 2018.

PAN, W. et al. Establishing and Weighting Decision Criteria for Building System Selection in Housing Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, [s. l.], v. 138, n. 11, p. 1239–1250, 2012. Disponível em: <<https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0000543>>.

PARFITT, M. K.; SANVIDO, V. . Checklist of critical success factors for building projects. **Journal of Management in Engineering**, [s. l.], v. 9, n. 3, p. 243–249, 1993.

PARKER, C. Performance measurement. **Work Study**, [s. l.], v. 49, n. 2, p. 63–66, 2000. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/00438020010311197>>.

PARMENTER, D. **Key Performance Indicators: Developing, Implementing and Using Winning KPIs**. New Jersey: John Wiley and Sons Ltd, 2010.

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

PINTO, J. T. M.; AMARAL, K. J.; JANISSEK, P. R. Deployment of photovoltaics in Brazil: Scenarios, perspectives and policies for low-income housing. **Solar Energy**, [s. l.], v. 133, p. 73–84, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X16300019>>.

PITT, D.; MICHAUD, G. Assessing the Value of Distributed Solar Energy Generation. **Current Sustainable/Renewable Energy Reports**, [s. l.], v. 2, n. 3, p. 105–113, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s40518-015-0030-0>>.

PONSIOEN, T. C.; VIEIRA, M. D. M.; GOEDKOOOP, M. J. Surplus cost as a life cycle impact indicator for fossil resource scarcity. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, [s. l.], v. 19, n. 4, p. 872–881, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11367-013-0676-z>>.

PORTAL SOLAR. **Lista de empresas de energia solar fotovoltaica**. 2018. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/fornecedores/empresas-de-energia-solar>>. Acesso em: 23 jan. 2017.

RADOMES, A. A.; ARANGO, S. Renewable energy technology diffusion: an analysis of photovoltaic-system support schemes in Medellín, Colombia. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 92, p. 152–161, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614013924>>.

RADUJKOVIĆ, M.; SJEKAVICA, M. Project Management Success Factors. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 196, p. 607–615, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817331740>>.

RATNER, S. V; NIZHEGORODTSEV, R. M. Analysis of renewable energy projects' implementation in Russia. **Thermal Engineering**, [s. l.], v. 64, n. 6, p. 429–436, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1134/S0040601517060052>>.

REINSBERGER, K. et al. Photovoltaic diffusion from the bottom-up: Analytical investigation of critical factors. **Applied Energy**, [s. l.], v. 159, p. 178–187, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261915010533>>.

REN21. **Renewables 2017: global status report**. [s.l: s.n.]. v. 72 Disponível em: <[http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/17-8399\\_GSR\\_2017\\_Full\\_Report\\_0621\\_Opt.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/17-8399_GSR_2017_Full_Report_0621_Opt.pdf)<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.049><http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/>>.

RESENDE, L. M. M. et al. Critical success factors in coopetition: Evidence on a business network. **Industrial Marketing Management**, [s. l.], v. 68, p. 177–187, 2018. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019850117302390>>.

ROCHA, L. C. S. et al. Photovoltaic electricity production in Brazil: A stochastic economic viability analysis for small systems in the face of net metering and tax incentives. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 168, p. 1448–1462, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617320061>>

ROCHE, O. M.; BLANCHARD, R. E. Design of a solar energy centre for providing lighting and income-generating activities for off-grid rural communities in Kenya. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 118, p. 685–694, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148117311540?via%3Dihub>>.

ROCKART, J. F. Chief executives define their own data needs. **Harvard business review**, [s. l.], v. 57, n. 2, p. 81–93, 1979. Disponível em: <<http://europemc.org/abstract/MED/10297607>>.

RODSUTTI, M. C.; MAKAYATHORN, P. Organizational diagnostic factors in family business: Case studies in Thailand. **Development and Learning in Organizations: An International Journal**, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 16–18, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/14777280510580690>>.

ROSA, C. B. **Modelagem para mensuração da competitividade na geração de energia fotovoltaica**. 2016. Universidade Federal de Santa Maria, [s. l.], 2016.

ROSA, C. B.; SILUK, J. . C. M.; MICHELS, L. Proposal of the Instrument for Measuring Innovation in the Generation Photovoltaics. **IEEE Latin America Transactions**, [s. l.], v. 14, n. 11, p. 4534–4539, 2016.

SAATY, R. W. The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. **Mathematical Modelling**, [s. l.], v. 9, n. 3, p. 161–176, 1987. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0270025587904738>>.

SAATY, T. L. **Decision making for leaders: the analytic hierarchy process for decisions in a complex world**. 3. ed. Pittsburgh, PA: RWS Publications, 2012.

SAIDI, K.; RAHMAN, M. M.; AMAMRI, M. The causal nexus between economic growth and energy consumption: New evidence from global panel of 53 countries. **Sustainable Cities and Society**, [s. l.], v. 33, p. 45–56, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670716307132>>.

SAMPAIO, P. G. V.; GONZÁLEZ, M. O. A. Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 74, p. 590–601, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117303076>>.

SANTOS, L. L. C.; CANHA, L. N.; BERNARDON, D. P. Projection of the diffusion of photovoltaic systems in residential low voltage consumers. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 116, p. 384–401, 2018. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148117309588>>.

SERRADOR, P.; TURNER, J. R. The Relationship between Project Success and Project Efficiency. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, [s. l.], v. 119, p. 75–84, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814021028>>.

SHARIF, I.; MITHILA, M. Rural Electrification using PV: the Success Story of Bangladesh. **Energy Procedia**, [s. l.], v. 33, p. 343–354, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610213000854>>.

SI, J. et al. Assessment of building-integrated green technologies: A review and case study on applications of Multi-Criteria Decision Making (MCDM) method. **Sustainable Cities and Society**, [s. l.], v. 27, p. 106–115, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670716301238>>.

SILVA, G. D. P. Da; BRANCO, D. A. C. Modelling distributed photovoltaic system with and without battery storage: A case study in Belem, northern Brazil. **Journal of Energy Storage**, [s. l.], v. 17, p. 11–19, 2018. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352152X17304103>>.

SILVA, S.; SOARES, I.; AFONSO, O. Economic and environmental effects under resource scarcity and substitution between renewable and non-renewable resources. **Energy Policy**, [s. l.], v. 54, p. 113–124, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421512009548>>.

SIMONS, R. **Performance Measurement and Control Systems for Implementing Strategy: Text and Cases**. New York: Prentice Hall, 2000.

SINDHU, S.; NEHRA, V.; LUTHRA, S. Investigation of feasibility study of solar farms deployment using hybrid AHP-TOPSIS analysis: Case study of India. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 73, p. 496–511, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117301405>>.

SOLANGI, K. H. et al. Public acceptance of solar energy : The case of Peninsular Malaysia. In: TENCON SPRING CONFERENCE 2013, Sydney, NSW, Australia. **Anais...** Sydney, NSW, Australia: IEEE, 2013.

SORGATO, M. J.; SCHNEIDER, K.; RÜTHER, R. Technical and economic evaluation of thin-film CdTe building-integrated photovoltaics (BIPV) replacing façade and rooftop materials in office buildings in a warm and sunny climate. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 118, p. 84–98, 2018. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148117310595>>.

SOUZA, L. E. V.; CAVALCANTE, A. M. G. Towards a sociology of energy and globalization: Interconnectedness, capital, and knowledge in the Brazilian solar photovoltaic industry. **Energy Research & Social Science**, [s. l.], v. 21, p. 145–154, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629616301797>>.

SÜSSER, D.; KANNEN, A. 'Renewables? Yes, please!': perceptions and assessment of community transition induced by renewable-energy projects in North Frisia. **Sustainability Science**, [s. l.], v. 12, n. 4, p. 563–578, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11625-017-0433-5>>.

TANAKA, K. et al. Decision-making governance for purchases of solar photovoltaic systems in Japan. **Energy Policy**, [s. l.], v. 111, p. 75–84, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421517305724>>.

TASRI, A.; SUSILAWATI, A. Selection among renewable energy alternatives based on a fuzzy analytic hierarchy process in Indonesia. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, [s. l.], v. 7, p. 34–44, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213138814000265>>.

THOKALA, P. et al. Multiple Criteria Decision Analysis for Health Care Decision Making—An Introduction: Report 1 of the ISPOR MCDA Emerging Good Practices Task Force. **Value in Health**, [s. l.], v. 19, n. 1, p. 1–13, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1098301515051359>>.

TIBA, C. Atlas Solarimétrico do Brasil: Banco de Dados Terrestres. **Atlas Solarimétrico do Brasil**, [s. l.], v. 1, p. 111, 2000. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes>>.

TIEPOLO, G. M. et al. Photovoltaic Generation Potential of Paraná State, Brazil – A Comparative Analysis with European Countries. **Energy Procedia**, [s. l.], v. 57, p. 725–734, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610214015951>>.

TRAINA, A.; TRAINA JUNIOR, C. Como fazer pesquisa bibliográfica. **SBC Horizontes**, [s. l.], v. 2, p. 30–35, 2009. Disponível em: <<http://www.univasf.edu.br/~ricardo.aramos/comoFazerPesquisasBibliograficas.pdf>>.

URMEE, T. Social, cultural and policy issues of the application of remote area off-grid photovoltaic. In: 52ND ANNUAL CONFERENCE AUSTRALIAN SOLAR ENERGY SOCIETY 2014, Melbourne Australia. **Anais...** Melbourne Australia: Australian Solar Council, 2014. Disponível em: <[http://researchrepository.murdoch.edu.au/id/eprint/30340/1/application\\_of\\_remote\\_area\\_off-grid\\_photovoltaic.pdf](http://researchrepository.murdoch.edu.au/id/eprint/30340/1/application_of_remote_area_off-grid_photovoltaic.pdf)>.

URPELAINEN, J.; YOON, S. Solar products for poor rural communities as a business: Lessons from a successful project in Uttar Pradesh, India. **Clean Technologies and Environmental Policy**, [s. l.], v. 18, n. 2, p. 617–626, 2016. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10098-015-1028-4>>.

VARCOE, B. J. Facilities performance measurement. **Facilities**, [s. l.], v. 14, n. 10/11, p. 46–51, 1996. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/02632779610129168>>.

WANG, J.-J. et al. Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 13, n. 9, p. 2263–2278, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032109001166>>.

WANG, Y.; WANG, D.; LIU, Y. Study on Comprehensive Energy-saving of Shading and Photovoltaics of Roof Added PV Module. **Energy Procedia**, [s. l.], v. 132, p. 598–603, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217348191>>.

WIT, A. Measurement of project success. **International Journal of Project Management**, [s. l.], v. 6, n. 3, p. 164–170, 1988. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0263786388900439>>.

ZACCARELLI, S. B. **Estratégia de sucesso nas empresas**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2012.

ZOMER, C. D. et al. Centro de pesquisa e capacitação em energia solar da UFSC: integração fotovoltaica à arquitetura e simulações de desempenho energético. **Revista Brasileira de Energia Solar**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 15, 2017.

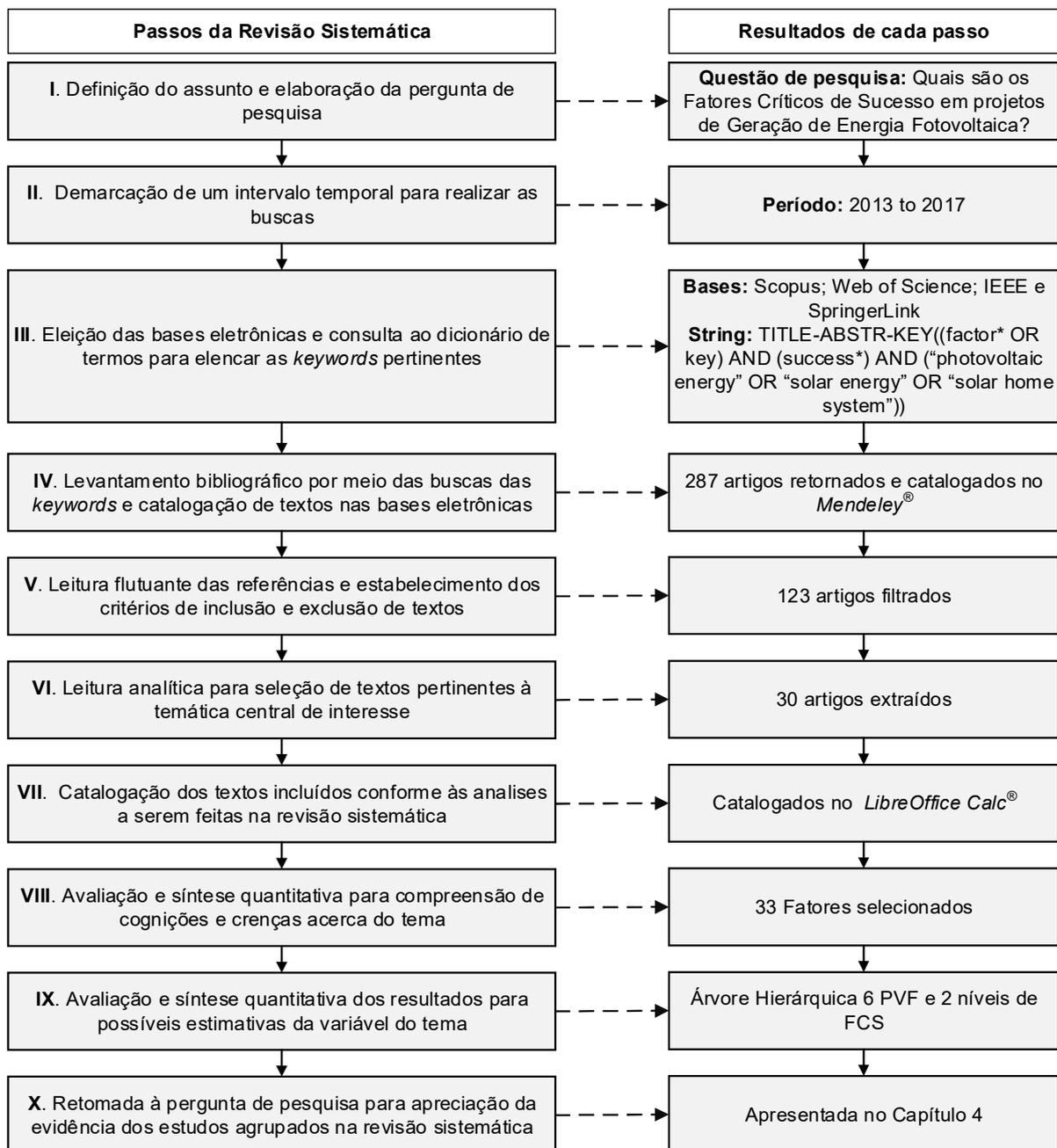


## APÊNDICE A – REVISÃO SISTEMÁTICA

A metodologia de Revisão Sistemática da Literatura (RSL) foi utilizada para a construção da estrutura hierárquica utilizada na AHP composta por PVF e FCS. Nesse sentido, uma revisão sistemática deve ser realizada metodologicamente. Primeiramente, foi identificada a necessidade de estudo por meio da execução de leituras primárias sobre o tema (MUNZLINGER, NARCIZO E DE QUEIROZ, 2012). Esse processo foi realizado durante o período de agosto de 2016 até agosto de 2017 e resultou na seguinte questão da revisão sistemática: **Quais são os Fatores Críticos de Sucesso em projetos de Geração de Energia Fotovoltaica?** Sendo o ponto de partida para a revisão, que buscou identificar quais são esses FCS.

A Figura A.1 apresenta o fluxograma que dos dez passos para a realização da revisão sistemática da literatura, com base nos autores (BAPTISTA; CAMPOS, 2016; DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2014; GOUCH; OLIVER; THOMAS, 2012; LITTLE; CORCORAN; PILLAI, 2008). Logo, o Passo II do fluxograma foi definido como os últimos cinco anos de publicações, iniciando em 2013. Esse período se mostrou conveniente devido a atualidade do tema de geração de energia fotovoltaica. Soma-se a isso a importância de que a revisão foque em estudos recentes, pelo fato de relacionar esse tema à fatores econômicos, técnicos, políticos, sociais e ambientais.

Figura A.1 – Fluxograma de condução de revisão sistemática



Fonte: Autora.

Após o estabelecimento do tema e período de revisão, o Passo III foi implementado. As principais palavras da questão de revisão sistemática foram listadas como "fatores críticos de sucesso" e "energia fotovoltaica" e, em seguida, investigadas as possíveis palavras relacionadas a eles. Sequencialmente, foi necessário testar essas palavras nas bases de busca. Foi possível listar quais palavras realmente retornam obras relacionadas, e quais são as bases de pesquisa que possuem

resultados significativos. Esse processo resultou em quatro Bases de Pesquisa: Scopus; Web of Science; IEEE e SpringerLink. Este procedimento é explicado por (TRAINA; TRAINA JUNIOR, 2009) como uma pesquisa detalhada. Como resultado, a seguinte *string* de pesquisa foi construída: TITLE-ABSTR-KEY((factor\* OR key) AND (success\*) AND (“PV energy” OR “solar energy” OR “solar home system”)). A etapa IV foi executada e as bases, a *string* calibrada para cada base e o número de artigos retornados foram 287. Os metadados desses artigos foram adicionados no *Software Mendeley*®.

A etapa V consiste na leitura flutuante desses artigos, ou seja, a leitura do título, palavras-chave e resumo, resultando no primeiro filtro (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2014). O primeiro filtro é composto de critérios de inclusão e exclusão. Os critérios de inclusão foram: (I1) artigos de periódicos (todas as bases de dados pesquisadas) e Conferências (somente IEEE); (I2) Período 2013 a 2017; (I3) língua inglesa; e (I4) Todas as áreas, exceto Springer Link, que filtraram as áreas: Engenharia, Negócios e Gestão, Economia / Gestão e Ciência da Computação. Os critérios de exclusão foram: (E1) Artigos que não contenham as palavras pesquisadas no título, resumo ou palavras-chave; (E2) Artigos duplicados; e (E3) Artigos focados apenas nos aspectos técnicos da tecnologia PV. A aplicação do primeiro filtro resultou em 123 artigos. A etapa VI consiste em extrair o FCS da leitura léxica de todos os artigos. Este processo corresponde ao segundo filtro, onde os fatores foram extraídos.

O segundo filtro resultou em 30 artigos que realmente apresentaram uma discussão sobre os fatores que influenciam a energia fotovoltaica. Esses fatores foram retirados do texto e organizados. Os fatores (dos 30 artigos) foram relacionados aos artigos apontando para cada fator. Resultou em 33 FCS. O número médio de artigos por FCS é de 3,8. Alguns FCS são citados por oito artigos, e outros por apenas um artigo, mas foram julgados como importantes e mantidos como FCS. Cada um dos FCS, listados de acordo com a literatura internacional, foi analisado no contexto brasileiro na Seção 2.2. Após, os fatores foram estudados e estruturados em uma Árvore Hierárquica na Seção 4.1.

## APÊNDICE B – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS I



### Diagnóstico de projetos de micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica

Gostaria de convidá-lo a participar de uma pesquisa de caráter científico, conduzida por uma estudante de mestrado da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), pertencente ao Núcleo de Inovação e Competitividade (NIC) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Geração Distribuída (INCT-GD).

O objetivo geral desta pesquisa é propor um modelo de diagnóstico para a implementação de projetos de micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica com base em um sistema de mensuração de desempenho.

Este instrumento de coleta de dados tem por objetivo mensurar o nível de sucesso de sua instalação fotovoltaica. Para isso, você irá responder o instrumento em duas partes. A primeira parte consiste na avaliação do seu projeto, onde os critérios foram desenvolvidos para conhecer o nível de atingimento de seus objetivos com a instalação fotovoltaica. Na segunda parte, você deve informar o nível de importância de seis fatores relacionados ao sucesso.

#### **Você deve seguir as seguintes instruções:**

1. Considere que a palavra Sucesso refere-se ao nível de atingimento de seus objetivos com a instalação do sistema fotovoltaico.
2. Os seis fatores são brevemente explicados na figura abaixo.
3. As perguntas devem ser respondidas de acordo com sua percepção e experiência com o sistema fotovoltaico.
4. Os dados referentes às características da instalação e a posição do entrevistado são confidenciais e não serão publicados pela autora do diagnóstico.



**Em uma escala de 1 a 5, qual o seu nível de satisfação com o seu sistema fotovoltaico:**

Insatisfeito	1	2	3	4	5	Satisfeito
--------------	---	---	---	---	---	------------

<b>QUESTIONÁRIO PARA MENSURAÇÃO DOS INDICADORES ASSOCIADOS AO SUCESSO DE UM PROJETO DE MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA</b>						
<b>PVF 1. Econômico</b>						
<b>FCS 1.1</b>	<b>Custos</b>					
<b>FCS 1.1.1</b>	<b>Custo do Sistema</b>					
Quão satisfeito você está com o custo do sistema fotovoltaico?						
<b>a)</b>	Insatisfeito					
<b>b)</b>	Pouco Satisfeito					
<b>c)</b>	Indiferente					
<b>d)</b>	Satisfeito					
<b>e)</b>	Muito Satisfeito					
<b>Qual o nível de importância do fator "Custo do Sistema"?</b>						
<b>Pouco Importante</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)</b>	<b>Muito Importante</b>

<b>FCS 1.1</b>	<b>Custos</b>					
<b>FCS 1.1.2</b>	<b>Custo da Manutenção</b>					
Quão satisfeito você está com a estimativa de custo de manutenção do sistema fotovoltaico?						
<b>a)</b>	Insatisfeito					
<b>b)</b>	Pouco Satisfeito					
<b>c)</b>	Indiferente					
<b>d)</b>	Satisfeito					
<b>e)</b>	Muito Satisfeito					
<b>Qual o nível de importância do fator "Custo da Manutenção"?</b>						
<b>Pouco Importante</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)</b>	<b>Muito Importante</b>

<b>FCS 1.2</b>	<b>Redução da Conta de Energia</b>					
Qual a porcentagem média de redução de conta de energia que o projeto possibilitou?						
<b>a)</b>	Menos de 25%					
<b>b)</b>	Entre 25% e 50%					
<b>c)</b>	Entre 50% e 75%					
<b>d)</b>	Entre 75% e 100%					
<b>e)</b>	Mais de 100%					
<b>Qual o nível de importância do fator "Redução da Conta de Energia"?</b>						
<b>Pouco Importante</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)</b>	<b>Muito Importante</b>

<b>FCS 1.3</b>	<b>Tempo de Recuperação de Capital</b>					
Quão satisfeito você está com o período de recuperação de capital desse investimento?						
<b>a)</b>	Insatisfeito					
<b>b)</b>	Pouco Satisfeito					
<b>c)</b>	Indiferente					
<b>d)</b>	Satisfeito					
<b>e)</b>	Muito Satisfeito					
<b>Qual o nível de importância do fator "Tempo de Recuperação de Capital"?</b>						
<b>Pouco Importante</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)</b>	<b>Muito Importante</b>

<b>FCS 1.4</b>	<b>Valorização da Residência/Empresa</b>					
Quão satisfeito você está com a valorização financeira de sua residência/empresa com a instalação?						
<b>a)</b>	Insatisfeito					
<b>b)</b>	Pouco Satisfeito					
<b>c)</b>	Indiferente					
<b>d)</b>	Satisfeito					
<b>e)</b>	Muito Satisfeito					
<b>Qual o nível de importância do fator "Valorização da Residência/Empresa"?</b>						
<b>Pouco Importante</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)</b>	<b>Muito Importante</b>

PVF 2. Ambiental						
<b>FCS 2.1</b>	<b>Impacto Visual</b>					
<b>FCS 2.1.1</b>	<b>Impacto na Arquitetura</b>					
Qual o impacto que o Sistema Fotovoltaico exerceu sobre a arquitetura de sua residência ou empresa?						
a)	Muito Negativo					
b)	Negativo					
c)	Indiferente					
d)	Positivo					
e)	Muito Positivo					
<b>Qual o nível de importância do fator "Impacto na Arquitetura"?</b>						
<b>Pouco Importante</b>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	<b>Muito Importante</b>

<b>FCS 2.2</b>	<b>Cultura de Desenvolvimento Sustentável</b>					
<b>FCS 2.2.1</b>	<b>Redução de CO2</b>					
A implementação de sistemas fotovoltaicos irá reduzir a emissão de gases poluentes, como o CO2.						
a)	Discordo totalmente					
b)	Discordo em partes					
c)	Indiferente					
d)	Concordo em partes					
e)	Concordo totalmente					
<b>Qual o nível de importância do fator "Redução de CO2"?</b>						
<b>Pouco Importante</b>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	<b>Muito Importante</b>

<b>FCS 2.2</b>	<b>Cultura de Desenvolvimento Sustentável</b>					
<b>FCS 2.2.2</b>	<b>Uso Consciente de Energia</b>					
Você considera que a cultura de consciência ambiental no uso da energia na sua residência ou empresa é?						
a)	Inexistente					
b)	Pouco avançada					
c)	Intermediária					
d)	Avançada					
e)	Muito Avançada					
<b>Qual o nível de importância do fator "Uso Consciente de Energia"?</b>						
<b>Pouco Importante</b>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	<b>Muito Importante</b>

<b>FCS 2.3</b>	<b>Logística Reversa</b>					
<b>FCS 2.3.1</b>	<b>Reciclagem dos Painéis Solares</b>					
Em relação a preocupação com a reciclagem ou remanufatura dos painéis solares no final da vida útil, você considera que?						
a)	Nunca me preocupei com a reciclagem ou remanufatura dos painéis solares					
b)	Sou pouco preocupado					
c)	Desconheço a necessidade de reciclagem dos painéis solares					
d)	Sou preocupado					
e)	Muito preocupado					
<b>Qual o nível de importância do fator "Reciclagem dos Painéis Solares"?</b>						
<b>Pouco Importante</b>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	<b>Muito Importante</b>

<b>FCS 2.4</b>	<b>Habitat de Animais Silvestres</b>					
Qual a possibilidade do habitat de animais silvestres ser prejudicado com a instalação do sistema fotovoltaico?						
a)	Irá prejudicar o habitat de muitos animais					
b)	Poderá prejudicar o habitat de muitos animais					
c)	Poderá prejudicar o habitat de poucos animais					
d)	Provavelmente não irá prejudicar o habitat de nenhum animal					
e)	Certamente não irá prejudicar o habitat de nenhum animal					
<b>Qual o nível de importância do fator "Habitat de Animais Silvestres"?</b>						
<b>Pouco Importante</b>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	<b>Muito Importante</b>

PVF 3. Mercadológico						
<b>FCS 3.1</b>	<b>Localização</b>					
<b>FCS 3.1.1</b>	<b>Localização da Empresa Instaladora</b>					
Qual a distância entre o local da instalação de seu sistema fotovoltaico da empresa instaladora?						
a)	Mais de 1000km					
b)	aproximadamente 500km					
c)	Aproximadamente 200km					
d)	Na região de minha cidade					
e)	Na mesma cidade					
<b>Qual o nível de importância do fator "Localização da Empresa Instaladora"?</b>						
<b>Pouco Importante</b>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	<b>Muito Importante</b>

<b>FCS 3.1.2</b>	<b>Logística</b>					
Quão satisfeito você está com a logística geral dos insumos do sistema fotovoltaico?						
a)	Insatisfeito					
b)	Pouco Satisfeito					
c)	Indiferente					
d)	Satisfeito					
e)	Muito Satisfeito					
<b>Qual o nível de importância do fator "Logística"?</b>						
<b>Pouco Importante</b>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	<b>Muito Importante</b>

<b>FCS 3.2</b>	<b>Marketing</b>					
<b>FCS 3.2.1</b>	<b>Presença de propagandas</b>					
Com qual frequência você percebe a presença de propagandas sobre energia fotovoltaica nas mídias?						
a)	Não percebo a presença de propagandas sobre energia fotovoltaica					
b)	Anualmente					
c)	Mensalmente					
d)	Semanalmente					
e)	Diariamente					
<b>Qual o nível de importância do fator "Presença de propagandas"?</b>						
<b>Pouco Importante</b>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	<b>Muito Importante</b>

<b>FCS 3.3</b>	<b>Empresa Instaladora</b>					
<b>FCS 3.3.1</b>	<b>Reputação da Empresa Instaladora</b>					
A empresa de instalação do sistema fotovoltaico é de confiança e possui mão-de-obra qualificada.						
a)	Discordo totalmente					
b)	Discordo em partes					
c)	Indiferente					
d)	Concordo em partes					
e)	Concordo totalmente					
<b>Qual o nível de importância do fator "Reputação da Empresa Instaladora"?</b>						
<b>Pouco Importante</b>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	<b>Muito Importante</b>

<b>FCS 3.3</b>	<b>Empresa Instaladora</b>					
<b>FCS 3.3.2</b>	<b>Pós-Venda</b>					
A empresa que prestou o serviço de venda e instalação do sistema fotovoltaico apresenta um bom histórico de relacionamento no pós-venda.						
a)	Discordo totalmente					
b)	Discordo em partes					
c)	Indiferente					
d)	Concordo em partes					
e)	Concordo totalmente					
<b>Qual o nível de importância do fator "Pós-Venda"?</b>						
<b>Pouco Importante</b>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	<b>Muito Importante</b>

<b>FCS 3.4</b>	<b>Quantidade de Instalações no País</b>
<b>FCS 3.4.1</b>	<b>Instalações Vizinhas</b>
Qual a proximidade entre o local da instalação de seu sistema fotovoltaica e de outra instalação?	
a)	Não há instalações na minha cidade ou região
b)	Existe ao menos 1 instalação na minha região
c)	Existe ao menos 1 instalação na minha cidade
d)	Existe ao menos 1 instalação no mesmo bairro
e)	Existe ao menos 1 instalação na mesma Rua ou Quarteirão
<b>Qual o nível de importância do fator "Instalações Vizinhas"?</b>	
<b>Pouco Importante</b>	(1)      (2)      (3)      (4)      (5) <b>Muito Importante</b>

<b>PVF 4. Político</b>	
<b>FCS 4.1</b>	<b>Política de Incentivo</b>
<b>FCS 4.1.1</b>	<b>Mecanismo de Financiamento</b>
Quão satisfeito você está com mecanismos de financiamento para investir em energia fotovoltaica?	
a)	Insatisfeito
b)	Pouco Satisfeito
c)	Indiferente
d)	Satisfeito
e)	Muito Satisfeito
<b>Qual o nível de importância do fator "Mecanismo de Financiamento"?</b>	
<b>Pouco Importante</b>	(1)      (2)      (3)      (4)      (5) <b>Muito Importante</b>

<b>FCS 4.1</b>	<b>Política de Incentivo</b>
<b>FCS 4.1.2</b>	<b>Isenção da Taxa de Impostos</b>
Qual é o impacto que a isenção de taxas de impostos associados a micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica tem sobre os custos totais do sistema?	
a)	Nenhum
b)	Muito Baixo
c)	Baixo
d)	Médio
e)	Alto
<b>Qual o nível de importância do fator "Isenção da Taxa de Impostos"?</b>	
<b>Pouco Importante</b>	(1)      (2)      (3)      (4)      (5) <b>Muito Importante</b>

<b>FCS 4.2</b>	<b>Quadro de Governança</b>
A governança política é confiável, consultiva e apoia o desenvolvimento da energia fotovoltaica.	
a)	Discordo totalmente
b)	Discordo em partes
c)	Indiferente
d)	Concordo em partes
e)	Concordo totalmente
<b>Qual o nível de importância do fator "Quadro de Governança"?</b>	
<b>Pouco Importante</b>	(1)      (2)      (3)      (4)      (5) <b>Muito Importante</b>

<b>FCS 4.3</b>	<b>Rede de Distribuição de Energia</b>
<b>FCS 4.3.1</b>	<b>Impacto na Rede de Distribuição de Energia</b>
Qual é o impacto que o sistema fotovoltaico terá na rede de distribuição de energia?	
a)	Muito Negativo
b)	Negativo
c)	Indiferente
d)	Positivo
e)	Muito Positivo
<b>Qual o nível de importância do fator "Impacto na Rede de Distribuição de Energia"?</b>	
<b>Pouco Importante</b>	(1)      (2)      (3)      (4)      (5) <b>Muito Importante</b>

<b>FCS 4.3</b>	<b>Rede de Distribuição de Energia</b>					
<b>FCS 4.3.2</b>	<b>Conexão com Rede de Distribuição Confiável</b>					
A rede de distribuição de energia é confiável e não apresenta defeitos.						
<b>a)</b>	Discordo totalmente					
<b>b)</b>	Discordo em partes					
<b>c)</b>	Indiferente					
<b>d)</b>	Concordo em partes					
<b>e)</b>	Concordo totalmente					
<b>Qual o nível de importância do fator "Conexão com Rede de Distribuição Confiável"?</b>						
<b>Pouco Importante</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)</b>	<b>Muito Importante</b>

<b>FCS 4.4</b>	<b>Colaboração com outros Países</b>					
O Brasil apresenta um relacionamento efetivo com países que tem um alto desenvolvimento em tecnologia e mercado de energia fotovoltaico.						
<b>a)</b>	Discordo totalmente					
<b>b)</b>	Discordo em partes					
<b>c)</b>	Indiferente					
<b>d)</b>	Concordo em partes					
<b>e)</b>	Concordo totalmente					
<b>Qual o nível de importância do fator "Colaboração com outros Países"?</b>						
<b>Pouco Importante</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)</b>	<b>Muito Importante</b>

<b>PVF 5. Social</b>						
<b>FCS 5.1</b>	<b>Envolvimento com o Projeto</b>					
O quanto você considera ter se envolvido com o desenvolvimento do projeto do Sistema Fotovoltaico, trabalhando junto com a empresa na definição dos detalhes, escolha dos equipamentos e processo de instalação.						
<b>a)</b>	Não me envolvi					
<b>b)</b>	Muito pouco					
<b>c)</b>	Pouco					
<b>d)</b>	Me envolvi com a maioria dos detalhes					
<b>e)</b>	Me envolvi em todos os detalhes					
<b>Qual o nível de importância do fator "Envolvimento com o Projeto"?</b>						
<b>Pouco Importante</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)</b>	<b>Muito Importante</b>

<b>FCS 5.2</b>	<b>Aceitação do Investimento</b>					
<b>FCS 5.2.1</b>	<b>Aceitação da Família/Gestão</b>					
Qual é o nível de concordância da família (Instalação Residencial) ou gestão da empresa (Instalação Comercial) quanto a instalação do sistema fotovoltaico?						
<b>a)</b>	Discordam totalmente					
<b>b)</b>	Discordam em partes					
<b>c)</b>	Indiferente					
<b>d)</b>	Concordam em partes					
<b>e)</b>	Concordam totalmente					
<b>Qual o nível de importância do fator "Aceitação da Família/Gestão"?</b>						
<b>Pouco Importante</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)</b>	<b>Muito Importante</b>

<b>FCS 5.2</b>	<b>Aceitação do Investimento</b>					
<b>FCS 5.2.2</b>	<b>Aceitação Pública</b>					
Qual é o nível de aceitação pública esperada com a instalação do sistema fotovoltaico?						
<b>a)</b>	Aceitação muito baixa					
<b>b)</b>	Aceitação baixa					
<b>c)</b>	Indiferente					
<b>d)</b>	Aceitação alta					
<b>e)</b>	Aceitação muito alta					
<b>Qual o nível de importância do fator "Aceitação Pública"?</b>						
<b>Pouco Importante</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)</b>	<b>Muito Importante</b>

<b>FCS 5.3</b>	<b>Conhecimento Sobre o Sistema</b>					
Você considera que seu conhecimento sobre sistemas de energia fotovoltaica distribuída, em relação à média brasileira, é?						
a)	Muito abaixo da média					
b)	Abaixo da média					
c)	Médio					
d)	Acima da média					
e)	Muito acima da média					
<b>Qual o nível de importância do fator "Conhecimento Sobre o Sistema"?</b>						
<b>Pouco Importante</b>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	<b>Muito Importante</b>

<b>FCS 5.4</b>	<b>Oportunidade de Trabalho</b>					
<b>FCS 5.4.1</b>	<b>Redução do Desemprego</b>					
Instalar sistemas de energia fotovoltaica ajuda na formação de mais vagas de empregos.						
a)	Discordo totalmente					
b)	Discordo em partes					
c)	Indiferente					
d)	Concordo em partes					
e)	Concordo totalmente					
<b>Qual o nível de importância do fator "Redução do Desemprego"?</b>						
<b>Pouco Importante</b>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	<b>Muito Importante</b>

<b>PVF 6. Tecnológico</b>						
<b>FCS 6.1</b>	<b>Produção de Energia</b>					
<b>FCS 6.1.2</b>	<b>Eficiência do Sistema</b>					
Quão satisfeito você está com a eficiência dos módulos fotovoltaicos no período de vida útil estimado para eles?						
a)	Insatisfeito					
b)	Pouco Satisfeito					
c)	Indiferente					
d)	Satisfeito					
e)	Muito Satisfeito					
<b>Qual o nível de importância do fator "Eficiência do Sistema"?</b>						
<b>Pouco Importante</b>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	<b>Muito Importante</b>

<b>FCS 6.2</b>	<b>Limitações Técnicas</b>					
<b>FCS 6.2.1</b>	<b>Possibilidade de Expansão</b>					
Qual é o nível de facilidade de expandir o sistema fotovoltaico no futuro?						
a)	O sistema não poderá ser expandido					
b)	Alta dificuldade de expansão do sistema					
c)	Média facilidade de expansão do sistema					
d)	facilidade de expansão do sistema					
e)	Alta facilidade de expansão do sistema					
<b>Qual o nível de importância do fator "Possibilidade de Expansão"?</b>						
<b>Pouco Importante</b>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	<b>Muito Importante</b>

<b>FCS 6.3.1</b>	<b>Prazo para instalação</b>					
Quão satisfeito você está com o período entre a compra do sistema fotovoltaico e a instalação?						
a)	Insatisfeito					
b)	Pouco Satisfeito					
c)	Indiferente					
d)	Satisfeito					
e)	Muito Satisfeito					
<b>Qual o nível de importância do fator "Prazo para instalação"?</b>						
<b>Pouco Importante</b>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	<b>Muito Importante</b>

<b>FCS 6.3.2</b>	<b>Qualidade da instalação</b>
Tenho total confiança da qualidade dos insumos e do processo de instalação da empresa instaladora.	
<b>a)</b>	Discordo totalmente
<b>b)</b>	Discordo em partes
<b>c)</b>	Indiferente
<b>d)</b>	Concordo em partes
<b>e)</b>	Concordo totalmente
<b>Qual o nível de importância do fator "Qualidade da instalação"?</b>	
<b>Pouco Importante</b>	(1)      (2)      (3)      (4)      (5) <b>Muito Importante</b>

<b>FCS 6.4</b>	<b>Manutenção</b>
<b>FCS 6.4.1</b>	<b>Durabilidade do Sistema</b>
Quão satisfeito você está com a previsão de vida útil do sistema fotovoltaico?	
<b>a)</b>	Insatisfeito
<b>b)</b>	Pouco Satisfeito
<b>c)</b>	Indiferente
<b>d)</b>	Satisfeito
<b>e)</b>	Muito Satisfeito
<b>Qual o nível de importância do fator "Durabilidade do Sistema"?</b>	
<b>Pouco Importante</b>	(1)      (2)      (3)      (4)      (5) <b>Muito Importante</b>

<b>FCS 6.4</b>	<b>Manutenção</b>
<b>FCS 6.4.2</b>	<b>Facilidade da Manutenção</b>
Qual o nível de facilidade para realizar a manutenção do sistema fotovoltaico?	
<b>a)</b>	Muito baixa
<b>b)</b>	Baixa
<b>c)</b>	Média
<b>d)</b>	Fácil
<b>e)</b>	Muito fácil
<b>Qual o nível de importância do fator "Facilidade da Manutenção"?</b>	
<b>Pouco Importante</b>	(1)      (2)      (3)      (4)      (5) <b>Muito Importante</b>

Para compreender o impacto de cada fator no <b>SUCESSO</b> do seu projeto fotovoltaico, é necessário compará-los par a par. Considere que o sucesso é o nível de atingimento dos seus objetivos nesse projeto. Os fatores são: <b>ECONÔMICO (A), AMBIENTAL (B), MERCADOLÓGICO (C), POLÍTICO (D), SOCIAL (E) e TECNOLÓGICO (F).</b>						
<b>1. Compare a importância entre os Fatores <b>ECONÔMICO (A)</b> e <b>AMBIENTAL (B)</b>:</b>						
A é muito superior que B ( )	A é superior que B ( )	A é pouco superior que B ( )	Equivalentes ( )	B é pouco superior que A ( )	B é superior que A ( )	B é muito superior que A ( )
<b>2. Compare a importância entre os Fatores <b>ECONÔMICO (A)</b> e <b>MERCADOLÓGICO (C)</b>:</b>						
A é muito superior que C ( )	A é superior que C ( )	A é pouco superior que C ( )	Equivalentes ( )	C é pouco superior que A ( )	C é superior que A ( )	C é muito superior que A ( )
<b>3. Compare a importância entre os Fatores <b>ECONÔMICO (A)</b> e <b>POLÍTICO (D)</b>:</b>						
A é muito superior que D ( )	A é superior que D ( )	A é pouco superior que D ( )	Equivalentes ( )	D é pouco superior que A ( )	D é superior que A ( )	D é muito superior que A ( )
<b>4. Compare a importância entre os Fatores <b>ECONÔMICO (A)</b> e <b>SOCIAL (E)</b>:</b>						
A é muito superior que E ( )	A é superior que E ( )	A é pouco superior que E ( )	Equivalentes ( )	E é pouco superior que A ( )	E é superior que A ( )	E é muito superior que A ( )
<b>5. Compare a importância entre os Fatores <b>ECONÔMICO (A)</b> e <b>TECNOLÓGICO (F)</b>:</b>						
A é muito superior que F ( )	A é superior que F ( )	A é pouco superior que F ( )	Equivalentes ( )	F é pouco superior que A ( )	F é superior que A ( )	F é muito superior que A ( )
<b>6. Compare a importância entre os Fatores <b>AMBIENTAL (B)</b> e <b>MERCADOLÓGICO (C)</b>:</b>						
B é muito superior que C ( )	B é superior que C ( )	B é pouco superior que C ( )	Equivalentes ( )	C é pouco superior que B ( )	C é superior que B ( )	C é muito superior que B ( )
<b>7. Compare a importância entre os Fatores <b>AMBIENTAL (B)</b> e <b>POLÍTICO (D)</b>:</b>						
B é muito superior que D ( )	B é superior que D ( )	B é pouco superior que D ( )	Equivalentes ( )	D é pouco superior que B ( )	D é superior que B ( )	D é muito superior que B ( )
<b>8. Compare a importância entre os Fatores <b>AMBIENTAL (B)</b> e <b>SOCIAL (E)</b>:</b>						
B é muito superior que E ( )	B é superior que E ( )	B é pouco superior que E ( )	Equivalentes ( )	E é pouco superior que B ( )	E é superior que B ( )	E é muito superior que B ( )
<b>9. Compare a importância entre os Fatores <b>AMBIENTAL (B)</b> e <b>TECNOLÓGICO (F)</b>:</b>						
B é muito superior que F ( )	B é superior que F ( )	B é pouco superior que F ( )	Equivalentes ( )	F é pouco superior que B ( )	F é superior que B ( )	F é muito superior que B ( )
<b>10. Compare a importância entre os Fatores <b>MERCADOLÓGICO (C)</b> e <b>POLÍTICO (D)</b>:</b>						
C é muito superior que D ( )	C é superior que D ( )	C é pouco superior que D ( )	Equivalentes ( )	D é pouco superior que C ( )	D é superior que C ( )	D é muito superior que C ( )
<b>11. Compare a importância entre os Fatores <b>MERCADOLÓGICO (C)</b> e <b>SOCIAL (E)</b>:</b>						
C é muito superior que E ( )	C é superior que E ( )	C é pouco superior que E ( )	Equivalentes ( )	E é pouco superior que C ( )	E é superior que C ( )	E é muito superior que C ( )
<b>12. Compare a importância entre os Fatores <b>MERCADOLÓGICO (C)</b> e <b>TECNOLÓGICO (F)</b>:</b>						
C é muito superior que F ( )	C é superior que F ( )	C é pouco superior que F ( )	Equivalentes ( )	F é pouco superior que C ( )	F é superior que C ( )	F é muito superior que C ( )
<b>13. Compare a importância entre os Fatores <b>POLÍTICO (D)</b> e <b>SOCIAL (E)</b>:</b>						
D é muito superior que E ( )	D é superior que E ( )	D é pouco superior que E ( )	Equivalentes ( )	E é pouco superior que D ( )	E é superior que D ( )	E é muito superior que D ( )
<b>14. Compare a importância entre os Fatores <b>POLÍTICO (D)</b> e <b>TECNOLÓGICO (F)</b>:</b>						
D é muito superior que F ( )	D é superior que F ( )	D é pouco superior que F ( )	Equivalentes ( )	F é pouco superior que D ( )	F é superior que D ( )	F é muito superior que D ( )
<b>15. Compare a importância entre os Fatores <b>SOCIAL (E)</b> e <b>TECNOLÓGICO (F)</b>:</b>						
E é muito superior que F ( )	E é superior que F ( )	E é pouco superior que F ( )	Equivalentes ( )	F é pouco superior que E ( )	F é superior que E ( )	F é muito superior que E ( )

## APÊNDICE C – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS II



### Diagnóstico de projetos de micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica

Gostaria de convidá-lo a participar de uma pesquisa de caráter científico, conduzida por uma estudante de mestrado da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), pertencente ao Núcleo de Inovação e Competitividade (NIC) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Geração Distribuída (INCT-GD).

O objetivo geral desta pesquisa é propor um modelo de diagnóstico para a implementação de projetos de micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica com base em um sistema de mensuração de desempenho.

Especialistas na área, como pesquisadores e empresários do mercado de sistemas fotovoltaicos, vão contribuir com o processo de ponderação dos fatores associados ao sucesso de projetos de micro e minigeração distribuída de energia fotovoltaica.

Esse questionário possui duas seções de questões de múltipla escolha. Você deve seguir as seguintes instruções:

1. Considere que a palavra Sucesso refere-se ao nível de atingimento dos objetivos das pessoas que investem em energia fotovoltaica.
2. Os seis principais fatores são brevemente explicados na figura abaixo.
3. As perguntas devem ser respondidas de acordo com sua percepção e experiência.
4. Os dados referentes às suas características são confidenciais e não serão publicados pela autora do diagnóstico.



Sua Formação: \_\_\_\_\_

Sexo: \_\_\_\_\_

Sua Idade: \_\_\_\_\_

<b>FATOR ECONÔMICO</b>						
1. Qual o nível de importância do fator "Custo do Sistema"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
2. Qual o nível de importância do fator "Custo da Manutenção"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
3. Qual o nível de importância do fator "Redução da Conta de Energia"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
4. Qual o nível de importância do fator "Tempo de Recuperação de Capital"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
5. Qual o nível de importância do fator "Valorização financeira da Residência/Empresa"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante

<b>FATOR AMBIENTAL</b>						
6. Qual o nível de importância do fator "Impacto na Arquitetura da Residência/Empresa"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
7. Qual o nível de importância do fator "Redução de CO2"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
8. Qual o nível de importância do fator "Uso Consciente de Energia"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
9. Qual o nível de importância do fator "Reciclagem dos Painéis Solares"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
10. Qual o nível de importância do fator "Habitat de Animais Silvestres"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante

<b>FATOR MERCADOLÓGICO</b>						
11. Qual o nível de importância do fator "Localização da Empresa Instaladora"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
12. Qual o nível de importância do fator "Logística dos insumos do sistema fotovoltaico"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
13. Qual o nível de importância do fator "Presença de propagandas sobre energia solar"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
14. Qual o nível de importância do fator "Reputação da Empresa Instaladora"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
15. Qual o nível de importância do fator "Pós-Venda do sistema fotovoltaico"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
16. Qual o nível de importância do fator "Ter Instalações Vizinhas"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante

<b>FATOR POLÍTICO</b>						
17. Qual o nível de importância do fator "Mecanismo de Financiamento"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
18. Qual o nível de importância do fator "Isenção da Taxa de Impostos"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
19. Qual o nível de importância do fator "Quadro de Governança que apoia a energia fotovoltaica"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
20. Qual o nível de importância do fator "Impacto na Rede de Distribuição de Energia"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
21. Qual o nível de importância do fator "Conexão com Rede de Distribuição Confiável"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
22. Qual o nível de importância do fator "Colaboração com outros Países"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante

<b>FATOR SOCIAL</b>						
23. Qual o nível de importância do fator "Envolvimento do comprador do sistema com o Projeto"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
24. Qual o nível de importância do fator "Aceitação da Família/Gestão sobre o investimento"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
25. Qual o nível de importância do fator "Aceitação Pública sobre sistemas fotovoltaicos"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
26. Qual o nível de importância do fator "Conhecimento Sobre o Sistema"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
27. Qual o nível de importância do fator "Redução do Desemprego com o desenvolvimento do mercado de energia fotovoltaica"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante

<b>FATOR TECNOLÓGICO</b>						
28. Qual o nível de importância do fator "Eficiência do Sistema"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
29. Qual o nível de importância do fator "Índice de Radiação Solar"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
30. Qual o nível de importância do fator "Possibilidade de Expansão"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
31. Qual o nível de importância do fator "Prazo para instalação"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
32. Qual o nível de importância do fator "Qualidade da instalação"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
33. Qual o nível de importância do fator "Durabilidade do Sistema"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante
34. Qual o nível de importância do fator "Facilidade da Manutenção"?						
Pouco Importante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Muito Importante

Para compreender o impacto de cada fator no <b>SUCESSO</b> do seu projeto fotovoltaico, é necessário compará-los par a par. Considere que o sucesso é o nível de atingimento dos seus objetivos nesse projeto. Os fatores são: <b>ECONÔMICO (A)</b> , <b>AMBIENTAL (B)</b> , <b>MERCADOLÓGICO (C)</b> , <b>POLÍTICO (D)</b> , <b>SOCIAL (E)</b> e <b>TECNOLÓGICO (F)</b> .						
<b>1. Compare a importância entre os Fatores ECONÔMICO (A) e AMBIENTAL (B):</b>						
A é muito superior que B ( )	A é superior que B ( )	A é pouco superior que B ( )	Equivalentes ( )	B é pouco superior que A ( )	B é superior que A ( )	B é muito superior que A ( )
<b>2. Compare a importância entre os Fatores ECONÔMICO (A) e MERCADOLÓGICO (C):</b>						
A é muito superior que C ( )	A é superior que C ( )	A é pouco superior que C ( )	Equivalentes ( )	C é pouco superior que A ( )	C é superior que A ( )	C é muito superior que A ( )
<b>3. Compare a importância entre os Fatores ECONÔMICO (A) e POLÍTICO (D):</b>						
A é muito superior que D ( )	A é superior que D ( )	A é pouco superior que D ( )	Equivalentes ( )	D é pouco superior que A ( )	D é superior que A ( )	D é muito superior que A ( )
<b>4. Compare a importância entre os Fatores ECONÔMICO (A) e SOCIAL (E):</b>						
A é muito superior que E ( )	A é superior que E ( )	A é pouco superior que E ( )	Equivalentes ( )	E é pouco superior que A ( )	E é superior que A ( )	E é muito superior que A ( )
<b>5. Compare a importância entre os Fatores ECONÔMICO (A) e TECNOLÓGICO (F):</b>						
A é muito superior que F ( )	A é superior que F ( )	A é pouco superior que F ( )	Equivalentes ( )	F é pouco superior que A ( )	F é superior que A ( )	F é muito superior que A ( )
<b>6. Compare a importância entre os Fatores AMBIENTAL (B) e MERCADOLÓGICO (C):</b>						
B é muito superior que C ( )	B é superior que C ( )	B é pouco superior que C ( )	Equivalentes ( )	C é pouco superior que B ( )	C é superior que B ( )	C é muito superior que B ( )
<b>7. Compare a importância entre os Fatores AMBIENTAL (B) e POLÍTICO (D):</b>						
B é muito superior que D ( )	B é superior que D ( )	B é pouco superior que D ( )	Equivalentes ( )	D é pouco superior que B ( )	D é superior que B ( )	D é muito superior que B ( )
<b>8. Compare a importância entre os Fatores AMBIENTAL (B) e SOCIAL (E):</b>						
B é muito superior que E ( )	B é superior que E ( )	B é pouco superior que E ( )	Equivalentes ( )	E é pouco superior que B ( )	E é superior que B ( )	E é muito superior que B ( )
<b>9. Compare a importância entre os Fatores AMBIENTAL (B) e TECNOLÓGICO (F):</b>						
B é muito superior que F ( )	B é superior que F ( )	B é pouco superior que F ( )	Equivalentes ( )	F é pouco superior que B ( )	F é superior que B ( )	F é muito superior que B ( )
<b>10. Compare a importância entre os Fatores MERCADOLÓGICO (C) e POLÍTICO (D):</b>						
C é muito superior que D ( )	C é superior que D ( )	C é pouco superior que D ( )	Equivalentes ( )	D é pouco superior que C ( )	D é superior que C ( )	D é muito superior que C ( )
<b>11. Compare a importância entre os Fatores MERCADOLÓGICO (C) e SOCIAL (E):</b>						
C é muito superior que E ( )	C é superior que E ( )	C é pouco superior que E ( )	Equivalentes ( )	E é pouco superior que C ( )	E é superior que C ( )	E é muito superior que C ( )
<b>12. Compare a importância entre os Fatores MERCADOLÓGICO (C) e TECNOLÓGICO (F):</b>						
C é muito superior que F ( )	C é superior que F ( )	C é pouco superior que F ( )	Equivalentes ( )	F é pouco superior que C ( )	F é superior que C ( )	F é muito superior que C ( )
<b>13. Compare a importância entre os Fatores POLÍTICO (D) e SOCIAL (E):</b>						
D é muito superior que E ( )	D é superior que E ( )	D é pouco superior que E ( )	Equivalentes ( )	E é pouco superior que D ( )	E é superior que D ( )	E é muito superior que D ( )
<b>14. Compare a importância entre os Fatores POLÍTICO (D) e TECNOLÓGICO (F):</b>						
D é muito superior que F ( )	D é superior que F ( )	D é pouco superior que F ( )	Equivalentes ( )	F é pouco superior que D ( )	F é superior que D ( )	F é muito superior que D ( )
<b>15. Compare a importância entre os Fatores SOCIAL (E) e TECNOLÓGICO (F):</b>						
E é muito superior que F ( )	E é superior que F ( )	E é pouco superior que F ( )	Equivalentes ( )	F é pouco superior que E ( )	F é superior que E ( )	F é muito superior que E ( )