

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

**MODELAGEM PARA MENSURAÇÃO DA COMPETITIVIDADE NA GERAÇÃO DE
ENERGIA FOTOVOLTAICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Carmen Brum Rosa

Santa Maria, RS, Brasil.

2016

MODELAGEM PARA MENSURAÇÃO DA COMPETITIVIDADE NA GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

Carmen Brum Rosa

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

Orientador: Prof. Dr. Julio Cezar Mairesse Siluk

Santa Maria, RS, Brasil.

2016

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Brum Rosa, Carmen
MODELAGEM PARA MENSURAÇÃO DA COMPETITIVIDADE NA
GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA / Carmen Brum Rosa.-
2016.
109 p.; 30 cm

Orientador: Julio Cezar Mairesse Siluk
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção, RS, 2016

1. Energia Fotovoltaica 2. Competitividade
Organizacional 3. Abordagem Multicritério 4. Mensuração
de Desempenho 5. Indicadores de Desempenho I. Mairesse
Siluk , Julio Cezar II. Título.

©2016

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

Endereço: Avenida Roraima, n. 1000. Prédio 07, Cidade Universitária, Santa Maria. CEP: 97195-000
Núcleo de Inovação e Competitividade – NIC – Centro de Tecnologia.

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

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de Mestrado

**MODELAGEM PARA MENSURAÇÃO DA COMPETITIVIDADE NA GERAÇÃO DE
ENERGIA FOTOVOLTAICA**

elaborada por
Carmen Brum Rosa

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia de Produção

COMISSÃO EXAMINADORA:

Julio Cezar Mairesse Siluk, Dr.
(Presidente/Orientador)

Leandro Michels, Dr. (UFSM)

Djeisson Hoffmann Thomas, Dr. (UNIPAMPA)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Federal de Santa Maria

MODELAGEM PARA MENSURAÇÃO DA COMPETITIVIDADE NA GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

AUTORA: CARMEN BRUM ROSA
ORIENTADOR: JULIO CEZAR MAIRESSE SILUK
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 10 de Novembro de 2016.

A energia fotovoltaica é vista internacionalmente como uma tecnologia bastante promissora. O Brasil tem atualmente uma elevada capacidade de geração de energia solar, além disso, do ponto de vista estratégico, possui uma série de características naturais favoráveis, tais como, altos níveis de insolação e grandes reservas de quartzo de qualidade, que podem gerar importante vantagem competitiva para a produção de silício com alto grau de pureza, células e módulos fotovoltaicos de alto valor agregado. Com o objetivo de tornar a geração de energia fotovoltaica brasileira mundialmente competitiva, alguns incentivos do governo estão proporcionando o crescimento, expansão e modernização desta tecnologia. Apesar do ambiente favorável em que se encontra a geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis ainda existem lacunas que prejudicam a competitividade de usinas que geram energia a partir da fonte fotovoltaica, como a qualificação da mão-de-obra disponível, as adequações dos fornecedores às suas demandas e a grande necessidade de investimento em tecnologia. Neste sentido, esta dissertação de mestrado teve por objetivo propor uma modelagem capaz de mensurar o nível de competitividade na geração da energia fotovoltaica, fundamentada em uma pesquisa bibliográfica e documental sobre as características do setor foram levantados 41 indicadores de desempenho, utilizando-se para tanto os pressupostos referentes aos *Key Performance Indicators* (KPIs) e elementos da abordagem multicritério de apoio à decisão. O instrumento de pesquisa proposto foi aplicado em duas Usinas Solares brasileiras, um centro de pesquisa em energias renováveis da União Europeia e uma indústria do setor metalmeccânico que possui um sistema solar em operação. A fase de avaliação do teste gerou um índice que representa o desempenho competitivo de cada uma das empresas participantes da pesquisa, a Usina da Eletrosul apresentou um percentual competitivo de 46,80%, a empresa Tramontina Eletrik 58%, a Usina Tauá 74,75% e o Cener 76,64%, permitindo uma discussão comparativa dos resultados obtidos. Posteriormente, foram propostas recomendações capazes de alavancar a competitividade da Usina da Eletrosul, envolvendo a simulação de indicadores que apresentaram níveis insatisfatórios, demonstrando-se a relevância da modelagem para elevar a competitividade de empresas geradoras de energia fotovoltaica frente ao cenário em que se apresenta.

Palavras-chave: Energia Fotovoltaica; Competitividade Organizacional; Abordagem Multicritério; Mensuração de Desempenho; Indicadores de Desempenho.

ABSTRACT

Master Degree
Production Engineering Post-Graduation Program
Federal University of Santa Maria

MODELING FOR MEASUREMENT OF COMPETITIVENESS IN GENERATION OF PHOTOVOLTAIC ENERGY

AUTHORESS: CARMEN BRUM ROSA

ADVISOR: JULIO CEZAR MAIRESSE SILUK

Date and Place of the Defense: Santa Maria, November 10th, 2016.

The photovoltaics is seen internationally regarded as a very promising technology. It is estimated that Brazil currently has a high capacity for solar power generation. Furthermore, from a strategic point of view, Brazil has a number of favorable natural features, such as high levels of insolation and great quality quartz reserves that can generate important competitive advantage for the production of silicon with high purity, photovoltaic cells and modules of high added value. In order to make the generation of Brazilian photovoltaics globally competitive, some government incentives are providing the growth, expansion and modernization of this technology. Despite the favorable environment in which it is the generation of electricity from renewable sources there are still gaps that undermine the competitiveness of plants that generate energy from photovoltaic source, such as the qualifications of labor available, the adequacy of suppliers to their demands and the great need for investment in technology. In this sense, this master thesis aimed to propose a modeling able to measure the level of competitiveness in the generation of photovoltaic energy, based on a bibliographical and documentary research on industry characteristics were raised 41 performance indicators, using for both assumptions regarding the Key Performance Indicators (KPIs) and elements of the multi-criteria approach to decision support. The proposed survey instrument was applied in two Brazilian solar plants, a research center on renewable energy the European Union and the metal-mechanic sector industry that has a solar system in operation. The test evaluation phase generated an index that represents the competitive performance of each of the participating research companies, Usina Eletrosul had a competitive percentage of 46.80%, the company Tramontina Eletrik 58%, Usina Tauá 74.75 % and 76.64% Cener, allowing a comparative discussion of the results. Later, they were recommendations proposed able to leverage the competitiveness of Usina Eletrosul, involving the simulation of indicators that showed unsatisfactory levels, demonstrating the relevance of modeling to increase the competitiveness of companies generating photovoltaic front power to the scenario at hand.

Keywords: Photovoltaic energy; Organizational competitiveness; Multi-criteria decision aid; Performance measurement; Performance indicators.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura da Pesquisa.....	19
Figura 2: Seção transversal de uma célula fotovoltaica.....	23
Figura 3: Capacidade instalada de energia fotovoltaica no mundo.....	25
Figura 4: Mapa da radiação solar global brasileira.....	26
Figura 5: Evolução de capacidade instalada acumulada de geradores fotovoltaicos.... distribuídos no Brasil.....	27
Figura 6: Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede por meio de um inversor.....	29
Figura 7: As cinco forças que moldam a competição no setor.....	31
Figura 8: Fatores determinantes da competitividade.....	33
Figura 9: Busca da competitividade sob a ação conjunta de três frentes.....	34
Figura 10: Processo de apoio à decisão.....	45
Figura 11: Etapas metodológicas da pesquisa.....	49
Figura 12: Representação esquemática da modelagem.....	51
Figura13: Estrutura hierárquica para avaliação da competitividade na Geração de Energia Fotovoltaica.....	57
Figura 14: Exemplo de questão utilizada no instrumento de coleta.....	61
Figura 15: Resultados globais de mensuração da competitividade.....	72
Figura 16: Resultados de mensuração da competitividade para o PVF 1.....	74
Figura 17: Resultados de mensuração da competitividade para o PVF 2.....	75
Figura 18: Resultados de avaliação da competitividade para o PVF 3.....	76
Figura 19: Resultados de avaliação da competitividade para o PVF 4.....	77
Figura 20: Simulação do Desempenho Global para a geração de energia fotovoltaica na empresa Eletrosul.....	79
Figura 21: Comparação do Desempenho atual e o Desempenho simulado.....	80
Figura 22: Tela inicial da ferramenta NIC – Energia Fotovoltaica.....	81
Figura 23: Tela da Ferramenta NIC – Energia Fotovoltaica, instrumento de pesquisa do PVF 1 – Alianças Estratégicas.....	82
Figura 24: Tela da Ferramenta NIC – Energia Fotovoltaica, <i>dashboard</i>	83
Figura 25: Tela da Ferramenta NIC – Energia Fotovoltaica, relatório do PVF 1.....	84

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Capacidade instalada de sistemas fotovoltaicos ligados a rede: Brasil, Alemanha e Espanha.....	16
Quadro 2: Principais publicações referentes ao período entre 2011 e 2016: Bibliometria.....	17
Quadro 3: Definição de Competitividade.....	31
Quadro 4: Perfil para análise da competitividade industrial.....	35
Quadro 5: Definições de Sistemas de Mensuração e Avaliação de Desempenho (SMDA).....	39
Quadro 6: Métodos para a mensuração de desempenho.....	41
Quadro 7: Principais métodos de MCDA.....	44
Quadro 8: Enquadramento metodológico.....	47
Quadro 9: Indicadores relacionados ao PVF 1.....	54
Quadro 10: Indicadores relacionados ao PVF 2.....	55
Quadro 11: Indicadores relacionados ao PVF 3.....	55
Quadro 12: – Indicadores relacionados ao PVF 4.....	56
Quadro 13: Indicador referente ao FCS 1.1.....	59
Quadro 14: Empresas participantes da pesquisa.....	62
Quadro 15: Importância para os critérios 2.4.1 à 2.4.3.....	64
Quadro 16: Taxas de substituição locais para os critérios 2.4.1 à 2.4.3.....	65
Quadro 17: Taxas de substituição locais para os FCS 2.1 à 2.6.....	65
Quadro 18: Taxas de substituição para os PVF 1 à 4.....	65
Quadro 19: Taxas de Substituição para os FCS do PVF 1.....	66
Quadro 20: Taxas de substituição para os FCS do PVF 2.....	68
Quadro 21: Taxas de substituição para os FCS do PVF 3.....	69
Quadro 22: Taxas de substituição para os FCS do PVF 4.....	70
Quadro 23: – Faixas de Avaliação da Competitividade.....	71
Quadro 24: Simulação para elevar o nível da competitividade.....	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT NBR – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABINEE – Associação Brasileira de Indústria Elétrica e Eletrônica
AHP – *Analytic Hierarchy Process* (Análise Hierárquica de Processos)
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
BEM – Balanço Energético Nacional
BoS – *Balance of the System*
CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
EIA – *Energy Information Administration*
EPE – Empresa de Pesquisa Energética
EPIA – *European Photovoltaic Industry Association*
FCS – Fator Crítico de Sucesso
GD – Geração Distribuída
KPI – *Key Performance Indicator* (Indicador Chave de Desempenho)
KRI – *Key Result Indicator* (Indicador Chave de Resultado)
MAUT – *Multi-Attribute Utility Theory* (Teoria da Utilidade Multiatributo)
MCDA – *Multi Criteria Decision Aid* (Apoio Multicritério à Decisão)
MME – Ministério de Minas e Energia
PDE – Plano Decenal de Energia
PI – *Performance Indicator* (Indicador de Desempenho)
PVF – Ponto de Vista Fundamental
RI – *Result Indicator* (Indicador de Resultado)
SFCR – Sistemas Fotovoltaicos conectados à rede elétrica
SFI – Sistema Fotovoltaico Isolado
SIN – Sistema Interligado Nacional
SMD – Sistema de Medição de Desempenho
SPMP – Seguidor de Ponto de Máxima Potência
UFV – Usina Fotovoltaica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	14
1.2 OBJETIVOS	14
1.2.1 Objetivo geral	15
1.2.2 Objetivos específicos	15
1.3 JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA	15
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	19
2 REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 ENERGIA FOTOVOLTAICA.....	21
2.1.1 Potencial nacional de energia solar	24
2.1.2 Sistemas fotovoltaicos instalados	28
2.2 COMPETITIVIDADE	30
2.3 SISTEMAS DE MENSURAÇÃO DE DESEMPENHO ORGANIZACIONAL	38
2.4 ABORDAGEM MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO.....	43
3 METODOLOGIA	47
3.1 ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO.....	47
3.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS.....	48
3.3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	49
4 ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA E CONSTRUÇÃO DA MODELAGEM	53
4.1 CONSTRUÇÃO DA ÁRVORE DE DECISÃO.....	53
4.2 CONSTRUÇÃO DOS INDICADORES E ESCALAS DE AVALIAÇÃO	58
4.3 VALIDAÇÃO DOS INDICADORES E ESCALAS DE AVALIAÇÃO	59
4.4 CONSTRUÇÃO DO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO	60
5 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS	62
5.1 COLETA DE DADOS	62
5.2 CÁLCULO DAS TAXAS DE SUBSTITUIÇÃO	64
5.3 AVALIAÇÃO DA COMPETITIVIDADE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	71
6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
6.2 CONCLUSÃO.....	87
6.3 LIMITAÇÕES.....	88
6.4 ESTUDOS FUTUROS.....	88
6.5 PUBLICAÇÕES.....	89
REFERÊNCIAS	90
APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE PESQUISA	98

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por energia elétrica apresenta um cenário mundial de busca por novas fontes de energia que possam atender ao acelerado aumento de consumo, de forma não poluente, sustentável e economicamente viável. Nos últimos anos, uma nova fonte geradora vem sendo estudada, a energia fotovoltaica, essa alternativa tem é vista internacionalmente como uma tecnologia bastante promissora. Experiências internacionais apresentaram uma importante contribuição para expansão do mercado fotovoltaico, ganhos na escala de produção e redução de custos para os investidores (EPE, 2012).

Nos últimos 10 anos, a tecnologia fotovoltaica tem mostrado potencial para tornar-se uma das fontes de eletricidade mais predominante no mundo, com um crescimento robusto e contínuo mesmo em tempos de crise financeira e econômica (EPIA, 2015). Estima-se uma capacidade mundial de 1.760 a 2.500 GW em 2030, em contraste com 227 GW no fim de 2015, de acordo com a Agência Internacional de Energias Renováveis (2016).

Do ponto de vista estratégico, o Brasil possui uma série de características naturais favoráveis, tais como, altos níveis de insolação e grandes reservas de quartzo de qualidade, que geram importante vantagem competitiva na produção de silício metalúrgico, células e módulos solares, produtos de alto valor agregado. Tais fatores potencializam a atração de investidores e o desenvolvimento de um mercado interno, permitindo que se vislumbre um papel importante na matriz elétrica para este tipo de tecnologia. Em recente contribuição enviada pelo Grupo Setorial Fotovoltaico ao Plano Decenal de Energia 2020, já era indicado que o objetivo de 2 GW instalados até 2020 poderia criar condições de alavancar o desenvolvimento de uma cadeia produtiva local para produção de equipamentos, atraindo a atenção de atores globais para o Brasil (EPE, 2012).

Entretanto, apresentam-se como desvantagens a necessidade de viabilizar a tecnologia solar no país, em especial ao que diz respeito a respaldo regulatório, financiamentos de sistemas solares, securitização de sistemas solares, impostos e aspectos culturais. Dessa forma, cabe ao Estado, em sua função de planejador, encontrar os meios de incentivar a tecnologia solar para que esta possa contribuir

com o objetivo nacional de desenvolvimento econômico e de sustentabilidade da matriz elétrica (EPE, 2012).

Diante deste cenário, para obter uma vantagem competitiva e defender posições estratégicas no mercado, é necessário que os gestores conheçam e compreendam a dinâmica dos atores nos âmbitos empresarial e estrutural, permeados pelos indicadores capazes de mensurar, de fato, sua realidade específica (DI SERIO, VASCONCELLOS 2009). Além disso, torna-se determinante para o avanço deste mercado o monitoramento da competitividade sistêmica, a qual se evidencia como sendo a barreira mais crítica para o desenvolvimento e ampliação desta fonte geradora de eletricidade.

Sendo assim, percebe-se que a geração de energia fotovoltaica está inserida em um ambiente mundialmente competitivo, principalmente por apresentar-se em um setor com características específicas, o que obriga as usinas solares a desempenhar seus processos com máxima eficiência, principalmente aqueles fatores considerados como os mais relevantes para a competitividade. A partir dessa necessidade, verifica-se a inexistência de ferramentas gerenciais estruturadas que sejam capazes de auxiliar na identificação, mensuração e análise desses indicadores, de modo que a construção de uma modelagem mostre aos gestores o nível de competitividade em que se encontram a sua geração da energia a partir da fonte fotovoltaica.

1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Diante da necessidade da utilização estratégica do conhecimento como vantagem competitiva das organizações, elaborou-se o seguinte problema de pesquisa: Como medir e avaliar o nível de competitividade na geração da energia fotovoltaica?

1.2 OBJETIVOS

A fim de esclarecer a problemática levantada são apresentados a seguir o objetivo geral e os objetivos específicos.

1.2.1 Objetivo geral

Construir uma modelagem capaz de mensurar o nível de competitividade, nos âmbitos empresarial e estrutural, na geração de energia fotovoltaica.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) identificar quais são os fatores que mais interferem na competitividade na geração de energia fotovoltaica;
- b) construir a modelagem com base nos fatores identificados;
- c) testar a modelagem em sistemas solares e apresentar seus respectivos níveis de competitividade;
- d) enviar um *feedback* às organizações participantes da pesquisa apresentando-lhes suas forças e fraquezas no que diz respeito a geração da energia fotovoltaica.

1.3 JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA

O sol é a principal fonte de energia para os oceanos, a atmosfera, a Terra e a biosfera. Em média, no curso de um ano, cerca de 340 W de energia solar é irradiada sobre cada metro quadrado da Terra (NASA, 2012).

Segundo GREENPEACE/EPIA (2010), no ano de 2000 a capacidade instalada mundial encontrava-se em torno de 1.428 MWp crescendo para 22.878 MWp em 2009. Entre 2007 e 2008 o mercado global duplicou, seguido por uma queda de 40% nos preços entre 2008 e 2009 (IEA, 2010) devido à sobre oferta de módulos decorrente da crise econômica global à época. A capacidade mundial instalada de energia solar fotovoltaica superou os 100 mil MWp em 2012, quatro vezes a quantidade de painéis operantes em 2009, e a fonte fotovoltaica foi a energia renovável que mais atraiu investimentos em 2012 (BRASIL, 2014). De 2014 a 2015, aumentou em 320% o número de instalações de geração distribuída. Um crescimento expressivo durante o período em que a economia brasileira recuou mais de 3% no PIB (ABSOLAR, 2016).

Dentre as novas fontes de geração, a energia solar fotovoltaica é a que mais cresce em todo o mundo. Por ora, a capacidade instalada no Brasil não apresenta grande relevância para a matriz energética nacional. Enquanto na Alemanha e Espanha, países com menos recursos solares, apresentaram, em 2009, uma capacidade de geração instalada de 3.800 MWp e 451 MWp, respectivamente (IEA, 2009). No Brasil, onde o recurso solar muito mais favorável tem aproximadamente 0,152 MWp em capacidade instalada.

Quadro 1: Capacidade instalada de sistemas fotovoltaicos ligados a rede: Brasil, Alemanha e Espanha.

	ALEMANHA	ESPANHA	BRASIL
Capacidade Instalada (MWp)	3.800	451	0,152
Potencial (kWh/m ² .ano)	900	900	1950

Fonte: International Energy Agency, IEA (2009).

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (2012), dentre os benefícios a longo prazo para o Brasil na utilização deste tipo de energia renovável destacam-se: (i) possibilitar o desenvolvimento das regiões não cobertas pelo Sistema Interligado Nacional (SIN); (ii) complementar a oferta da energia hidrelétrica; (iii) reduzir a dependência do setor energético do mercado das fontes poluentes e (iv) diminuir as emissões de carbono na atmosfera durante a produção de energia elétrica.

As informações apresentadas evidenciam que a geração de energia elétrica a partir da tecnologia fotovoltaica demonstra grande importância no contexto nacional, bem como depõe a favor do estudo relativo à competitividade na geração de energia solar, uma vez que suas fragilidades ainda existem e as impede de competir satisfatoriamente no contexto internacional. Assim, sob a ótica empresarial, avaliar o desempenho de sistemas fotovoltaicos em operação justifica-se pela necessidade dos gestores disporem de ferramentas que lhes retornem o nível de competitividade de suas organizações, apoiando o processo de tomada de decisão.

Sob a perspectiva acadêmica, foi realizada uma bibliometria com uma busca sistemática nas principais bases de dados, portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior do Ministério de Educação e Cultura, Science Direct, Scopus, Scielo e Emerald. A metodologia utilizada para o desenvolvimento da bibliometria foi uma combinação das palavras-chave: *Photovoltaic energy x Organizational competitiveness*; *Photovoltaic energy x*

Performance indicators; Photovoltaic energy x Multi-criteria decision; Photovoltaic energy x Performance assessment. Através destas combinações, um total de 498 artigos foram encontrados e a seleção deu-se a partir da leitura e comparação das pesquisas com o objetivo desta dissertação de mestrado. Destacaram-se vinte e dois artigos com maior centralidade de grau com o assunto e publicados em periódicos com elevado fator de impacto. As principais publicações referentes ao período entre 2011 e 2016 foram elencadas no Quadro 2.

Quadro 2: Principais publicações referentes ao período entre 2011 e 2016: Bibliometria.

(continua)

TÍTULO	AUTORES/ANO	FATOR DE IMPACTO
Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain.	Sanchez et al. (2013)	6,798
Evaluation of photovoltaic cells in a multi-criteria decision making process.	García-Cascales et al. (2012)	3,045
Multi-criteria analysis of innovation policies in favour of solar mobility in France by 2030.	Popiolek, N.; Thais, F. (2016)	1,406
Multicriteria selection aiding related to photovoltaic plants on farming fields on Corsica island: A real case study using the ELECTRE outranking framework.	Haurant, P.; Oberti, P.; Muselli, M. (2011)	3,045
Whole systems appraisal of a UK Building Integrated Photovoltaic (BIPV) system: Energy, environmental, and economic evaluations.	Hammond et al. (2012)	3,045
Environmental and economic assessment of ITO-free electrodes for organic solar cells (Report).	Emmott et al. (2012)	4,732
Decision support systems for power plants impact on the living standard.	Chatzimouratidis et al. (2012)	4,801
Environmental and economic analysis of building integrated photovoltaic systems in Italian regions.	Cucchiella et al. (2013)	4,959
An integrated framework of agent-based 17orna17ng and robust optimization for microgrid energy management.	Kuznetsova et al. (2014)	5,746
Industrial Photovoltaic Systems: An Economic Analysis in Non-Subsidized Electricity Markets.	Cucchiella, F; D'Adamo, I; Rosa, P. (2015)	2,077
Perovskite photovoltaics: Life-cycle assessment of energy and environmental impacts.	Gong, J.; Darling, S.B.; You, F; (2015)	25.427
Renewable energy options for buildings: Performance evaluations of integrated photovoltaic systems.	Cucchiella et al. (2015)	2,973

Quadro 2: Principais publicações referentes ao período entre 2011 e 2016: Bibliometria. .

(continuação)

Opportunities and challenges in micro- and nano-technologies for concentrating photovoltaic cooling: A review (Report).	Micheli et al. (2013)	3,646
Life cycle assessment of high-concentration photovoltaic systems.	Fthenakis, Vasilis M.; Kim, Hyung Chul. (2013)	7,365
The effects of snowfall on solar photovoltaic performance.	Andrews et al (2013)	3,646
Environmental sustainability of wind power: An energy analysis of a Chinese wind farm.	Yang, Q et al. (2013)	6,798
Performance assessment of different solar photovoltaic technologies under similar outdoor conditions.	Sharma et al. (2013)	4,292
Multi-parameter analysis for the technical and economic assessment of photovoltaic systems in the main European Union countries.	Bortolini et al. (2013)	5,746
Life cycle assessment (LCA) of electricity generation technologies: Overview, comparability and limitations.	Turconi et al. (2013)	4,801
Unsaturated flow modeling in performance assessments for the Yucca Mountain disposal system for spent nuclear fuel and high-level radioactive waste.	Rechard et al. (2014)	2,498
A global review of energy consumption, CO2 emissions and policy in the residential sector (with an overview of the top ten CO2 emitting countries).	Payam et al. (2015)	6,798
Don't just follow the sun – A global assessment of economic performance for residential building photovoltaic.	Lang et al. (2015)	4,292

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

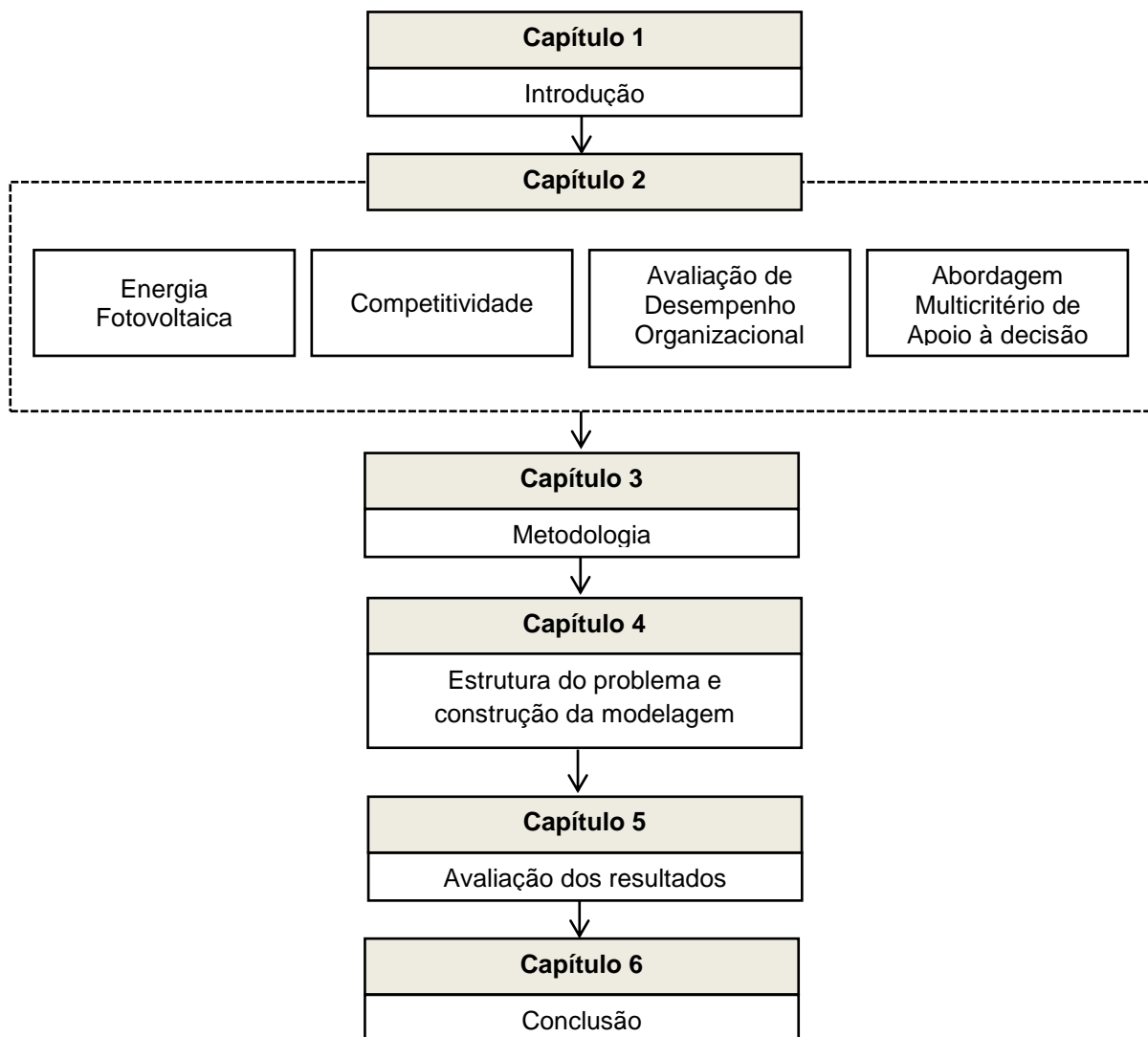
Como resultado, identificou-se que a pesquisa emerge no campo da área técnica fotovoltaica, intersectando discussões sobre análise econômico-financeira, localização de sistemas solares, estudo de componentes das células baseados em critérios de decisão, custo nivelado de energia e comparação de energia fotovoltaica com outras fontes de energias renováveis utilizando critérios de avaliação e vantagens ambientais e sustentáveis com a utilização. Percebeu-se, após a leitura dos artigos selecionados, que há uma tendência para pesquisas que utilizam métodos de avaliação baseado em critérios para tomada de decisão, sistemas de avaliação construídos através de análises econômicas, avaliação de desempenho de sistemas fotovoltaica para construção civil e avaliação do desempenho de tecnologias fotovoltaicas. Portanto, pode-se afirmar que não foram encontradas pesquisas que se aproximem da abordagem proposta neste trabalho, nem

pesquisas com o mesmo objetivo, metodologia e foco, garantindo-se assim uma contribuição relevante para a gestão da geração de energia fotovoltaica.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

A presente pesquisa está estruturada em seis capítulos, conforme a Figura 1.

Figura 1: Estrutura da Pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

O Capítulo 1 refere-se à introdução do trabalho, que contextualiza e caracteriza o problema, justifica sua relevância e apresenta o objetivo geral e os objetivos específicos. Dando sequência a estruturação, o Capítulo 2 contempla o

estado-da-arte, o qual foi utilizado como base conceitual para o desenvolvimento da dissertação e a construção da modelagem proposta. O referencial teórico contempla temas críticos e conceituais da energia fotovoltaica, seu potencial nacional, e uma base teórica de avaliação de desempenho organizacional, competitividade, competitividade da geração de energia fotovoltaica e abordagem multicritério de apoio à decisão.

O Capítulo 3 concentra-se na metodologia do trabalho, compreendendo a classificação da pesquisa, os instrumentos utilizados e a descrição dos procedimentos realizados. No Capítulo 4 apresenta-se efetivamente a estruturação e a construção da modelagem para a avaliação da competitividade na geração de energia fotovoltaica, a partir da sequência de etapas e procedimentos descritos na metodologia.

Durante a fase de avaliação dos resultados, a qual compreende o Capítulo 5, a modelagem foi aplicada em quatro sistemas solares: duas usinas solares brasileiras, uma localizada no estado de Santa Catarina, e outra, localizada no estado do Ceará; uma indústria do setor metal mecânico localizada na região serrana do Rio Grande do Sul, Brasil; e, o Centro Nacional de Energias Renováveis da União Europeia, em Navarra, Espanha. Por último, no Capítulo 6 foram formatadas as conclusões obtidas com a pesquisa associando-as aos objetivos, além de se expor as limitações do trabalho, as recomendações para estudos futuros e a apresentação dos artigos publicados através desta dissertação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

No referencial teórico foram abordados os principais conceitos para contextualizar os assuntos pesquisados e utilizados como suporte para a identificação de indicadores e construção da modelagem. Considerando o objetivo principal proposto, inicia-se a seção com a caracterização da energia fotovoltaica, evidenciando-se a tecnologia empregada, a potência nacional, os benefícios desta energia renovável e a geração da energia solar, com a finalidade de proporcionar o embasamento necessário para elucidar as peculiaridades desta fonte de energia. Após essa abordagem, fez-se um levantamento bibliográfico sobre avaliação de desempenho organizacional e competitividade, apresentando os conceitos baseados em autores renomados cientificamente, os quais foram utilizados como base fundamental para a pesquisa da temática da competitividade e desempenho organizacional.

Para a construção da modelagem, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre a abordagem multicritério de apoio à decisão, uma vez que conceitos fundamentais desta área do conhecimento são necessários para mensurar o nível de competitividade na geração de energia fotovoltaica.

2.1 ENERGIA FOTOVOLTAICA

O efeito fotovoltaico foi reportado inicialmente por Edmund Becquerel em 1839, quando observou que a ação da luz em um eletrodo de platina recoberto com prata imerso em um eletrólito produzia corrente elétrica. Quarenta anos mais tarde, os primeiros dispositivos fotovoltaicos em estado sólido foram construídos por pesquisadores que investigavam a recente descoberta da fotocondutividade do Selênio. Somente em 1954 a primeira célula solar de silício foi reportada por Chapin, Fuller e Pearson, cuja eficiência de conversão era de 6%. Em 1960 a célula fotovoltaica tornou-se mais eficiente atingindo o patamar de 14%. Com esses resultados, programas espaciais incorporaram essa tecnologia e, em 1958, foi lançado o primeiro satélite, denominado *Vanguard I*, alimentado por células fotovoltaicas de silício (GOETZBERGER, 2003; NELSON, 2003).

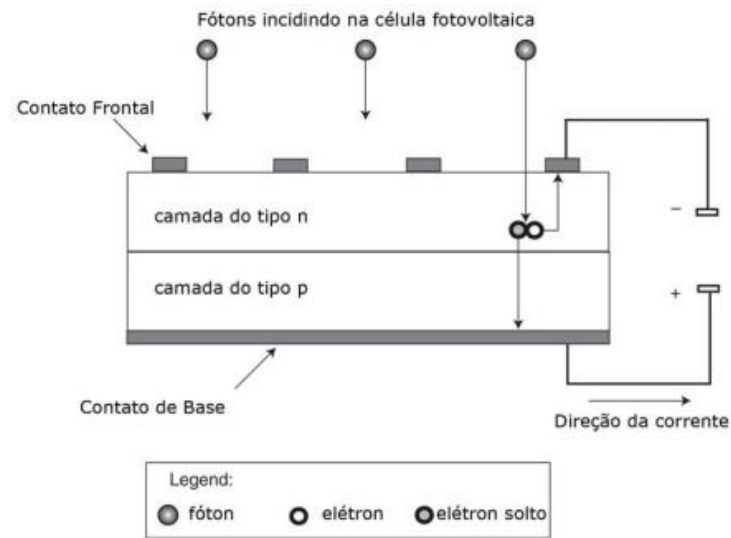
Para uma melhor compreensão das terminologias faz-se necessário introduzir a conceituação utilizada nas Normas Técnicas brasileiras aplicáveis ao uso da energia solar:

- Célula Fotovoltaica: dispositivo elementar especificamente desenvolvido para realizar a conversão direta de energia solar em energia elétrica.
- Módulo Fotovoltaico: unidade básica formada por um conjunto de células solares interligadas eletricamente e encapsuladas, com o objetivo de gerar energia elétrica.
- Painel Fotovoltaico: um ou mais módulos fotovoltaicos interligados eletricamente, montados de modo a formar uma única estrutura (ABNT NBR 10899, 2013).

A energia solar utilizada para produção de energia elétrica é diretamente convertida por meio dos fótons presentes na radiação solar incidentes sobre determinados materiais, particularmente os semicondutores (RONCAGLIO; JANKE, 2012).

Tecnicamente, a geração fotovoltaica faz uso de elementos semicondutores fotossensíveis que convertem a radiação solar em uma diferença de potencial nos terminais. A estrutura de uma célula fotovoltaica de silício é composta por duas camadas de silício, uma do tipo N, e outra do tipo P, quando a radiação solar é absorvida pela união dos cristais do tipo N e P (junção PN), os fótons com energia igual ou superior ao material semiconductor utilizado podem ser absorvidos e passam a produzir elétrons livres ou pares elétron-buraco, atuando como portador de carga. A energia dos fótons é transferida para o material, resultando na criação de um campo elétrico, originando uma diferença de potencial, caso haja uma carga ligada. Se um condutor conecta ambas as faces da célula, quando a mesma é iluminada circulará uma corrente, cuja intensidade é proporcional à irradiação que incide sobre a célula (LUQUE, 2003). A seção transversal de uma célula fotovoltaica é ilustrada na Figura 2.

Figura 2: Seção transversal de uma célula fotovoltaica.



Fonte: Vanek, Albright (2008).

Os fatores que mais influenciam a eficiência da conversão são a temperatura ambiente de operação, a latitude, limpeza do painel e a intensidade da irradiância incidente sobre a célula, sendo este último fator, influenciado tanto pela nebulosidade local quanto pelo ângulo de inclinação da célula em relação ao sol (EPE, 2012).

As tecnologias fotovoltaicas podem ser classificadas como de primeira geração, segunda geração e terceira geração. Entre os diversos materiais utilizados para a fabricação das células, destacam-se as células que empregam a tecnologia de silício cristalino (c-Si), considerados de primeira geração, os quais podem ser de dois tipos: silício monocristalino (mc-Si) e o silício policristalino (pc-Si). Dentre os outros tipos de tecnologia fotovoltaica pode-se citar os chamados filmes finos, como o silício amorfo (a-Si), segunda geração e o arseneto de gálio (GaAs) e os compostos policristalinos, como o telureto de cádmio (CdTe) e o disseleneto de cobre e índio (CuInSe₂), considerados de terceira geração (GHENSEV, 2006).

Os sistemas fotovoltaicos que aproveitam a energia solar que ingressa na Terra podem ser classificados em três categorias: isolados, conectados à rede elétrica e sistema híbrido. Esta classificação refere-se a como o sistema solar se conecta com rede elétrica (JUCÁ; CARVALHO, 2013). Geradores fotovoltaicos isolados podem ser utilizados para a alimentação de cargas isoladas, são utilizados junto com um banco de baterias recarregáveis que armazena a energia para os

horários em que não há radiação solar (EPE, 2012). Para Rütther et al. (2011) este tipo de sistema é composto de painéis fotovoltaicos, controlador de carga, baterias e inversor. Sistemas fotovoltaicos interligados à rede elétrica representam uma fonte complementar ao sistema elétrico de grande porte ao qual estão conectados. Neste caso, todo o arranjo é conectado em inversores e estes fazem a interface com a rede elétrica (EPE, 2012). Os Sistemas Híbridos consistem na associação de sistemas fotovoltaicos com outra fonte geradora de energia: eólica, hídrica ou gerador a diesel (RUTHER, 2011).

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede podem ser classificados como de grande ou de pequeno porte. As grandes centrais fotovoltaicas são consideradas usinas solares e os sistemas de pequeno porte formam a chamada geração distribuída e são constituídos de painéis instalados nas edificações residenciais e comerciais. Este sistema tem como principal vantagem a diminuição das perdas, por ser produzida próximo aos consumidores, não ocupa grandes espaços livres, diminui os investimentos em linhas de transmissão e melhora a qualidade da energia distribuída (CÂMARA, 2011).

Deve-se levar em conta a viabilidade econômica da fonte solar sob as vertentes da geração centralizada e a da geração distribuída. De acordo com Silva (2015), na primeira, a usina solar tem maior escala e está conectada, em geral, a uma linha de transmissão que leva a energia elétrica até a rede da distribuidora e, assim, alcança o consumidor. Já na segunda vertente, a usina está conectada diretamente à rede da distribuidora, onde se dá o consumo; é o caso da microgeração e da minigeração distribuídas.

Tendo em vista os conceitos de energia fotovoltaica apresentados e o cenário atual, o Ministério de Minas e Energia lançou, em 2015, o Programa de Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD). O objetivo é de estimular a geração de energia pelos próprios consumidores (residencial, comercial, industrial e rural) com base em fontes renováveis, em especial a fotovoltaica, evidenciando, assim, o potencial nacional desta tecnologia para geração de energia.

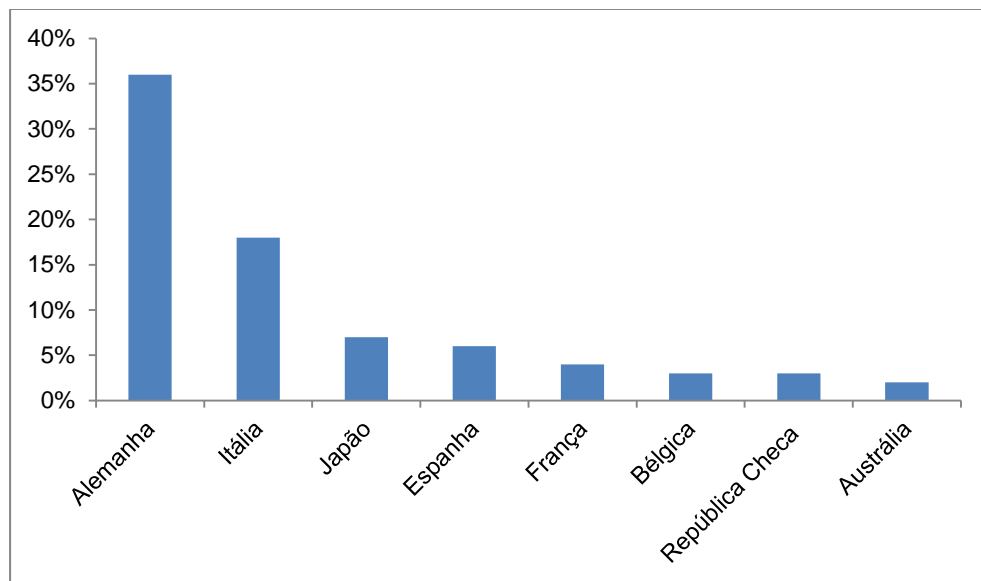
2.1.1 Potencial nacional de energia solar

A tecnologia fotovoltaica tem apresentado um potencial para tornar-se uma das fontes de eletricidade predominantes no mundo, com um crescimento contínuo

mesmo em tempo de crise financeira e econômica. De acordo com estudos do potencial de energia solar, o cenário apresenta um crescimento acelerado nos próximos anos, respaldado pela conscientização das vantagens da energia fotovoltaica (EPIA, 2012).

Entre as principais pesquisas de avaliação do potencial da energia solar no Brasil estão o Atlas de Irradiação Solar no Brasil (1998), Atlas Solarimétrico do Brasil (2000) e Atlas Brasileiro de Energia Solar (2006), e todos estimam que o Brasil possua um alto valor mínimo e máximo de radiação solar incidente abrangendo valores entre 4,2 kWh/m² a 6,3 kWh/m². Avaliando esses dados, Jannuzzi (2009) salienta que o Brasil apresenta um potencial por área maior do que duas vezes o potencial da Alemanha, país líder em capacidade instalada de sistemas fotovoltaicos como mostra a Figura 3.

Figura 3: Capacidade instalada de energia fotovoltaica no mundo.



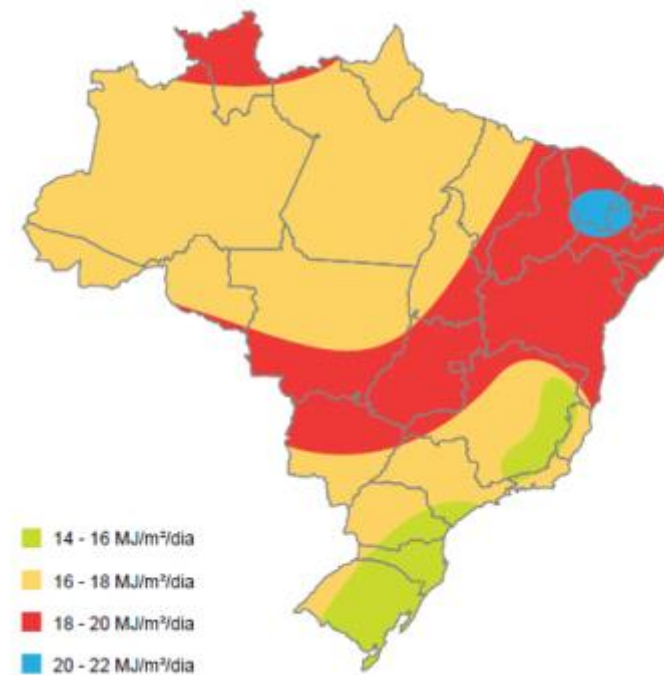
Fonte: EPIA, 2012.

A Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (2012) destaca que a concentração de irradiação média diária na Alemanha chega ao valor máximo de 3,4 kWh/m², podendo-se afirmar que a irradiação solar dos melhores parques alemães chega a ser inferior à dos piores locais de irradiação no Brasil. Segundo dados do Ministério de Minas e Energia do Brasil (2012), o país possui um elevado

potencial para o aproveitamento da energia solar durante o ano todo, com uma radiação solar global média anual que varia entre 1200 kWh/m² e 2400 kWh/m².

O território brasileiro tem nas suas características físicas sua principal vantagem competitiva quando comparado a outros países. Segundo a pesquisa feita pelo Ministério de Minas e Energia brasileiro, conforme a Figura 4.

Figura 4: Mapa da radiação solar global brasileira.



Fonte: EPE, 2012.

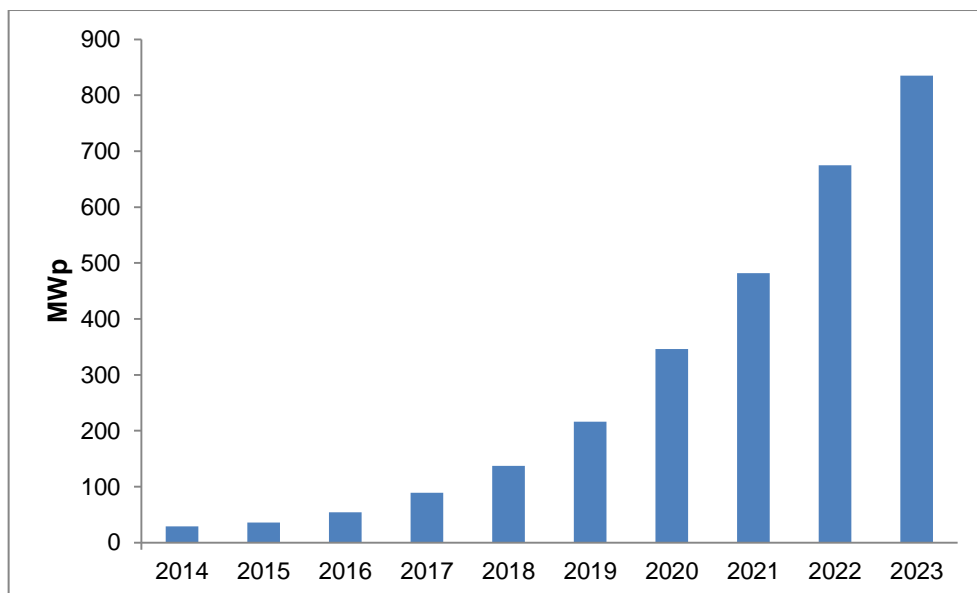
A região Nordeste apresenta os maiores valores de irradiação solar global, com a maior média e a menor variabilidade anual entre as regiões geográficas. Os valores máximos de irradiação solar no país são observados na região central do estado da Bahia (6,5 kWh/m²/dia), incluindo parcialmente o noroeste de Minas Gerais. Há, durante todo o ano, condições climáticas que conferem um regime estável de baixa nebulosidade e alta incidência de irradiação solar para essa região semiárida. A região Sul é a que mostra os menores valores de irradiação global média no Brasil, notadamente na costa norte do estado de Santa Catarina (4,25 kWh/m²/dia), litoral do Paraná e litoral sul de São Paulo. Além disso, apresenta também a maior variabilidade média anual. As características de clima temperado e a influência de massas de ar polares contribuem para o aumento da nebulosidade

nessa região, principalmente durante os meses de inverno. De uma forma geral, a irradiação global é relativamente bem distribuída pelas regiões do país. Mas, analisando todo o litoral leste, do Rio Grande do Sul ao recôncavo baiano, encontra-se a área mais densamente povoada e com o menor índice de irradiação verificado no país.

Apesar destas condições climáticas favoráveis e de o país ter uma das maiores reservas de silício do mundo, principal semicondutor utilizado para a fabricação de células solares, o Brasil ainda não possui tecnologia para o beneficiamento do silício com alta pureza para grau solar e o uso de energia solar ainda não foi considerado no Plano Nacional de Energia 2030.

Com o número de consumidores e as respectivas potências, foi calculada a projeção da capacidade instalada até o horizonte de 2023. Foram ainda adicionados projetos que constam no P&D (nº 013/2011) da Aneel, criado para incentivar a inserção da energia solar na matriz energética brasileira (EPE, 2014). O resultado está apresentado na Figura 5, chegando a valores da ordem de 835 MWp ao final do período.

Figura 5: Evolução de capacidade instalada acumulada de geradores fotovoltaicos distribuídos no Brasil.



Fonte: EPE, 2014.

Este crescimento tem a tendência de ser mais expressivo através da adoção de incentivos para a instalação de sistemas fotovoltaicos e redução das barreiras de

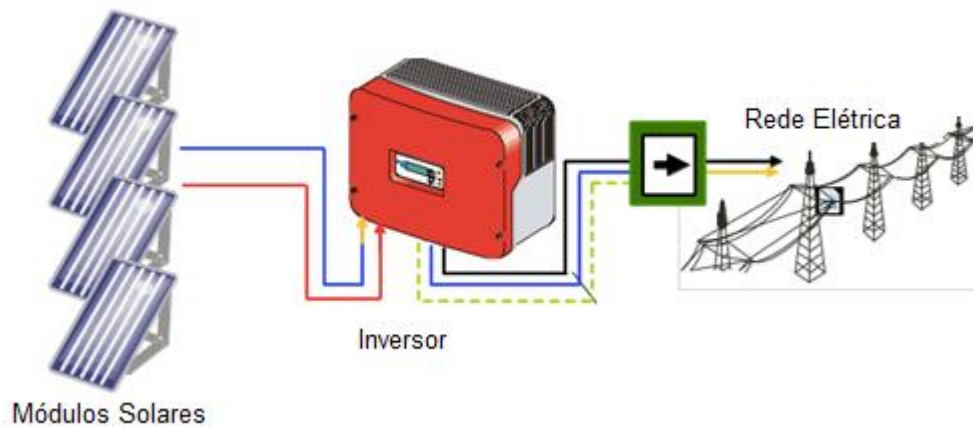
acesso aos sistemas de distribuição, com a finalidade de diversificar a matriz elétrica brasileira. Em vista disso, a ANEEL vem efetuando ações e realizando eventos que propiciem receber contribuições dos diversos agentes, incluindo representantes das distribuidoras, geradoras, universidades, fabricantes, consumidores, comercializadores, empresas de engenharia e demais interessados no avanço da energia solar brasileira e instalação de novos sistemas fotovoltaicos.

2.1.2 Sistemas fotovoltaicos instalados

Os Sistemas Fotovoltaicos conectados à rede elétrica (SFCR) são sistemas ligados à rede de distribuição de energia convencional, podendo ser sistemas geradores descentralizados de pequeno porte (geração residencial e comercial em edificações urbanas) ou plantas de geração centralizada de grande porte (Usinas Fotovoltaicas). Nestes casos, a energia gerada pode ser injetada na rede, e ela, pode ser vista como o elemento armazenador, uma vez que a energia gerada é colocada em paralelo com a energia da rede. Este sistema apresenta algumas vantagens importantes: produtividade elevada na qual toda a energia gerada pelos módulos é utilizada e não há a necessidade de um banco de baterias (URBANETZ JUNIOR, 2013).

Segundo Rüter (2011), é possível classificar os sistemas fotovoltaicos conectados à rede de acordo com o tipo de instalação: integrados às edificações ou centralizados. Os sistemas integrados utilizam a estrutura de prédios e residências para sua fixação, normalmente em meios urbanos, esses sistemas são denominados geradores distribuídos. Os sistemas centralizados constituem usinas solares convencionais, geralmente mais afastados dos centros urbanos. A Figura 6 apresenta um esquema com as ligações do inversor em um sistema fotovoltaico conectado à rede.

Figura 6: Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede por meio de um inversor.



Fonte: Adaptado de Greentech (2016).

Uma grande central fotovoltaica fornece potência à rede elétrica por meio de um ou mais inversores e transformadores. Esses sistemas utilizam inversores comutados pela rede para evitar a operação isolada, e, em geral, são equipamentos com seguidor de ponto de máxima potência (SPMP) (CÂMARA, 2011).

Os Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCR) apresentam um novo conceito de geração de energia limpa, com crescimento mundial superando os Sistemas Fotovoltaicos Isolados (SFI). A potência total gerada de SFCRs instalados passou dos 3,5 GWp em 2005, para 7,5 GWp em 2007, e em 13 GWp em 2008 (REN21, 2009). Conforme o Renewable Energy Policy Network (2009), em 2009 o crescimento foi 46% superior ao de 2008, atingindo 19 GWp (EPIA, 2010). Em 2014, o mundo contava com uma potência instalada solar de 180 GW, a geração total foi de 186 TWh, resultando num fator de capacidade médio de 13,2% (BRASIL, 2014). Como consequência, as células fotovoltaicas têm registrado uma considerável queda de preço, aproximadamente 20% a cada duplicação da capacidade instalada. Assim, nos próximos dez anos, as células devem se tornar competitivas em relação aos preços médios de tarifas elétricas praticadas atualmente (GREENPEACE, 2013).

No caso da conversão fotovoltaica da luz solar, esta pode ser aplicada em pequenos sistemas autônomos, em geral geração distribuída, e em grandes centrais que empregam energia solar de modo centralizado. No que se referem a instalações industriais, estas podem produzir desde centenas de quilowatts até alguns megawatts. Os painéis solares para sistemas industriais podem ser montados no

chão ou no teto de fábricas, armazéns, terminais de aeroportos ou estações rodoviárias, usando o espaço urbano e injetando eletricidade na rede para compensar o consumo intensivo de energia (GREENPEACE, 2013).

Em 2014 houve a primeira contratação de energia solar de geração pública centralizada, de 890 MW, ao preço médio de R\$ 215,50 (US\$ 88,20, pelo câmbio do dia do leilão). Em 2015, mais dois leilões foram realizados, totalizando 2.653 MW contratados, com início de suprimento em 2017 e 2018. Os leilões foram realizados na modalidade de “energia de reserva”, com o objetivo de promover o uso e o desenvolvimento da indústria solar no Brasil (BRASIL, 2014).

Neste contexto, o investimento na implantação de grandes usinas fotovoltaicas é uma tendência crescente e uma grande aliada para o aumento da competitividade e desenvolvimento regional, social e ambiental no Brasil, assim como já vem acontecendo em outros países.

2.2 COMPETITIVIDADE

Nas últimas décadas, a competitividade ganhou visibilidade no contexto científico e empresarial, em função de países e empresas focarem seus esforços na busca pelo melhor desempenho possível. Para garantir a sobrevivência das empresas tornou-se cada vez mais necessário que as atividades desempenhadas criem valor não apenas dentro das fronteiras da organização, mas também visando o ambiente estrutural e sistêmico a qual se está inserida, uma vez que a competitividade ultrapassa os processos internos e manifesta-se também no ambiente externo (PETER, 2005; VASCONCELLOS, 2009).

Considerando a diversidade de conceitos de competitividade em razão de suas abordagens e ênfases, Schultz e Waquil (2011) admitem existirem várias definições, conforme o Quadro 3.

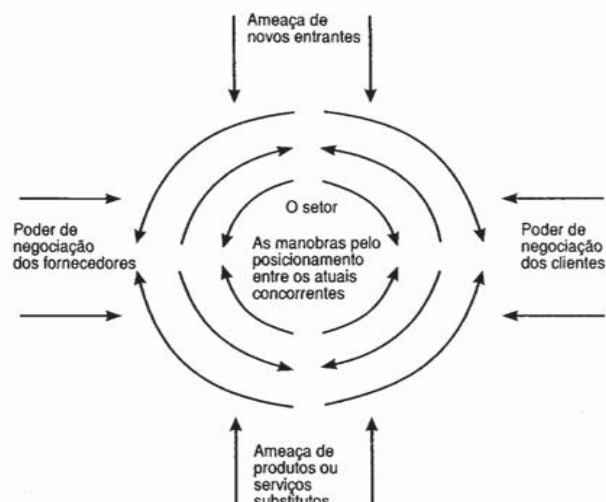
Quadro 3: Definição de Competitividade.

DEFINIÇÕES DE COMPETITIVIDADE	AUTORES
“[...] capacidade da indústria (empresa) produzir mercadorias com padrões de qualidade específicos, requeridos por mercados determinados, utilizando recursos em níveis iguais ou inferiores aos que prevalecem em indústrias semelhantes no resto do mundo, durante certo período de tempo”.	HAGUENAUER (1989)
“[...] adequação das estratégias das empresas individuais ao padrão de concorrência vigente no mercado específico”.	KUPFER (1993)
“[...] conjunto de habilidades e de condições requeridas para o exercício da concorrência”.	MÜLLER (1994)
“[...] capacidade da empresa de formular e implementar estratégias concorrenciais, que lhe permitam conservar de forma duradoura, uma posição sustentável no mercado”.	COUTINHO; FERRAZ (1995)
“[...] um atributo resultante de processo contínuo de adoção de inovações nas esferas tecnológicas, institucionais, dotando determinado ramo da atividade econômica de poder de concorrência nos mercados externos e interno [...]”.	PEROSA; BAIARDI (1999)
“Capacidade sustentável de sobreviver e, de preferência, crescer nos mercados concorrentes ou novos mercados”.	JANK; NASSAR (2000)

Fonte: Schultz e Waquil, 2011

Partindo de uma visão voltada à gestão empresarial, Michael Porter (2009) apresenta a competitividade como um vetor resultante da ação de cinco forças distintas, cada qual podendo ser intensa ou benéfica para o setor avaliado, onde a plena identificação das mesmas auxiliará na formulação de estratégias vencedoras. Este modelo de análise explica os fatores que influenciam o mercado a partir da perspectiva do plano central da rivalidade entre os atuais concorrentes sujeitos às pressões das outras quatro forças, e, tem como principal objetivo entender o ambiente competitivo e identificar ações e estratégias futuras para obter a vantagem no mercado, como pode ser visualizado na Figura 7.

Figura 7: As cinco forças que moldam a competição no setor.



Fonte: Porter, 2009.

Os novos entrantes são uma ameaça, de acordo com Porter (2009), em função do desejo de ganharem o mercado, de modo que resultam em uma pressão nos preços, no custo, e no grau de investimento necessário para competir. Em relação ao poder de negociação dos fornecedores, estes estarão com o poder quando estiverem mais concentrados do que a indústria compradora ou quando não dependem excessivamente destas. Por outro lado, os clientes possuirão força quando os produtos do setor forem padronizados ou pouco diferenciados, de modo que o custo de substituição por outros fornecedores não seja um impeditivo (PORTER, 2009; SOLIMAN, 2014).

A rivalidade entre os concorrentes, no entanto, geralmente é a manifestação mais notória da competitividade. A intensidade desta tende a acirrar-se quando houver um excesso de empresas equivalentes em termos de tamanho e poder, os produtos ou serviços forem pouco diferenciados, e a escala for um fator determinante para a eficiência produtiva (PORTER, 2009). Na presença desses fatores, a lucratividade do setor tende a ser comprometida, uma vez que inevitavelmente a estratégia será direcionada para preços (HILL; JONES, 2012).

De acordo com Di Serio e Vasconcellos (2009), a competitividade e a produtividade são conceitos intimamente relacionados, e conseqüentemente, a capacidade das empresas executarem seus processos de maneira eficiente é fundamental para a criação de valor, elevação da margem de lucro e obtenção de vantagem competitiva perante a concorrência e o aumento da produtividade (SOLIMAN, 2014; DICKEL, 2015).

Apesar da importância que a produtividade tem para o contexto da competitividade, esse é um atributo interno à organização, enquanto a competitividade manifesta-se também externamente, através de fatores com diferentes níveis de controle (CERTO; PETER, 2005). A partir deste ponto de vista, surge a necessidade da realização de uma análise externa em que as organizações estão inseridas (FLEISHER; BENSOUSSAN, 2007; PORTER, 2009). Nessa direção, Coutinho e Ferraz (2002) apresentam alguns dos fatores que são determinantes para a competitividade aos níveis: interno, estrutural e sistêmico, como apresentado na Figura 8.

Figura 8: Fatores determinantes da competitividade.



Fonte: Coutinho e Ferraz, 2002.

Os fatores considerados internos à organização são os únicos cujo domínio encontra-se exclusivamente em poder das empresas, pois os processos de estratégia, gestão, inovação, produção, e captação de recursos humanos são rotinas que devem ser desempenhadas com máxima eficácia e eficiência, evitando-se a subutilização de recursos, desperdícios, defasagem tecnológica, e baixa qualificação do capital humano, para assim defender uma posição competitiva (SOLIMAN, 2014). Isso proporciona à empresa o conhecimento de suas vantagens e desvantagens competitivas, de modo que possibilite a identificação de elementos que permitam potencializar a sua inserção na análise estrutural e sistêmica.

Quanto aos fatores estruturais, esses correspondem às condições que dominam o setor em que a empresa atua, tais como as exigências do mercado consumidor, padrões de concorrência, grau de integração vertical, escalas de produção, domínio da tecnologia e políticas fiscais específicas, onde sobre estes as empresas possuem pouco ou nenhum controle, podendo apenas posicionar-se estrategicamente (DI SERIO; VASCONCELLOS, 2009).

A partir de uma visão mais ampla, apontam-se alguns dos fatores sistêmicos que influenciam na competitividade do setor, tais como regulamentações da macroeconomia, flutuações cambiais, taxas de juros, condições de infraestrutura, políticas fiscais, legislação, licenciamento ambiental e ações governamentais, onde nestes o controle por parte das empresas pode ser considerado inexistente, cabendo novamente apenas o monitoramento e um posicionamento estratégico (COUTINHO; FERRAZ, 2002; DI SERIO; VASCONCELLOS, 2009).

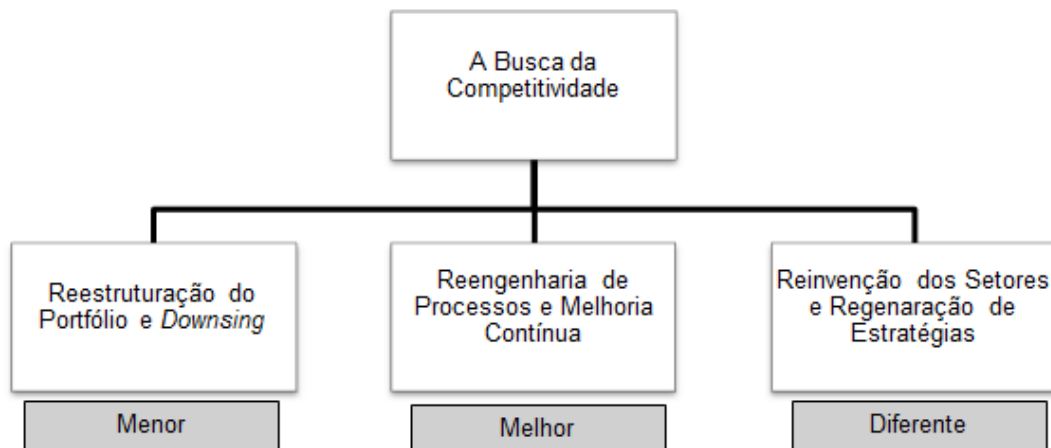
Fatores internos e externos à empresa condicionam as estratégias empresariais, que, por sua vez, definem as políticas de investimento, formas de financiamento, gestão da produção e canais de comercialização e marketing. Porter

(2009) definiu estratégia como uma configuração de atividades internamente coerente que distinguem uma empresa das rivais. Segundo ele, esta análise parte do princípio de que as empresas geralmente possuem uma estratégia, seja ela planejada ou não. Entretanto, muitas vezes o plano apresenta falhas, pois o desempenho de uma empresa no mercado é dado por diversos fatores como os políticos, econômicos, sociais, tecnológicos, setoriais e inúmeros fatores internos. É o estudo detalhado da empresa, do ambiente a que ela pertence e das interfaces existentes entre a empresa e o ambiente, que fornecerá subsídios para o desenvolvimento de uma estratégia exitosa (PRETTO, 2012).

Todavia, não há estratégia competitiva que possa garantir sucesso à empresa, pois cada ação correrá riscos equivalentes ao momento vivido nos ambientes interno e externo. Além disso, Porter (2009) salientou que para que a organização atinja o sucesso, cada unidade do negócio deve atender a estratégias competitivas genéricas, que vislumbrem os objetivos de toda a organização.

A vantagem competitiva trazida por Hamel e Prahalad (2005) trata a questão da busca da competitividade sob a ação conjunta de três frentes, conforme demonstrado na Figura 9.

Figura 9: Busca da competitividade sob a ação conjunta de três frentes.



Fonte: Hamel e Prahalad, 2005.

A partir deste modelo, a vantagem competitiva deriva de esforços no sentido de enxugar os processos produtivos, redesenhar a produção e a inovação. Desta forma, as empresas focalizam seus recursos sobre os produtos e processos que mais acionam valor para os clientes, aumentam a lucratividade através da reengenharia de processos para oferecer confiabilidade e qualidade e influenciam o

setor através da disponibilização de produtos ou processos diferenciados (HAMEL; PRAHALAD, 2005).

A abordagem de Hill e Jones (2012), por sua vez, propõe o diagnóstico da competitividade sob quatro aspectos: eficiência; qualidade; inovação; e velocidade. A eficiência refere-se à capacidade de transformar insumos em produtos utilizando o mínimo necessário de recursos e ao mesmo tempo promovendo um nível de qualidade satisfatório, o que atende ao segundo pressuposto. Por meio da inovação e da velocidade, as organizações competitivas ditam novas tendências mercadológicas, ao mesmo tempo em que possuem agilidade para cumprir prazos e antecipar necessidades (HILL; JONES, 2012).

A análise da competitividade sugerida por Thompson e Strickland (2003) apresenta uma compilação realizada a partir de vastas pesquisas bibliográficas referentes a esta temática, organizada em um roteiro de diagnóstico contendo os sete principais pontos de verificação que abrangem todos os níveis em que a competitividade se manifesta (SOLIMAN, 2014). Para cada um destes pontos, os autores propõem questionamentos para auxiliar a correta contribuição de cada fator, como mostrado no Quadro 4.

Quadro 4: Perfil para análise da competitividade industrial.

1	Características econômicas dominantes do ambiente industrial.	Quais são as características econômicas dominantes da indústria?
2	Análise competitiva.	Como a competitividade se manifesta e qual a intensidade de cada uma das cinco forças competitivas?
3	Forças direcionadoras.	O que está causando modificações no ambiente competitivo interno e estrutural?
4	Posição competitiva das principais companhias/grupos estratégicos.	Quais companhias ocupam as posições competitivas mais fortes? E quais ocupam as mais fracas?
5	Análise dos competidores.	Quais são os próximos movimentos estratégicos que os concorrentes provavelmente farão?
6	Fatores chave de sucesso.	Quais são os fatores críticos para o sucesso competitivo?
7	Prospecção da indústria e atratividade.	A indústria é atrativa? Quais são as prospecções de rentabilidade?

Fonte: Baseado em Thompson e Strickland, 2003.

O modelo apresentado, embora seja uma ferramenta prática e concisa, não deve ser utilizado de forma mecanizada, cabendo ao analista ter a sensibilidade de interpretar a realidade observada para uma correta identificação das tendências que realmente impactam no setor. Além do mais, o cenário é dinâmico, e deve-se ter em mente que a análise é um corte estático no tempo, portanto mais do que analisar é preciso dispor de ferramentas gerenciais que permitam controlar e monitorar o desempenho destes fatores (THOMPSON; STRICKLAND, 2003).

Para Siluk (2007), diagnosticar a competitividade consiste em identificar a situação da empresa no espaço de tempo a ser avaliado e no que se refere ao desempenho recente quanto à postura estratégica, à gestão corporativa, à cultura da organização, ao marketing, às finanças, à pesquisa e desenvolvimento, às operações e logística, recursos humanos, sistemas de informação, fatores internos gerais, oportunidades e ameaças, avaliação e controle.

A partir das abordagens dos diferentes autores citados, percebe-se que a competitividade envolve a busca por estratégias que proporcionem algum tipo de vantagem sobre a concorrência. No entanto, quando este objetivo é atingido, inicia-se um processo de readequação do setor, de tal maneira que a vantagem conquistada se transformará ao longo do tempo em um critério apenas qualificador, sendo este processo acelerado quando as barreiras à entrada no setor forem facilitadas (PORTER, 2009; CHRISTENSEN; RAYNOR, 2013). Desta forma, a competitividade é um conceito dinâmico, o que implica na necessidade latente das empresas renovarem-se constantemente por meio de inovações e atualizações que, por um lado, adicionem valor aos processos ou produtos, e por outro instalem barreiras que limitem o acesso da concorrência às novas tecnologias. (PORTER, 2009; TIDD et al., 2008).

Sendo assim, este referencial teórico apresentou alguns conceitos gerais relacionados à competitividade organizacional, com a finalidade de servir como base para a elaboração da modelagem proposta. Entretanto, para pleno cumprimento dos objetivos, mostrou-se necessário uma busca por publicações em bases científicas e documentais que auxiliem a aplicação desses conceitos genéricos para a realidade de gestão de sistemas solares instalados.

2.2.1 Competitividade na geração fotovoltaica

Além da alta incidência de irradiação solar no Brasil, a trajetória de aumento de eficiência e queda do custo dos módulos fotovoltaicos a nível mundial tem revelado promissora à exploração da energia fotovoltaica no país. Até recentemente a geração fotovoltaica conectada à rede elétrica de distribuição não possuía adequado respaldo regulatório. O modelo de contratação de energia pelas concessionárias distribuidoras, com referência no Decreto nº 5.163/2004, determinava que a aquisição de energia elétrica proveniente de empreendimentos de geração distribuída fosse precedida de chamada pública promovida diretamente pelo agente de distribuição (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, 2012).

No que diz respeito ao custo de investimento em sistemas fotovoltaicos, este pode ser dividido em três itens principais: os painéis fotovoltaicos, o inversor de linha e o *“Balance of the System (BoS)”*, que engloba as estruturas mecânicas de sustentação, equipamentos elétricos auxiliares, cabos e conexões e a engenharia necessária para a adequação dos componentes do sistema, assim como custos gerais de instalação e montagem (EPE, 2012).

Enquanto o preço do inversor e do BoS tem se mantido relativamente estáveis, os painéis solares vêm apresentando constante redução nos preços, alcançando em julho de 2011, o valor de €1,2/Wp na Europa (EPIA, 2011). Devido ao declínio do preço dos painéis, o preço do conjunto da geração fotovoltaica vem em redução acentuada. Em 2011, os painéis solares correspondiam em torno de 60% do custo total dos sistemas fotovoltaicos, o inversor cerca de 10% e o restante atribuído ao BoS. Hoje, em 2016, de acordo com a Indústria Solar mundial e informações disponibilizadas pelo mercado fotovoltaico brasileiro, os painéis respondem por apenas 35-40% do total, enquanto o BoS responde por 40% e o restante é atribuído ao custo do inversor. Para efeito da análise da competitividade da geração solar fotovoltaica é importante destacar que o preço dos sistemas depende fortemente da potência de instalação.

Para internalização dos custos no Brasil, deve ser considerada a incidência de impostos (imposto de importação, IPI, ICMS, PIS, COFINS), os quais nem sempre ocorrem de forma homogênea sobre todas as parcelas. Para definição e estimativa dos investimentos necessários, são tomados como base os preços

internacionais dos equipamentos (módulos e inversores), são adicionados custos com frete, seguro, taxas, tributos e importação, de onde se obtém o preço nacionalizado para os equipamentos. Adicionalmente, se consideram custos de cabos, materiais extras, projeto e instalação, resultando no preço por Watt-pico (Wp) instalado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, 2015).

A partir de informações do Grupo Setorial Fotovoltaico da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica constata-se que esse sobre custo estaria entre 30 e 35%, percentual que incide sobre os valores de referência internacionais. De fato, para a instalação de 100 kWp, o custo de investimento seria de R\$6,31/Wp, desconsiderados impostos, elevando-se para R\$8,36/kWp ao ser considerada a carga tributária, o que significa algo como 32,5% de elevação. Descontados, os impostos nos locais de origem, tem-se que, em termos líquidos, a internalização no Brasil dos custos de investimento em sistema de geração fotovoltaica importaria na elevação de aproximadamente 25% dos valores atribuídos como referência internacional (EPE, 2012).

Em termos técnicos, a produtividade da energia solar depende diretamente do índice de irradiação solar, o que significa que é diferente para as diversas regiões do Brasil, além dos fatores que afetam a eficiência da conversão como: temperatura ambiente de operação e intensidade da irradiação solar conforme o ângulo de inclinação da célula em relação ao sol (EPE, 2013).

Além disso, a visão voltada à gestão da energia fotovoltaica no processo produtivo influencia diretamente na competitividade. É necessário que o sistema solar instalado opere na sua máxima eficiência e para isso é importante que haja uma postura estratégica envolvendo gestores responsáveis pelo monitoramento da tecnologia instalada apontando as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças deste setor.

2.3 SISTEMAS DE MENSURAÇÃO DE DESEMPENHO ORGANIZACIONAL

“Um sistema de medição de desempenho é um sistema que monitora o desempenho de uma organização (ou parte dela), suporta a comunicação interna e externa de resultados, ajuda gestores pelo apoio em decisões táticas e estratégias, facilitando a aprendizagem organizacional” (WETTSTEIN e KÜNG, 2002).

A avaliação de desempenho é um processo inerente à natureza humana, que envolve a interação entre os diversos membros de uma organização, no qual estão predispostos a analisar o contexto de acordo com as suas percepções a cerca dos objetivos a serem mensurados (KAPLAN, NORTON, 2008; PARMENTER, 2010). Além disso, é considerada como um dos principais elementos da gestão estratégica, sendo capaz de identificar a distância existente entre a situação atual de uma organização e o nível considerado como de excelência, através da proposição de metas alinhadas com o planejamento estratégico e o uso de indicadores (KAPLAN, 2008 et al).

Há uma tentativa de reunir a extensa literatura a respeito da conceituação de um Sistema de Mensuração de Desempenho feita por Franco-Santos et al (2007), os quais analisaram mais de 200 publicações que tratavam do tema. Em sua análise, os autores concluíram que não houve um consenso sobre o significado claro do termo. Para resolver essa questão, os autores sugerem que as pesquisas busquem explicitar aquilo que está sendo estudado com base nas sustentações conceituais expostas no Quadro 5.

Quadro 5: Definições de Sistemas de Mensuração e Avaliação de Desempenho (SMDA).

DEFINIÇÕES DE SMAD	REFERÊNCIAS
Conjunto de métricas usadas para quantificar tanto a eficiência e efetividade das ações.	Neely et al. (1995)
Ferramenta que uma empresa utiliza para monitorar suas relações contratuais com stakeholders.	Atkinson, Waterhouse e Wells (1997)
Análise da organização de forma global, de maneira a integrar todas as perspectivas relevantes da organização.	Sinclair & Zairi (2000)
Sistema de informações que os administradores usam para rastrear a implementação da estratégia do negócio, comparando-se os resultados reais aos objetivos e metas estratégicas.	Simons (2000)
Conjunto de processos que uma organização usa para gerenciar a implementação de sua estratégia, comunicar sua posição e progresso e influenciar o comportamento e as ações de seus empregados. Isso exige a identificação dos objetivos estratégicos, medidas de desempenho multidimensionais, alvos e o desenvolvimento de uma infraestrutura de suporte.	Franco-Santos et al. (2004)

Fonte: Baseado em Franco-Santos et al (2004).

A proposta do uso de indicadores baseia-se no fato de que fatores tangíveis e intangíveis sempre podem ser mensurados, contanto que se utilizem métricas bem definidas, rotinas que operacionalizem a coleta de dados e escalas de medição

padronizadas, traduzindo-se assim dados dispersos em informações úteis para o gerenciamento de unidades produtivas (OLSON; SLATER, 2002; HUBBARD, 2009).

A elaboração de indicadores e metas deve levar em consideração as principais atividades relativas ao setor, visto o objetivo de aumentar o lucro nas atividades realizadas, de modo a representar o montante de estratégias elaboradas previamente e a capacidade de colocar os planos definidos para curto e longo prazo em ação, de forma eficiente e dinâmica com as flutuações inerentes à dinâmica do negócio (FOLAN, BROWNE, 2005; MARCHAND, RAYMOND, 2008). A avaliação deve estar em sinergia com as estratégias das organizações envolvidas, de maneira a indicar se os objetivos propostos inicialmente estão relacionados corretamente com os resultados ao final do período em questão (BARTZ et al., 2011).

A disposição dos indicadores em ferramentas contribui para a competitividade empresarial, ao promover mecanismos que retornem aos gestores informações sobre seus processos. Entretanto, o uso deliberado de indicadores com a intenção de mensurar todas as variáveis possíveis no ambiente empresarial não é tido como uma situação favorável, pois primeiramente devem-se analisar quais são os fatores que realmente podem ser considerados como mais relevantes para o sucesso da estratégia adotada, e só então, proceder-se com a escolha do conjunto de indicadores que irá compor o sistema de mensuração (SAMSONOWA, 2012; PARMENTER, 2012).

Notadamente, os proprietários buscam o máximo retorno sobre o investimento, os empregados visam a máxima remuneração, os clientes anseiam por produtos de elevada qualidade ao menor preço, visualizando-se assim como o objetivo principal é muitas vezes conflitante entre estes grupos. Dessa maneira, é importante se ter delineado a quem se destina o sistema de mensuração e avaliação de desempenho (SMAD) e a qual visão estratégica esse se alinha. Visto que diversos modelos estão disponíveis na literatura científica referentes à mensuração de desempenho, cada qual com características que buscam acompanhar a rápida transformação do mercado globalizado (SOLIMAN, 2012). Esta preocupação foi demonstrada por Neely (2002), que naquele ano já constatava a crescente expansão das pesquisas nesta linha, conforme a citação:

Novos relatórios e artigos sobre o tema estão aparecendo numa taxa de um a cada seis horas, para cada dia de trabalho, desde 1994. Uma pesquisa na internet revela mais de 12 milhões de sites dedicados ao assunto, de um total de menos de 200.000 em 1997 (NEELY, 2002).

Em meio a tantos modelos, uma compilação realizada por Neuenfeldt Júnior (2014) apresenta de forma sumarizada alguns dos modelos considerados como mais relevantes para a mensuração de desempenho, bem como suas principais características, como pode ser visualizado no Quadro 6.

Quadro 6: Métodos para a mensuração de desempenho.

Método	Principais Características
Administração por objetivos (APO)	Técnica de direcionamento de esforços através do planejamento e controle administrativo, no qual as metas são definidas em conjunto entre administrador e seu superior e as responsabilidades são especificadas para cada posição em função dos resultados esperados.
KPI	Ferramenta para avaliar o estado de determinada atividade, de maneira que os níveis de uma empresa compreendam a forma como seus trabalhos influenciam no negócio.
Balanced Scorecard (BSC)	Traduza estratégia da organização em um conjunto de medidas capazes de realizar a mensuração do seu desempenho, a fim de se atingir os principais objetivos estratégicos traçados.
Três Níveis de Desempenho	Considera o estabelecimento de três níveis (organização, processo e executor) de desempenho, de maneira a qual uma empresa ou um sistema pode ser avaliado a partir do cumprimento dos requisitos destes vértices.
Mckinsey 7-S	Modelo de gestão desenvolvido para compreender sete fatores considerados como de determinação para a efetiva mudança de uma organização.
Baldrige	Tem por objetivo prestar um auxílio às empresas no que tange o estímulo ao aperfeiçoamento da sua qualidade e produtividade, fornecendo as informações necessárias para se chegar a um alto nível de qualificação dos seus processos.
Quantum	Modelo proposto com o objetivo de associar missão, estratégia, metas e processos dentro da organização, trabalhando com uma matriz em três dimensões: qualidade, custo e tempo, visando equilíbrio entre estas.
Performance Prism	É uma metodologia que visa integrar os processos a fim de se criar valor para as partes interessadas no sistema, partindo-se de indicadores capazes de remeter o status no qual a gestão se encontra.

Fonte: Adaptado de Neuenfeldt Júnior, (2014).

Ao encontro disso, Simons (2009) argumenta quatro pontos de vista que devem apoiar a construção de um SMD:

- a) sua função deve ser transmitir informações fundamentais a respeito do caso, seja com foco econômico ou não;
- b) devem conter rotinas e procedimentos padronizados;
- c) devem promover o cruzamento de informações que permitam a visão sistêmica do negócio, e não a representação pontual de dados de processos.
- d) devem orientar para a melhoria da eficiência e eficácia dos processos, direcionado para as metas.

No que diz respeito aos *Key Performance Indicators* (KPIs), os quais apresentam características desejáveis para um SMD, Parmenter (2012) afirma que existe um mal entendido geral sobre esta ferramenta, pois muitas organizações utilizam medições que, apesar de retornarem informações preciosas, não podem ser consideradas KPIs. Para definir o que são e o não são KPIs, o autor enquadra os indicadores sob quatro grupos:

- a) indicadores chave de resultados (Key Results Indicators – KRIs) expressam o desempenho atingido em uma perspectiva do Balanced Scorecard ou fatores críticos de sucesso;
- b) indicadores de resultado (Result Indicators – Ris) expressam um resultado qualquer atingido;
- c) indicadores de desempenho (Performance Indicators – Pis) expressam o que deve ser realizado;
- d) indicadores chave de desempenho (Key Performance Indicators – KPIs) expressam o que deve ser realizado para alavancar o desempenho drasticamente.

A partir da visão do autor, KPIs são um conjunto de indicadores especiais capazes de refletir de forma quantitativa e condensada o desempenho de um setor específico da organização como um todo, atingindo não apenas uma, mas várias perspectivas e fatores críticos de sucesso (FCS) (DRANSFIELD et al., 1999; MEYER, 2003; PARMENTER, 2012; SAMSONOWA, 2012). Desta forma, a utilização de KPIs pressupõe que se estabeleça uma estratégia com um alvo que se deseja atingir (KPI objetivo), e por meio do qual se desdobram os FCS, onde a correta identificação desses corresponde em grande parte ao êxito na implementação da metodologia (PARMENTER, 2012; SAMSONOWA, 2012).

Por fim, a utilização de KPIs como sistema de mensuração de desempenho pode ser considerada como uma ferramenta atualizada, devido à recorrência deste

tema em obras científicas. As recentes publicações de Janes e Faganel (2012), Flipse et al. (2013); Dombrowski et al. (2013); May et al. (2014); Sánchez (2014) e Galar et al. (2014) são alguns dos exemplos mais atuais que abordam KPIs e comprovam que este assunto está sendo amplamente explorado pela comunidade científica atualmente.

2.4 ABORDAGEM MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO

O processo de decisão está associado à necessidade de se atender a objetivos conflitantes na escolha pela opção considerada como a melhor entre um rol de alternativas viáveis, sendo geralmente uma atividade complexa devido à incerteza sobre os aspectos envolvidos (WALLENIOUS et al., 2008; SAATY; VARGAS, 2012). Qualquer problema de decisão que compreenda no mínimo duas ações possíveis pode ser enquadrado sob a abordagem multicritério de apoio à decisão, a qual engloba métodos com o objetivo de representar a complexa realidade através de modelagens qualitativas ou quantitativas, permitindo um melhor entendimento por parte dos atores envolvidos e servindo como subsídio para a escolha final entre as opções disponíveis (GOMES; GOMES 2012; DOUMPOS; GRIGOROUDIS, 2013; STORCH, NARA, KIPPER, 2013).

Gomes et al. (2009) afirmam que o sucesso de um sistema de apoio à decisão depende, em grande parte, do modo em que a estrutura de critérios é montada, levando em consideração vários pontos de vista que “representam os diferentes eixos ao longo dos quais os diversos atores do processo decisório justificam, transformam e questionam suas preferências”. Esses critérios devem ser digeridos por todos os *stakeholders* ao longo de todo o processo de decisão.

As Metodologias Multicritério de Apoio a Decisão (*Multi Criteria Decision Aid – MCDA*) contribuem justamente por auxiliar a tornar este processo menos complexo, ao dispor de ferramentas que permitem elucidar as relações de causa e efeito sobre as preferências dos decisores, aumentando o nível de conhecimento sobre o problema, o que difere substancialmente do conceito de busca da solução ótima dos métodos de otimização da Pesquisa Operacional tradicional (BELTON; STEWART, 2001). Ainda, a MCDA não tem por objetivo remover a subjetividade do problema, mas visa torná-lo claro aos tomadores de decisão, guiando-os por caminhos lógicos para satisfazer os objetivos de todos os envolvidos (ENSSLIN et al., 2001).

Entre as abordagens multicritério mais consagradas na literatura científica, destacam-se a família de métodos ELECTRE (ROY; BOUYSSOU, 1993), PROMETHEE (MARESCHAL; BRANS, 1993), Análise Hierárquica de Processos (AHP) (SAATY, 1980) e Utilidade Multiatributo (MAUT) (KEENEY; RAIFFA, 1993), os quais são derivados das escolas Americana, Francesa, ou Híbrida, cada qual com suas próprias características (GOMES; GOMES, 2012), conforme o Quadro 7.

Quadro 7: Principais métodos de MCDA.

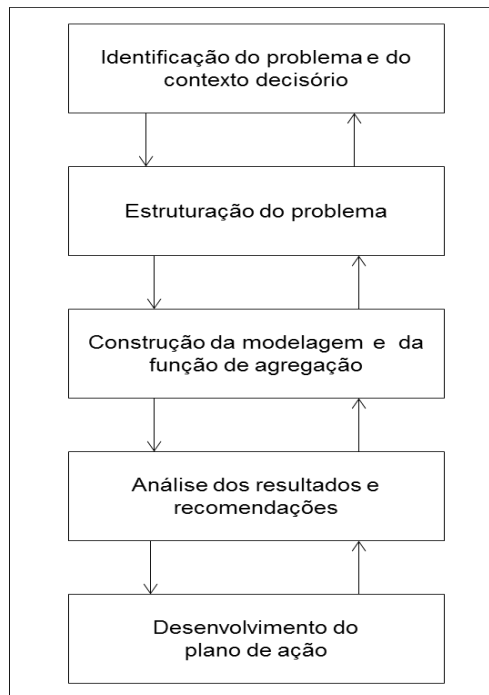
MÉTODOS	REFERÊNCIA
Electre	Electre I (ROY, 1968); Electre II (ROY; BERTIER, 1971); Electre III (ROY; HUGONNARD, 1981); Electre IV (ROY; HUGONNARD, 1981); Electre IS (ROY; SKALKA, 1985);
Promethee	Brans, Mareschal e Vincke (1984) e Brans, Vincke e Mareschal (1986)
Analytic Hierarchy Process (AHP)	Saaty (1977) e Saaty (1980)
Analytic Network Processes (ANP)	Saaty (1996)
Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique (MACBETH)	Bana e Costa e Vansnick (1994)
Multiattribute Utility Theory (MAUT) Simple Multi Attribute Rating Technique (SMART)	Fishburn (1970) e Keeney e Raiffa (1976) Edwards (1977)

Fonte: Baseado em Figueira, Greco e Ehrgott, 2005 e Polatidis et al, (2006).

No entanto, este projeto de dissertação fará uso apenas dos conceitos gerais associados a essas metodologias para a construção da árvore de decisão e as taxas de substituição, e, portanto, não se faz necessário uma discussão aprofundada de cada método.

As fases que compõem um processo de apoio à decisão são discutidas por vários autores, onde se verificam semelhanças entre esses. Uma compilação realizada a partir do exposto em Roy (1985), Belton; Stewart (2001), Power (2002), Gomes; Gomes (2012) e Doumpos; Grigoroudis (2013) é apresentada sob a forma de um fluxo na Figura 10 (SOLIMAN, 2014).

Figura 10: Processo de apoio à decisão.



Fonte: Soliman, (2014).

A primeira etapa do processo compreende uma ampla investigação para a identificação do problema e do contexto que permeia a decisão, uma vez que entre um grupo de decisores estes conceitos nem sempre estão claros, pois o problema pode envolver percepções diferentes para cada um dos envolvidos (ENSSLIN et al., 2011; DOUMPOS; GRIGOROUDIS, 2013).

Durante a estruturação, os atores utilizam de ferramentas para auxiliar no processo de identificação das alternativas, incertezas, pontos chaves de avaliação e fatores externos, com base nos seus sistemas de valores. Entre estas ferramentas, destacam-se as hierarquias de meios e fins, diagrama de Ishikawa, *brainstorming*, e árvore de decisão (GOMES; GOMES, 2012). Em específico, essa última prevê a decomposição do problema por meio da divisão do objetivo central em critério e subcritérios organizados hierarquicamente, mostrando-se bastante útil na visualização das inter-relações entre os diversos elementos que impactam a decisão, sendo amplamente utilizada em processos decisórios (SKINNER, 2009).

A construção da modelagem, por sua vez, envolve a utilização de mecanismos que permitam avaliar quantitativamente cada critério. Para isso, uma das necessidades neste ponto é a definição de taxas de substituição entre os elementos do modelo, a fim de demonstrar as diferenças de importância entre cada um deles (ALMEIDA, 2013). Isso pode ser realizado por meio de métodos como

Trade-Off, *Swing Weights* e comparação par-a-par, todos baseados no conceito de compensação, onde o ganho de *performance* em um critério implica na perda de outro (ENSSLIN et al., 2001). Além disso, também é necessária nesta fase a construção de funções de valor capazes de promover a medição dos atributos desejáveis de cada alternativa, os quais são definidos com base nos critérios considerados como relevantes para a decisão (GOMES; GOMES, 2012). Esta etapa pode ser realizada, dentre outros métodos, por meio da Pontuação Direta, Julgamento Semântico, ou método Bisseção, sendo esse último especialmente válido para variáveis quantitativas contínuas (ENSSLIN et al, 2001).

Uma vez que as funções de valor e as taxas de substituição estejam estruturadas, faz-se necessário a construção de uma equação global capaz de avaliar efetivamente o desempenho de cada alternativa (ALMEIDA, 2013). Para tanto, destacam-se as funções de agregação aditiva (GOMES et al., 2011), conforme definido pela equação 1,

$$V(\beta) = \sum_{i=1}^n W_i V_i(\beta) \quad (1)$$

onde $V(\beta)$ representa o desempenho global da alternativa β , W_i refere-se às taxas de substituição de cada critério e $V_i(\beta)$ indica o desempenho obtido pela alternativa β no critério i .

A fase de análise dos resultados e recomendações compreende, num primeiro momento, o cálculo do desempenho global das alternativas a partir da construção realizada na fase anterior, sendo possível desta forma analisar as diferenças entre elas. Posteriormente, a etapa de recomendações visa apontar qual é o melhor curso de ação para o problema modelado, além de propor qual o incremento necessário para que as alternativas avaliadas negativamente possam vir a ser consideradas como atrativas, realizando-se simulações e verificando-se os resultados (ENSSLIN et al., 2001; DOUMPOS; GRIGOROUDIS, 2013).

A última fase, o desenvolvimento do plano de ação, visa buscar estratégias para a implementação da decisão que foi apoiada pelo processo desenvolvido. Neste estágio, já se considera que a melhor alternativa (ou conjunto destas) esteja definida, concentrando-se os esforços na realização das atividades necessárias para execução da solução encontrada (BELTON; STEWART, 2001).

As definições e abordagens multicritério dispõe de uma riqueza de ferramentas para auxiliar no entendimento de uma problemática muitas vezes abstrata e auxilia a tomada de decisão por parte dos envolvidos.

3 METODOLOGIA

Para atingir o objetivo proposto, a metodologia apresentada neste capítulo é composta pelo enquadramento metodológico, instrumentos utilizados e desenvolvimento da pesquisa.

3.1 ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO

A condução de pesquisas científicas deve estar balizada em pressupostos metodológicos para que possa ser considerada válida e apresentar resultados coerentes (MARCONI; LAKATOS, 2010). Dessa maneira, o enquadramento da metodologia utilizada nesta dissertação é apresentada no Quadro 8, fundamentada nas proposições de Miguel (2007), Gil (2010), Marconi e Lakatos (2010) e Yin (2010).

Quadro 8: Enquadramento metodológico

CLASSIFICAÇÃO	ENQUADRAMENTO
Natureza	Aplicada
Método científico	Indutivo
Abordagem	Qualitativa Quantitativa
Objetivos	Exploratória Descritiva
Procedimentos técnicos	Bibliográfica Documental Estudo de caso

Fonte: Elaborado pela autora (2016).

Quanto à natureza, essa foi considerada como aplicada devido à resposta prática obtida por seus resultados, contribuindo para a solução de problemas pontuais no contexto e no momento da investigação (GIL, 2010).

Quanto ao método científico, esse se enquadra como indutivo, pois através das evidências encontradas por uma fração da população estudada, buscaram-se aspectos que podem estar presentes também em outros indivíduos (MIGUEL, 2007).

Em relação à abordagem, essa contempla tanto o viés qualitativo quanto o quantitativo, pois as informações coletadas permitiram evidenciar as características

das empresas avaliadas, e posteriormente, realizaram-se procedimentos que permitiram a quantificação dos aspectos considerados relevantes para a modelagem (MARCONI; LAKATOS, 2010).

No que tange aos objetivos, a pesquisa é considerada exploratória e descritiva, a partir da necessidade de se conhecer com maior profundidade os conceitos da temática e as características da energia fotovoltaica (GIL, 2010).

Quanto aos procedimentos técnicos adotados, a pesquisa utilizou três desses para o pleno cumprimento dos seus objetivos: por um lado, fez-se o uso da pesquisa bibliográfica, devido à necessidade da busca por publicações científicas que embasam as temáticas abordadas; por outro, utilizou a pesquisa documental para possibilitar um melhor entendimento do setor, mercado, e das tendências relacionadas à energia solar; além de enquadrar-se como um estudo de caso, pois foram coletadas informações de apenas alguns dos indivíduos que compõem a população durante a fase de teste da modelagem.

3.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

A etapa de coleta de dados fez o uso de instrumentos que foram submetidos às empresas com a finalidade de coletar as informações necessárias para se realizar a avaliação proposta. Foram necessários dois instrumentos:

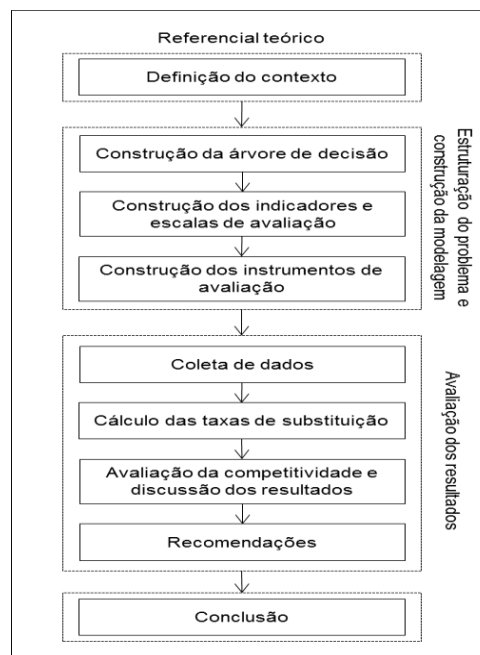
- a) o primeiro instrumento contém uma questão fechada de múltipla escolha para cada indicador da modelagem, onde as alternativas de resposta estão relacionadas com as escalas de avaliação dos KPIs construídos. Desta maneira, a partir dos dados obtidos, foi possível avaliar o desempenho das empresas participantes da pesquisa, tornando-se possível realizar comparações entre as mesmas, pois os dados foram coletados de forma uniformizada e utilizaram-se as mesmas métricas para cada respondente. Este instrumento foi elaborado através da percepção do pesquisador e das informações coletadas no referencial teórico sobre o setor em questão em combinação com as percepções dos agentes representantes das empresas;
- b) o segundo instrumento apresenta questionamentos sobre o nível de importância que os gestores atribuem para cada indicador da modelagem, e contam com uma escala padronizada. Desta forma, tornou-se possível analisar as percepções dos diferentes gestores quanto aos fatores que mais impactam na competitividade na geração fotovoltaica.

O envio e o preenchimento dos formulários foram feitos através de instrumentos construídos na plataforma *Google Docs* e enviados por meio eletrônico para as empresas participantes da pesquisa, a fim de garantir a agilidade e a redução de custos e investimentos na pesquisa.

3.3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

A sequência de etapas que compuseram o desenvolvimento desta pesquisa está delineada segundo os pressupostos referentes à competitividade baseados em Coutinho e Ferraz (2002), Thompson e Strickland (2003), Di Serio e Vasconcellos (2009), Porter (2009), juntamente com os conceitos dos sistemas de mensuração de desempenho apresentados por Olson e Slater (2002), Kaplan e Norton (2008), Simons (2009), Parmenter (2012), e alinhados com as diretrizes da abordagem decisão multicritério descritos por Roy (1985), Belton e Stewart (2001), Power (2002), Gomes e Gomes (2012) e Doumpous e Grigoroudis (2013). Propôs-se, para tanto, que o objetivo geral fosse contemplado por meio do cumprimento das nove etapas apresentadas na Figura 11, onde neste estudo, a competitividade foi avaliada em dois níveis: estrutural e empresarial.

Figura 11: Etapas metodológicas da pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora.

A primeira fase, intitulada por definição do contexto, encontra-se apresentada no referencial teórico, o qual compreende o Capítulo 2, onde as características que moldam o cenário da energia fotovoltaica no Brasil e sua geração foram detalhadas. Para a construção do referencial teórico foram utilizados os portais de conteúdo científico *Emerald*, *Scientific Direct*, *Scopus*, e o portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES®), juntamente com a consulta de livros e artigos publicados em anais de eventos referentes à energia fotovoltaica, com a finalidade de buscar embasamento teórico para construção da modelagem proposta.

A pesquisa documental compreendeu a busca por relatórios, notas técnicas e estatísticas referentes ao potencial nacional de energia solar e sua participação na matriz energética brasileira, disponibilizados por associações nacionais e internacionais, entidades de classe, além da consulta junto aos portais eletrônicos de órgãos do governo. Os resultados obtidos incluem dados mercadológicos, panoramas setoriais, tendências, séries históricas e previsão de eventos futuros, os quais foram apresentados ao longo do referencial teórico.

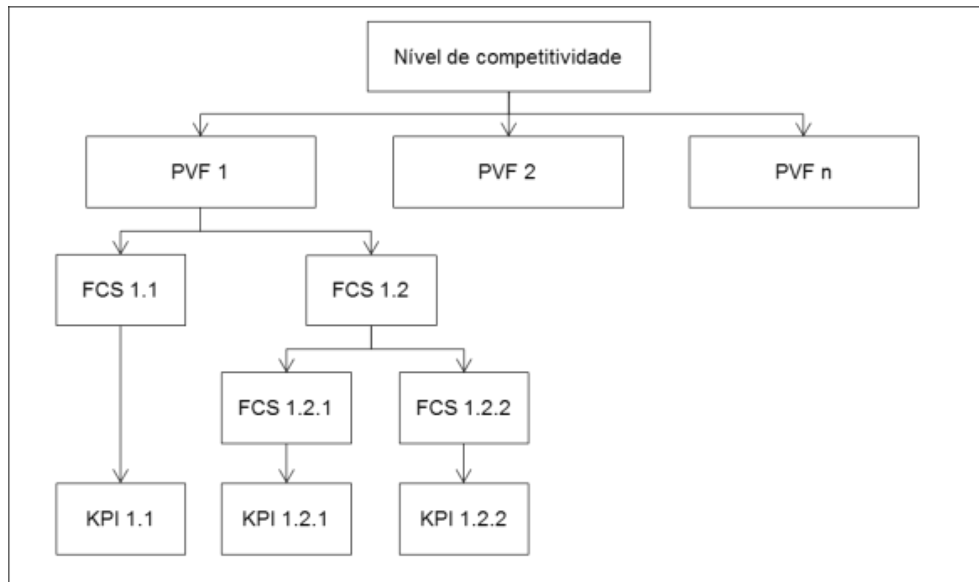
A estruturação do problema e construção da modelagem, que compreende a segunda fase da dissertação, foi realizada através de três etapas: construção da árvore de decisão; construção dos indicadores e escalas de avaliação; e construção dos instrumentos de avaliação. Para a primeira, a árvore de decisão foi elaborada a partir do desdobramento do objetivo central em Pontos de Vista Fundamentais (PVFs), os quais representam o primeiro nível da hierarquia e agrupam os fatores considerados como críticos de sucesso (FCS) para a competitividade. A determinação dos PVFs e FCSs foi realizada a partir das recorrências identificadas por meio da pesquisa bibliográfica e documental, atendo-se assim ao primeiro objetivo específico, de identificar os fatores mais relevantes para a avaliação da competitividade na geração de energia fotovoltaica.

A construção dos indicadores e escalas de avaliação foram realizadas segundo os pressupostos da metodologia *Key Performance Indicators* (KPIs) fundamentados em Parmenter (2012), os quais permitiram a construção de métricas capazes de retornar ao usuário a real situação de cada fator crítico de sucesso que compõem a modelagem.

Uma representação esquemática da modelagem desenvolvida é apresentada na Figura 12, a qual destaca o objetivo central e seus desdobramentos em pontos de

vista fundamentais (PVFs), fatores críticos de sucesso (FCS), e os KPIs para a mensuração.

Figura 12: Representação esquemática da modelagem.



Fonte: Elaborado pela autora (2015).

A partir da construção dos instrumentos de avaliação foram construídos dois formulários eletrônicos na plataforma *Google Docs*, um referente à coleta dos dados que alimentaram a modelagem, e outro referente à importância atribuída pelos gestores das empresas respondentes. Ao término desta fase, o segundo objetivo específico foi plenamente atingido, o qual previa a construção da modelagem com base nos fatores identificados.

Para a fase de avaliação dos resultados, propôs-se o cumprimento de quatro etapas: coleta de dados; cálculo das taxas de substituição, avaliação da competitividade e discussão dos resultados. A coleta de dados envolveu o envio dos instrumentos para as empresas e o seu retorno. O cálculo das taxas de substituição foi realizado a partir dos dados coletados no instrumento de pesquisa, onde primeiramente foi computada a média dos valores obtidos para a importância atribuída em cada critério pelos gestores. Posteriormente, propôs-se que as taxas de substituição fossem definidas através do método *Swing Weights* (GOMES; GOMES, 2012), onde cada nível da estrutura hierárquica apresenta sua soma normalizada em

100%, iniciando pela base e seguindo até último nível que antecede o objetivo principal.

A etapa de avaliação da competitividade e discussão dos resultados foi realizada para cumprir o terceiro objetivo específico, o qual contemplou o teste da modelagem. Assim, os dados coletados foram utilizados como *inputs* para alimentar a modelagem construída, permitindo a avaliação da competitividade das empresas por meio da utilização de uma função de agregação do tipo aditiva (ALMEIDA, 2013), e posteriormente, realizaram-se as comparações entre os casos analisados através da discussão dos resultados observados.

Durante a etapa de recomendações foi apresentada uma lógica para a formulação de ações de adequação no sentido de elevar o desempenho daquelas empresas que apresentarem os níveis mais insatisfatórios de competitividade ao longo da avaliação. Desta forma, foi possível a realização de simulações de resultados para o objetivo global, visualizando-se o impacto das ações pontuais sobre o desempenho da organização como um todo, contemplando o cumprimento do último objetivo específico.

A fase final desta pesquisa apresenta as conclusões, na qual o objetivo geral e os específicos foram retomados, a fim de verificar se os resultados obtidos satisfizeram o problema de pesquisa definido na seção introdutória. As limitações e sugestões para trabalhos futuros também compõem a parte final desta dissertação.

4 ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA E CONSTRUÇÃO DA MODELAGEM

Neste capítulo é apresentada a sequência dos procedimentos executados e o detalhamento de cada etapa para que seja possível a construção da modelagem de mensuração da competitividade na geração da energia fotovoltaica. Este capítulo encontra-se dividido em quatro partes: construção da árvore de decisão; construção dos indicadores e escalas de avaliação; validação dos indicadores e construção dos instrumentos de avaliação. Cada uma das etapas apresenta-se detalhada nos subcapítulos que se seguem, para um melhor entendimento e compreensão da estruturação do problema e construção da modelagem.

4.1 CONSTRUÇÃO DA ÁRVORE DE DECISÃO

A árvore de decisão foi elaborada a partir da realização de pesquisas exploratórias sobre o contexto atual da energia fotovoltaica no cenário nacional e internacional, além de pesquisas bibliográficas e documentais sobre a geração da energia fotovoltaica. Durante a leitura de artigos científicos, notas técnicas e trabalhos acadêmicos sobre energia solar, buscou-se identificar elementos capazes de moldar a competitividade na geração de energia fotovoltaica.

Na sequência, realizou-se a seleção e agrupamento dos elementos identificados a partir da sinergia e da relevância de cada abordagem. Fundamentalmente, as pesquisas evidenciaram alguns pontos específicos para o desenvolvimento e consolidação da energia fotovoltaica. Observou-se que os elementos identificados na leitura dos materiais alinhavam-se em torno de pontos de vista fundamentais (PVF's). Com base nas informações coletadas nas pesquisas, propuseram-se para a avaliação da competitividade na geração da energia fotovoltaica os fatores críticos de sucesso (FCSs) elencados nos Quadros 9, 10, 11 e 12. Estes FCSs foram organizados sob a ótica de quatro pontos de vista fundamentais: Alianças Estratégicas (PVF 1), Monitoramento da Energia Fotovoltaica (PVF 2), Processos Gerenciais e Estratégicos (PVF 3) e Inovação em Geração de Energia (PVF 4), cada um com seus respectivos desdobramentos descritos a seguir:

Alianças Estratégicas: Visa avaliar o nível de interação das Usinas Solares com os demais *stakeholders*, dado a notória fragilidade nos laços entre empresas e os

agentes externos. Entende-se que um bom desempenho nesses fatores, poderá auxiliar as usinas a reduzir as pressões externas e aumentar seu poder de barganha.

Monitoramento da Energia Solar: Pretende-se verificar, em determinado período de tempo, se as condições dos equipamentos estão dentro dos padrões. E acompanhar as oscilações econômico-financeiras que moldam o setor de energia solar no Brasil.

Processos Gerenciais e Estratégicos: Têm por finalidade mensurar o desempenho nas operações internas das usinas, visando contornar a qualificação da mão-de-obra do setor, a gestão fragmentada, e a dificuldade de acesso a mercados e recursos.

Inovação em Geração de Energia: Este, por sua vez, avalia o desempenho das usinas como organismos inovadores, bem como o domínio sobre a tecnologia empregada nos seus processos para desenvolverem o setor de energia. Ainda, questiona sobre a ampliação do sistema solar e investimento em novos projetos de geração de energia sustentável.

Com base nestes pontos de vista, bem como nas informações levantadas por meio das pesquisas realizadas, propôs-se para a avaliação da competitividade os fatores críticos de sucesso (FCSs) elencados nos Quadros 9, 10, 11 e 12. O índice da primeira coluna em cada quadro corresponde ao nível do FCS na árvore de decisão e ao PVF pertencente.

Quadro 9: Indicadores relacionados ao PVF 1.

Alianças Estratégicas		
1.0	FSC	KPI
1.1	Fornecedores	1.1.1 Relação com os fornecedores do Sistema do Solar
1.2	Usinas semelhantes	1.2.1 Relação com Usinas Solares semelhantes
1.3	Instituições de ensino/pesquisa	1.3.1 Relações com universidades, institutos de pesquisa, escolas técnicas e/ou serviços de normatização
1.4	Órgãos Ambientais	1.4.1 Relação com Órgãos Ambientais
1.5	Poder Público	1.5.1 Relação com o Poder Público
1.6	Política	1.6.1 Relações Políticas
1.7	Entidades Setoriais	1.7.1 Relação com entidades setoriais
1.8	Mercado	1.8.1 Relação com o mercado fotovoltaico nacional
		1.8.2 Relação com o mercado fotovoltaico internacional

Quadro 10: Indicadores relacionados ao PVF 2.

Monitoramento da Energia Solar		
2.0	FSC	KPI
2.1	Grandezas Elétricas	2.1.1 Monitoramento das Grandezas elétricas geradas
		2.1.2 Monitoramento das Grandezas Elétricas Consumidas
2.2	Econômico-Financeiro	2.2.1 Monitoramento Econômico-financeiro nacional
		2.2.2 Monitoramento econômico-financeiro internacional
2.3	Características da Instalação	2.3.1 Monitoramento da localização do Sistema Fotovoltaico
		2.3.2 Monitoramento da orientação/inclinação do Sistema Fotovoltaico
		2.3.3 Monitoramento das condições climáticas locais
2.4	Qualidade dos equipamentos	2.4.1 Monitoramento da qualidade dos módulos do Sistema Fotovoltaico
		2.4.2 Monitoramento da qualidade da estrutura de suporte e fixação do Sistema Fotovoltaico
		2.4.3 Monitoramento da qualidade dos dispositivos elétricos do Sistema Fotovoltaico
2.5	Manutenção dos equipamentos	2.5.1 Monitoramento das manutenções no Sistema Fotovoltaico
2.6	Registro de Monitoramentos	2.6.1 Armazenamento e controle dos registros de todos os monitoramentos

Quadro 11: Indicadores relacionados ao PVF 3.

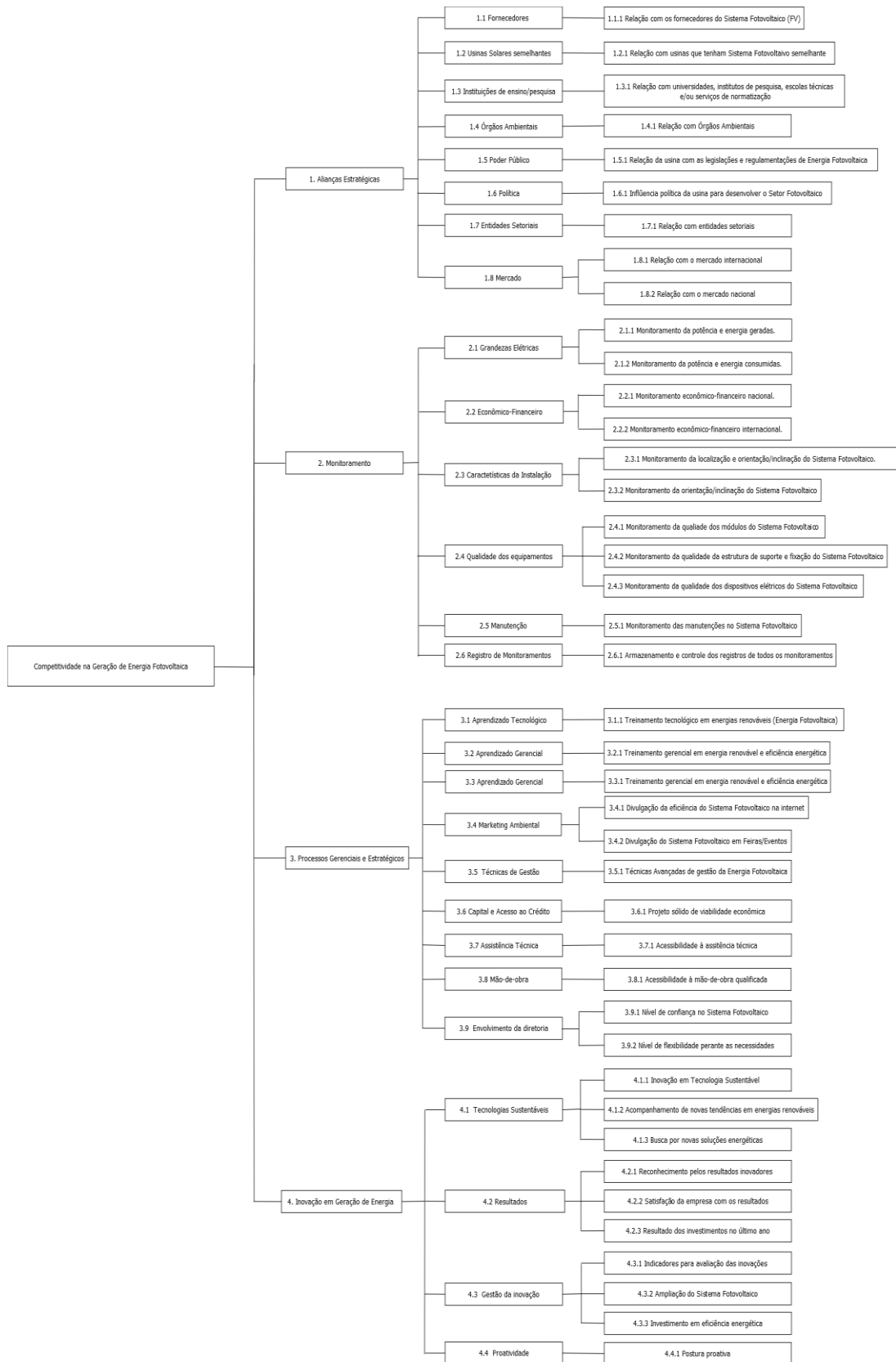
Processos Gerenciais e Estratégicos		
3.0	FSC	KPI
3.1	Aprendizado Tecnológico	3.1.1 Treinamento tecnológico em energias renováveis (Energia Fotovoltaica)
3.2	Aprendizado Gerencial	3.2.1 Treinamento gerencial em energia renovável e eficiência energética
3.3	Conhecimento	3.3.1 Conhecimento em Geração de Energia Fotovoltaica
3.4	Marketing Ambiental	3.4.1 Divulgação da eficiência do Sistema Fotovoltaico na internet
		3.4.2 Divulgação do Sistema Fotovoltaico em Feiras/Eventos
3.5	Técnicas de Gestão	3.5.1 Técnicas Avançadas de gestão da Energia Fotovoltaica
3.6	Capital e Acesso ao Crédito	3.6.1 Projeto sólido de viabilidade econômica
3.7	Assistência Técnica	3.7.1 Acessibilidade à assistência técnica
3.8	Mão-de-obra	3.8.1 Acessibilidade à mão-de-obra qualificada
3.9	Envolvimento da diretoria	3.9.1 Nível de confiança no Sistema Fotovoltaico
		3.9.2 Nível de flexibilidade perante as necessidades

Quadro 12: – Indicadores relacionados ao PVF 4.

Inovações em Geração de Energia		
4.0	FSC	KPI
4.1	Tecnologias Sustentáveis	4.1.1 Inovação em Tecnologia Sustentável
		4.1.2 Acompanhamento de novas tendências em energias renováveis
		4.1.3 Busca por novas soluções energéticas
4.2	Resultados	4.2.1 Reconhecimento pelos resultados inovadores
		4.2.2 Satisfação da empresa com os resultados
		4.2.3 Resultado dos investimentos no último ano
4.3	Gestão da inovação	4.3.1 Indicadores para avaliação das inovações
		4.3.2 Ampliação do Sistema Fotovoltaico
		4.3.3 Investimento em eficiência energética
4.4	Proatividade	4.4.1 Postura proativa

Ao total, foram levantados vinte e seis FCSs e quarenta e um KPIs para mensurar a competitividade. De maneira ilustrativa, a Figura 13 apresenta uma representação esquemática das informações apresentadas pelos Quadros 9, 10, 11 e 12, onde a hierarquia e as inter-relações entre os pontos de vista fundamentais e elementares podem ser visualizadas de uma melhor maneira.

Figura 13: Estrutura hierárquica para avaliação da competitividade na Geração de Energia Fotovoltaica



Fonte: Elaborado pela autora (2015).

4.2 CONSTRUÇÃO DOS INDICADORES E ESCALAS DE AVALIAÇÃO

A partir da definição dos fatores críticos de sucesso levantados durante a seção 4.1, deu-se início a construção dos indicadores de desempenho e escalas de avaliação para mensurá-los.

O primeiro passo foi a descrição de um conceito de avaliação para cada FCS. Este conceito teve por objetivo delimitar de forma precisa o escopo a que se refere cada FCS, evitando-se assim interpretações dúbias que poderiam ser geradas pelos respondentes da pesquisa.

Posteriormente, cada FCS foi desdobrado em cinco possíveis níveis de resposta (N1, N2, N3, N4, e N5), onde em cada caso o nível “N1” corresponde à situação considerada como a mais favorável possível para a competitividade, enquanto o nível “N5” corresponde a pior situação possível. O ponto médio “N3”, por sua vez, refere-se ao desempenho médio geral do setor.

Desta forma, nota-se que quando uma Usina Solar atingir o N1 de um indicador, a mesma estará em um patamar elevado de competitividade, superando de forma considerável a média do setor. No outro extremo, ao atingir N5, a competitividade da usina estará comprometida sob a ótica daquele FCS.

Para a construção das escalas de avaliação, fez-se o uso dos métodos de pontuação direta e bisseção (ENSSLIN et al., 2001; GOMES; GOMES, 2012). No caso de variáveis discretas, a pontuação direta permite ao construtor da modelagem atribuir os escores de forma empírica, conforme seu juízo de valores. Já o método da bisseção é útil no caso das variáveis contínuas, pois permite realizar divisões a cada intervalo de dois pontos, para encontrar níveis intermediários.

Com o objetivo de se construir indicadores normalizados para a mesma escala, o que permite a rápida comparação e a agregação dos mesmos, foram propostos para todos os indicadores funções lineares com pontuação entre 0 e 100. Assim, o nível mais alto de competitividade (N1) em cada indicador recebeu a pontuação máxima (100 pontos), enquanto para o nível mais baixo (N5) foi atribuído a pontuação mínima (0 pontos), e para os níveis intermediários, foram atribuídas pontuações proporcionais.

O Quadro 13 apresenta um exemplo de indicador construído, os demais seguem exatamente a mesma estrutura deste. Nota-se que todos os indicadores são compostos de nome, índice de localização da sua posição na árvore de decisão,

níveis de avaliação, descrição dos níveis de avaliação, e valor, que representa a pontuação de cada nível.

Quadro 13: Indicador referente ao FCS 1.1

PVF 1	FCS 1.1 – ALIANÇAS ESTRATÉGICAS	
Nível	1.1.1 Como é relação comercial com os fornecedores do Sistema Solar instalado na Usina Solar?	Peso
N1	Muito Eficaz	100
N2	Eficaz	75
N3	Intermediária	50
N4	Pouco Eficaz	25
N5	Inexistente	0

Para este indicador específico, a construção dos seus níveis de avaliação está fundamentada nos dados apresentados na Nota Técnica (EPE, 2012), onde consta uma análise para a inserção da energia solar na matriz energética brasileira a qual afirma que a relação das usinas com os fornecedores do sistema solar é determinante para que se alcance um bom desempenho na geração.

Para os demais, buscou-se, sempre que possível, fundamentar as escalas de acordo com estatísticas disponíveis na literatura. Entretanto, devido a originalidade deste trabalho, por vezes isto não foi possível, ficando a cargo do pesquisador a tarefa de propor os níveis de avaliação. Ressalta-se, porém, que para minimizar esta subjetividade empregada buscou-se apoio externo para a validação da proposta, conforme mostrado na seção 4.3 a seguir. A listagem completa de todos os indicadores construídos que compõem o instrumento de pesquisa está contido no Apêndice A.

4.3 VALIDAÇÃO DOS INDICADORES E ESCALAS DE AVALIAÇÃO

Conforme citado durante a seção 4.2, o objetivo da validação dos indicadores e escalas de avaliação é elevar a confiabilidade da modelagem através da análise crítica por um decisor neutro que possua conhecimento sistêmico do setor. Para tanto, contou-se com o apoio de professores Grupo de Eletrônica de Potência e Controle (GEPOC) da Universidade Federal de Santa Maria.

Nesta etapa, um material prévio contendo os detalhes da pesquisa e a proposta de indicadores, foi encaminhado a dois professores do GEPOC que

possuem um vasto conhecimento na área de energia fotovoltaica e nas características deste setor. Na ocasião, os mesmos participaram com algumas sugestões e homologaram os indicadores e as escalas de avaliação propostas. A partir desta validação, pôde ser iniciada a construção do instrumento de avaliação.

4.4 CONSTRUÇÃO DO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO

Para tornar viável o processo de avaliação da competitividade na Geração de Energia Fotovoltaica, houve a necessidade da construção de um instrumento capaz de coletar as informações necessárias para a alimentação da modelagem, e assim gerar os resultados esperados.

Para tanto, o instrumento utilizado nesta pesquisa foi construído contendo uma questão fechada de múltipla escolha para cada indicador da modelagem, onde as alternativas de resposta estão relacionadas com os níveis de avaliação e as escalas construídas. Desta forma, torna-se possível avaliar e comparar o desempenho das Usinas Solares participantes da pesquisa, uma vez que o instrumento permite a coleta padronizada dos dados.

Adicionalmente, o instrumento questiona os respondentes quanto ao nível de importância que os mesmos atribuem a cada um dos indicadores levantados. Assim, aproxima-se com maior acurácia ao contexto por não tratar todos os indicadores com a mesma importância, mas permitindo uma estratificação destes em mais relevantes e menos relevantes. Para isso, foi construída a escala na qual os respondentes devem assinalar uma resposta entre [1, 9] para cada indicador utilizado, onde 0 representa “Sem Importância” e 9 “Muito Alta Importância”.

Esta informação é utilizada posteriormente para o cálculo das taxas de substituição, que permite criar um ranking de importância entre os indicadores. Para garantir a agilidade no envio e preenchimento dos formulários, bem como a economia de recursos, o instrumento foi construído na plataforma *Google Docs*. E, para exemplificar, a Figura 14 mostra um recorte de tela do formulário construído na plataforma *Google Docs*, neste caso para o FCS 1.7 – Entidades Setoriais.

Figura 14: Exemplo de questão utilizada no instrumento de coleta.

1.7 Relação com o entidades setoriais: A Usina Solar é ativa em entidades setoriais relacionadas a energia solar (ABSOLAR, ABENS, ANEEL Solar) com qual abrangência?

Internacional

Federal

Estadual

Municipal

Não é ativa em entidades setoriais

Nível de importância para "Relação com o entidades setoriais"

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Fonte: Elaborado pela autora (2016).

Conforme mencionado, nota-se que cada questão é composta por uma dupla coleta, onde o decisor responde, inicialmente, sobre a situação da sua empresa nesta perspectiva, e posteriormente, sobre o nível de importância que o mesmo atribui para este FCS.

5 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os dados coletados com a aplicação do instrumento de pesquisa juntamente com a discussão dos resultados. Este capítulo é constituído por seis etapas: Coleta de dados; Cálculo de taxas de substituição; Avaliação da competitividade e discussão dos resultados; Simulações e construção da Ferramenta – Diagnóstico: Energia Fotovoltaica NIC.

5.1 COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada no período de Abril a Julho de 2016. Foram enviados e-mails para dez Usinas Solares brasileiras, para duas indústrias que possuem sistema solar em operação, localizadas no Rio Grande do Sul, e, para o Centro Nacional de Energias Renováveis, localizado em Navarra na Espanha. Além disso, também foi enviado e-mail para o Portal Solar e para a Associação Brasileira de Energia Solar.

Obteve-se, ao total, o retorno de quatro e-mails. Percebe-se que, apesar da baixa taxa de sucesso no recebimento das respostas, o número atingido ainda é satisfatório, havendo o retorno de duas Usinas Solares, uma indústria e o Centro de Pesquisas em Energias Renováveis da União Europeia. Ou seja, o instrumento de pesquisa foi aplicado em três diferentes modelos de geração de energia fotovoltaica: Usinas, Indústria e o Centro de Pesquisa.

O Quadro 14 classifica as empresas participantes de acordo com a característica da empresa e sua localização.

Quadro 14: Empresas participantes da pesquisa.

EMPRESA	LOCALIAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
Usina Tauá	Tauá – Ceará	Usina Fotovoltaica
Megawatt Solar - Eletrosul	Florianópolis – Santa Catarina	Usina Fotovoltaica
Tramontina Eletrik	Carlos Barbosa – Rio G. do Sul	Sistema Solar Industrial
Centro Nacional de Energias Renováveis	Navarra - Espanha	Centro de Pesquisa/Laboratório

A Usina Solar de Tauá, do grupo MPX, localizada na cidade de Tauá, no Sertão dos Inhamuns do Ceará, foi inaugurada em 2011, e hoje é considerada a primeira usina solar em escala comercial do Brasil, conectada ao Sistema Interligado Nacional

(SIN). Em operação comercial desde agosto de 2011, a usina solar Tauá conta com 4.680 painéis fotovoltaicos para converter a energia solar em elétrica, numa área de aproximadamente 12 mil metros quadrados. Cerca de R\$ 10 milhões foram investidos na unidade, cuja capacidade inicial é de 1MW.

No que se refere a Megawatt Solar, a Eletrosul transformou sua sede administrativa em Florianópolis, Santa Catarina, em um complexo de geração fotovoltaica, com potência instalada de 1MW. Essa usina pode produzir aproximadamente 1,2GW de energia por ano, suficiente para atender cerca de 540 residências. Essa capacidade de geração vem dos 4,2 mil módulos fotovoltaicos, que estão instalados nas coberturas do edifício-sede e estacionamentos, totalizando uma área de 8,3 mil metros quadrados. Os painéis solares convertem a radiação solar em energia elétrica que vai para uma subestação coletora para ser escoada à rede elétrica local.

Essa mesma distribuição de energia fotovoltaica acontece com o sistema solar instalado na unidade produtiva da indústria Tramontina Eletrik, fabricante de materiais elétricos com sede em Carlos Barbosa, no Rio Grande do Sul. A empresa desenvolveu um projeto próprio de geração de energia por sistema fotovoltaico que apresentou eficiência de 80% em relação à média anual nacional. Integrado à rede elétrica regional, o sistema foi instalado no parque fabril da Tramontina Eletrik em 2014. Esta integração permite à Tramontina Eletrik utilizar uma quantidade menor de energia originária da distribuidora, através do sistema de compensação regulamentado pela ANEEL.

O Centro Nacional de Energias Renováveis participante da pesquisa é uma empresa especializada em pesquisas aplicadas, desenvolvimento e promoção do centro de tecnologia de energia renovável. Ele tem um prestígio nacional e internacional altamente qualificado e reconhecido. A Fundação CENER-CIEMAT iniciou a sua atividade em 2002 e seu Conselho é formado pelo Ministério da Economia e Competitividade, CIEMAT, o Ministério da Indústria, Energia e Turismo e do Governo de Navarra. Hoje, ele fornece serviços e realiza pesquisas em seis áreas: eólica, solar térmica, solar fotovoltaica, biomassa, energia em edifícios e integração das energias renováveis. Sua sede está localizada na Cidade de Inovação (Sarriguren I Navarra), embora tenha instalações e escritórios em outros locais, tais como Sanguesa, Alaiz e Aoiz (Navarra), Sevilha e Madrid.

Fica evidente nesta pesquisa a pluralidade de segmentos de atuação das empresas nas quais foram aplicados os instrumentos para a coleta de dados. O instrumento teve como objetivo mensurar o nível de competitividade da geração de energia fotovoltaica em indústrias, em usinas solares e em centros de pesquisa, proporcionando uma gama de informações que contemple os principais indicadores. Evidencia-se, também, que o mesmo instrumento pôde ser aplicado a todas as empresas sem ressalvas, e, com isso, gerou um diagnóstico da situação atual da geração de energia fotovoltaica nas empresas respondentes.

5.2 CÁLCULO DAS TAXAS DE SUBSTITUIÇÃO

Os dados coletados para a importância de cada critério foram utilizados para calcular e definir as taxas de substituição, as quais representam a importância relativa entre os critérios, permitindo identificar quais dos fatores elencados possuem maior ou menor importância frente ao contexto.

Inicialmente, os escores de importância atribuídos pelos respondentes da pesquisa foram compilados através das respostas dadas pelos empresários. Utilizou-se para a coleta desta informação a escala padronizada de [1, 9], conforme a estrutura do instrumento de pesquisa apresentado na Figura 14.

A partir desta compilação, os cálculos das taxas de substituição foram realizados em planilha eletrônica do software Microsoft Excel®, na sequência *bottom-up*, seguindo elementos da metodologia de Análise Hierárquica do Processo (AHP), onde estas são calculadas a partir da base da estrutura hierárquica seguindo até o topo, retornando as ponderações locais e globais de cada fator.

A fim de ilustrar a metodologia adotada para calcular as taxas de substituição com um exemplo, apresentam-se no Quadro 15 os valores de importância encontrados para os indicadores 2.4.1 à 2.4.3, pertencentes ao FCS 2.4 do PVF 2.

Quadro 15: Importância para os critérios 2.4.1 à 2.4.3

FCS 2.4	2.4.1	2.4.2	2.4.3	SOMA
Importância (Z_i)	6,75	7	8	21,75

Seguindo este procedimento foram calculadas as contribuições locais de cada critério. O cálculo é realizado a partir da razão entre o valor de importância de um critério específico e o somatório obtido pela importância de todos os critérios

contidos nesta subárea. Desta forma, obtêm-se as seguintes taxas locais de substituição, apresentadas em porcentagem, conforme o Quadro 16.

Quadro 16: Taxas de substituição locais para os critérios 2.4.1 à 2.4.3.

FCS 2.4	2.4.1	2.4.2	2.4.3	SOMA
Taxa Local (Pi)	31,03%	32,18%	36,78%	100%

Finalizada a etapa de cálculos neste nível de critérios, o procedimento passa a ser realizado no nível localizado acima deste. Seguindo-se a árvore de decisão, é necessário agora o cálculo das taxas locais de substituição para o FCS 2.4. Neste caso, como já foi realizada a coleta de valores de importância para os critérios 2.4.1 à 2.4.3 (sub níveis do fator crítico de sucesso 2.4), será utilizada a média destes para a atribuição do FCS 2.4. Assim, o valor de importância encontrado para este critério foi de 7,25 e sua taxa local de substituição, 16,34%. Essa taxa de substituição representa o peso deste Fator Crítico de Sucesso dentro do Ponto de Vista Fundamental 2, que estabelece critérios para o Monitoramento da Energia Solar.

No Quadro 17 são apresentados os valores de importância e taxa local de substituição para os demais FCS que complementam o PVF 2, conforme a hierarquização construída.

Quadro 17: Taxas de substituição locais para os FCS 2.1 à 2.6.

FCS_i	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6
Importância	7,87	6,62	6,62	7,25	7,75	8,25
Taxa Local	17,75%	14,93%	14,93%	16,34%	17,46%	18,59%

Avançando mais uma camada na árvore de decisão, agora para o nível que contém os quatro PVFs da estrutura, calculou-se a média dos valores de importância referentes aos FCS contidos em cada PVF utilizando essa mesma técnica. Os valores encontrados são demonstrados no Quadro 18.

Quadro 18: Taxas de substituição para os PVF 1 à 4.

PVF_i	1	2	3	4
Importância	6,78	7,39	7,54	7,50
Taxa Local	23,21%	25,32%	25,80%	25,67%

Acima do nível dos Pontos de Vista Fundamentais encontra-se o resultado global de competitividade da geração de energia fotovoltaica, onde β refere-se à empresa avaliada de tal forma que $\beta \in \{A, B, C, \dots L\}$. Este resultado possui uma ponderação de 100% por ser o nível zero da árvore de decisão, e seu valor é calculado através de uma função de agregação aditiva.

Com as taxas locais de substituição pré-estabelecidas, pode-se então calcular as taxas globais, as quais representam a contribuição individual de FCS sobre a composição da modelagem como um todo.

O cálculo das taxas globais dos FCS é realizado multiplicando-se as taxas locais de substituição dos FCS localizados nos níveis superiores da árvore de decisão. Para o caso do FCS 2.4.1, por exemplo, a taxa global é encontrada conforme mostram as Equações 2, 3 e 4.

$$W_{2.4.1} = P_2 * P_{2.4} * P_{2.4.1} \quad (2)$$

$$W_{2.4.1} = 25,32\% * 16,34\% * 31,03\% \quad (3)$$

$$W_{2.4.1} = 1,28\% \quad (4)$$

As equações 2,3 e 4 foram aplicadas em todos os elementos que compõem a árvore de decisão, obtendo-se como resultado a composição final das taxas de substituição da modelagem que irão mensurar o desempenho competitivo da geração de energia fotovoltaica das empresas participantes da pesquisa.

O Quadro 19 apresenta as taxas globais resultantes para o PVF 1, o qual possui peso relativo a 23,21% em relação aos demais. Nota-se, neste caso, que as ponderações apresentam baixa variação entre os critérios, o que reflete a uniformidade dos respondentes quanto a sua percepção de importância para estes indicadores.

Quadro 19: Taxas de Substituição para os FCS do PVF 1.

PVF 1: Alianças Estratégicas (23,21%)		
Taxa de Substituição dos FCS	Taxa de Substituição do Indicador	Indicadores de Desempenho
2,78%	2,78%	1.1.1 Relação com os fornecedores do Sistema do Solar
2,78%	2,78%	1.2.1 Relação com Usinas Solares semelhantes
3,53%	3,53%	1.3.1 Relações com universidades, institutos de pesquisa, escolas técnicas e/ou serviços de normatização.
2,78%	2,78%	1.4.1 Relação com Órgãos Ambientais
3,32%	3,32%	1.5.1 Relação com o Poder Público
2,78%	2,78%	1.6.1 Relações Políticas
2,78%	2,78%	1.7.1 Relação com entidades setoriais
1,82%	0,96%	1.8.1 Relação com o mercado fotovoltaico nacional
	0,86%	1.8.2 Relação com o mercado fotovoltaico internacional

Os dados apresentados no Quadro 19 permitem concluir que as empresas geradoras de energia fotovoltaica reconhecem as relações com universidades, institutos de pesquisa, escolas técnicas e/ou serviços de normatização ($W = 3,53\%$) e a relação com o Poder Público ($W = 3,31\%$) com maior importância do que com os outros *stakeholders*. A relação com o mercado nacional e internacional, apresentou a menor importância entre os indicadores alocados no PVF1 ($W = 1,82\%$), sinalizado como uma estratégia em potencial para elevar as escalas de compra, poder de barganha e negociação das empresas com geração de energia fotovoltaica. As demais relações apresentam um equilíbrio de importância e refletiu a uniformidade de respostas entre os pesquisados.

Para o PVF 2, descrito no Quadro 20, percebe-se que as constatações referentes ao armazenamento e controle dos registros de todos os monitoramentos ($W = 4,71\%$), representam a maior taxa de substituição para os indicadores deste grupo, seguido por monitoramentos das grandezas elétricas geradas e consumidas ($W = 4,49\%$). Este fato é concordante com o referencial bibliográfico pesquisado, que aponta a necessidade do monitoramento constante das grandezas elétricas geradas com a finalidade de avaliar a eficiência do sistema fotovoltaico em operação. Já o monitoramento das grandezas elétricas consumidas apresentam o

controle do que é consumido em função do que é gerado, fornecendo dados de quanto é reaproveitado pela empresa e quanto é distribuído.

Por outro lado, o monitoramento econômico-financeiro nacional e internacional, e, o monitoramento da localização, orientação/inclinação do sistema fotovoltaico e o monitoramento das condições climáticas aparecem como os fatores críticos com as menores taxas de substituição para esse grupo, mas com um valor ainda significativo. Isto demonstra que com a oscilação constante do cenário econômico-financeiro local e mundial, o monitoramento destas variáveis sistêmicas vem ganhando importância como estratégia competitiva no setor de energias renováveis. Além disso, o monitoramento da localização, orientação/inclinação do sistema fotovoltaico está diretamente ligado a eficiência de geração, ou seja, verifica-se neste indicador um potencial estratégico para aumentar a competitividade na geração de energia solar. O mesmo acontece com o monitoramento das condições climáticas, considerado pouco relevante pelas empresas pesquisadas, no entanto, presente na literatura como um dos pontos críticos para estudos de previsão futura de geração de energia da usina solar.

Quadro 20: Taxas de substituição para os FCS do PVF 2.

PVF 2: Monitoramento da Energia Solar (25,32%)		
Taxa de Substituição dos FCS	Taxa de Substituição do indicador	Indicadores de Desempenho
4,5%	2,5%	2.1.1 Monitoramento das Grandezas elétricas geradas
	2,0%	2.1.2 Monitoramento das Grandezas Elétricas Consumidas
3,78%	2,0%	2.2.1 Monitoramento Econômico-financeiro nacional
	1,78%	2.2.2 Monitoramento econômico-financeiro internacional
3,78%	1,57%	2.3.1 Monitoramento da localização, orientação/inclinação do Sistema Fotovoltaico
	2,21%	2.3.2 Monitoramento das condições climáticas locais
4,14%	1,28%	2.4.1 Monitoramento da qualidade dos módulos do Sistema Fotovoltaico
	1,33%	2.4.2 Monitoramento da qualidade da estrutura de suporte e fixação do Sistema Fotovoltaico
	1,53%	2.4.3 Monitoramento da qualidade dos dispositivos elétricos do Sistema Fotovoltaico
4,42%	4,42%	2.5.1 Monitoramento das manutenções no Sistema Fotovoltaico
4,71%	4,71%	2.6.1 Armazenamento e controle dos registros de todos os monitoramentos

Sob a perspectiva do PVF 3, apresentados no Quadro 21, nota-se que o indicador referente ao Conhecimento em Geração de Energia Fotovoltaico apresentou a maior taxa de substituição ($W = 3,33\%$). Este fenômeno está associado à importância dos técnicos e gestores do sistema solar saberem identificar os fatores responsáveis pela máxima eficiência na geração de energia como potência do painel, local de instalação, orientação, inclinação, temperatura, sombreamento, entre outros. Além deste indicador, outros fatores como treinamento técnico em energia fotovoltaica e acesso ao crédito através de um projeto de viabilidade econômica bem elaborado possuem elevada ponderação devido à criticidade em negócios direcionados para custo e produtividade do sistema solar, onde a busca pela eficiência é a base da competição.

Quadro 21: Taxas de substituição para os FCS do PVF 3.

PVF 3: Processos Gerenciais e Estratégicos (25,80%)		
Taxa de Substituição dos FCS	Taxa de Substituição dos indicadores	Indicadores de Desempenho
3,14%	3,14%	3.1.1 Treinamento tecnológico em energias renováveis (Energia Fotovoltaica)
2,95%	2,95%	3.2.1 Treinamento Gerencial em energia renovável e eficiência energética
3,33%	3,33%	3.3.1 Conhecimento em Geração de Energia Fotovoltaica
2,02%	0,83%	3.4.1 Divulgação da Eficiência do Sistema Solar na Internet
	1,19%	3.4.2 Divulgação do Sistema Solar em Feiras e Eventos
2,95%	2,95%	3.5.1 Técnicas avançadas de Gestão de Energia Solar
3,14%	3,14%	3.6.1 Capital e Acesso ao Crédito
2,85%	2,85%	3.7.1 Acessibilidade à assistência técnica do Sistema Fotovoltaico
2,47%	2,47%	3.8.1 Acessibilidade à mão-de-obra qualificada
2,87%	1,38%	3.9.1 Confiança no Sistema Solar
	1,57%	3.9.2 Flexibilidade da Liderança

Percebe-se ainda que todos os indicadores localizados neste nível resultaram em taxas superiores a 2,0%, o que demonstra uma certa relevância destes fatores para a competitividade. O indicador com menor ponderação foram os indicadores do fator 3.4, referente a marketing ambiental e divulgação do sistema solar ($W = 2,03\%$), enfatizando que as empresas não estão preocupadas em divulgar sua

geração de energia fotovoltaica. Nesse sentido, o marketing ambiental é um indicador em potencial estratégico para o desenvolvimento da imagem ecologicamente consciente da empresa.

Para a última perspectiva, observa-se através do Quadro 22 que todos os indicadores deste grupo apresentaram taxas de substituição superiores a 5,7% o que representa uma grande importância deste ponto de vista para a competitividade na geração de energia fotovoltaica. Entre os indicadores, o fator 4.2 referente ao reconhecimento pelos resultados inovadores, satisfação da empresa com os resultados e resultado dos últimos investimentos na empresa apresentaram as melhores taxas, totalizando 6,77%. Este entendimento mostra que a quantificação e divulgação dos resultados dos investimentos em inovações para geração de energia é importante para a competitividade, pela possibilidade de se atingir um número maior de interessados, clientes, *stakeholders* e colaboradores.

Quadro 22: Taxas de substituição para os FCS do PVF 4.

PVF 4: Inovações em Geração de Energia (25,67%)		
Taxa de Substituição dos FCS	Taxa de Substituição dos indicadores	Indicadores de Desempenho
6,70%	2,28%	4.1.1 Inovação em Tecnologia Sustentável
	2,28%	4.1.2 Acompanhamento de novas tendências em energias renováveis
	2,14%	4.1.3 Busca por novas soluções energéticas
6,77%	2,35%	4.2.1 Reconhecimento pelos resultados inovadores
	2,35%	4.2.2 Satisfação da empresa com os resultados
	2,07%	4.2.3 Resultado dos investimentos no último ano
5,78%	1,93%	4.3.1 Indicadores para avaliação das inovações
	1,71%	4.3.2 Ampliação do Sistema Fotovoltaico
	2,14%	4.3.3 Investimento em eficiência energética
6,42%	6,42%	4.4.1 Postura proativa

Por outro lado, a ampliação do sistema solar e a existência de indicadores para avaliação das inovações em geração de energia obtiveram a menor ponderação entre os fatores deste nível ($W = 5,78\%$). Isso demonstra que a

avaliação das inovações, a ampliação do sistema solar e o investimento em eficiência energética não são considerados fatores de primeira importância para os gestores, havendo outras prioridades frente a inovação. Esta análise aplica-se também a percepção de que investimentos em eficiência energética e a ampliação do sistema solar depende de fatores sistêmicos e financiamentos externos, por vezes, tratado como uma questão secundária em função da redução de custos nas empresas.

De modo geral, nota-se que houve uma baixa discriminação entre os PVFs, e que todos os quatro PVFs apresentaram taxas na faixa de 23% - 26%. A baixa diferença de importância entre os PVFs é resultado da uniformidade dos escores atribuídos por todos os respondentes, os quais atribuíram valores muito próximos de importância para a competitividade em todos os FCS levantados.

5.3 AVALIAÇÃO DA COMPETITIVIDADE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A avaliação da competitividade envolve a obtenção de resultados quantitativos obtidos por meio da aplicação da modelagem, e sua transcrição para resultados qualitativos, que representam um diagnóstico da empresa no momento da coleta de dados. Para tanto, os resultados quantitativos foram obtidos por meio de uma função de agregação aditiva, a qual permite calcular o nível global de competitividade das empresas, levando-se em conta o desempenho obtido em cada indicador e sua respectiva taxa de substituição. Esta função é demonstrada pela Equação 5.

$$V \beta = \sum_{i=1}^n W_i V_i \quad (5)$$

Onde $V \beta$ é a avaliação global da competitividade da empresa $\beta \in \{0 \dots 100\%$ e $\beta \in \{A, B, C \dots Z\}$, W_i é a taxa global de substituição do FCS i , $\forall W_i \in \{0 \dots 100\%$ e $V_i(\beta)$ refere-se ao desempenho da empresa β no FCS i . Da mesma forma como já apresentado na seção 5.2, i representa o índice que indica a posição do FCS na estrutura hierárquica.

Para a avaliação dos resultados quantitativos e sua consequente conversão em parâmetros qualitativos, foram propostas quatro faixas para classificar o nível de competitividade global, conforme mostrado no Quadro 23

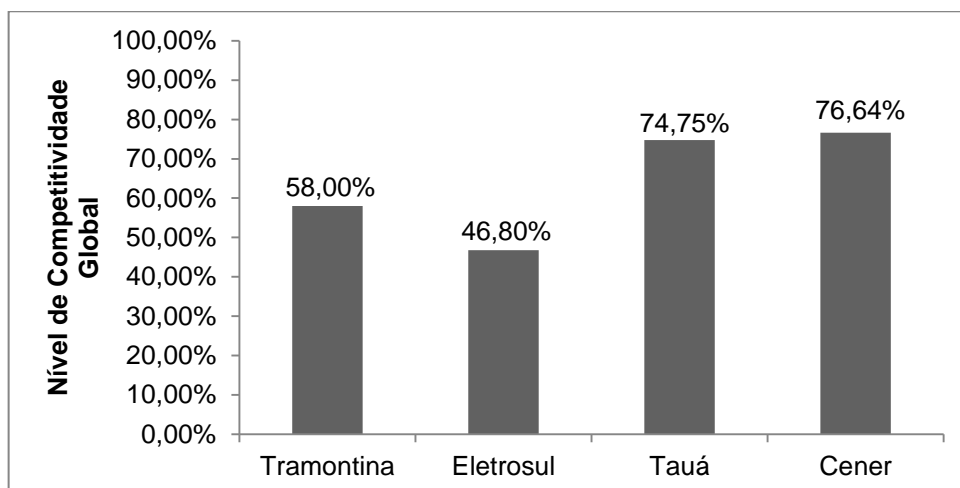
Quadro 23: – Faixas de Avaliação da Competitividade.

$V (\beta)$	Descrição
0% ----- 25%	Não Competitiva
25% ----- 50%	Pouco Competitiva
50% ----- 75%	Potencialmente Competitiva
75% ----- 100%	Plenamente Competitiva

Dessa forma um desempenho competitivo de 50% demonstra que a empresa encontra-se em patamares medianos. Assim, um desempenho acima deste percentual coloca a empresa em uma situação potencialmente competitiva, na qual afirma que a mesma atende aos requerimentos mínimos do setor, porém ainda se encontra em uma situação de alta rivalidade. Caso a empresa supere suas deficiências, a mesma poderá ultrapassar a marca de 75%, onde neste caso sua alta *performance* será enquadrada em um nível considerado de plena competitividade. Em uma situação oposta, um desempenho inferior a média do setor torna a empresa pouco competitiva, na faixa de 25% à 50%. Caso a mesma apresente um desempenho inferior ao nível de 25%, será considerada não competitiva.

Os resultados globais para as quatro empresas participantes da pesquisa estão demonstrados na Figura 15.

Figura 15: Resultados globais de mensuração da competitividade.



Percebe-se, primeiramente, que nenhuma das empresas avaliadas foi considerada não competitiva, sendo uma considerada pouco competitiva

($V_{\text{ELETROSUL}} = 46,80\%$), duas potencialmente competitivas ($V_{\text{TRAMONTINA}} = 58,00\%$ e $V_{\text{TAUÁ}} = 74,75\%$) e uma plenamente competitiva ($V_{\text{CENER}} = 76,64\%$).

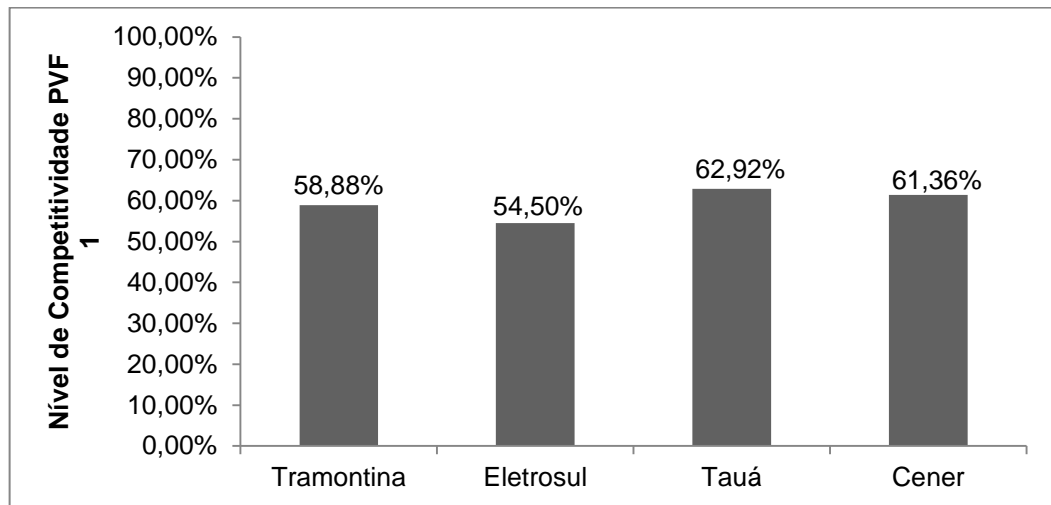
Destaca-se o fato de que a empresa considerada plenamente competitiva, o Centro Nacional de Energias Renováveis (CENER), possui membros com qualificações técnicas variadas e suas atividades vão desde o estudo de células fotovoltaicas até a conclusão de instalações fotovoltaicas. Além disso, o Cener Energia Solar Fotovoltaica também está envolvido em projetos de cooperação internacional patrocinado pela Agência Internacional de Energia (AIE).

Já a Usina Solar Tauá apresentou um alto nível de competitividade, ficando com 0,25% abaixo da faixa percentual considerada plenamente competitiva. Esse alto grau competitivo se deve ao fato do sistema solar em operação ser a primeira usina fotovoltaica em escala comercial do país conectada ao Sistema Interligado Nacional. O mesmo aconteceu com a empresa Tramontina Eletrik, a qual se enquadrou na faixa de empresa potencialmente competitiva, porém apresentando um percentual de 16,75% menor que a Usina Tauá. Vale ressaltar que a Tramontina possui o menor sistema solar em operação em comparação com as demais empresas participantes da pesquisa. Entretanto, o gestor demonstrou interesse na ampliação desse sistema e apresentou alto desempenho em indicadores com taxas de substituição elevadas.

Percebe-se que os resultados obtidos não permitem uma correlação direta entre o porte do Sistema Solar e o desempenho da empresa, visto que o menor nível competitivo foi acusado pela Eletrosul, enquadrando-se na faixa de empresa pouco competitiva, e a mesma é considerada uma das Usinas Solares mais representativas do Brasil.

Estratificando-se os resultados por pontos de vista fundamental, a Figura 16 demonstra as pontuações obtidas para o PVF 1.

Figura 16: Resultados de mensuração da competitividade para o PVF 1.

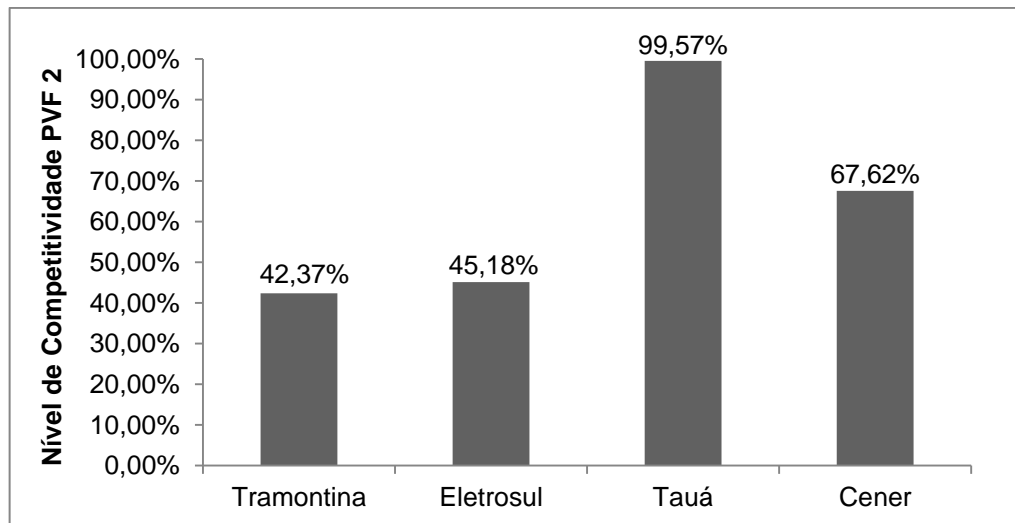


Neste caso, as quatro empresas apresentaram resultados potencialmente competitivos para os indicadores que compõem as Alianças Estratégicas ($V_{ELETROSUL} = 54,50\%$, $V_{TRAMONTINA} = 58,88\%$, $V_{TAUÁ} = 62,92\%$ e $V_{CENER} = 61,36\%$). O alto resultado obtido pela empresa Tauá e Cener explica em parte sua dominância sobre as demais no caso da avaliação global. Da mesma forma, o índice insatisfatório obtido pela Eletrosul justifica sua baixa pontuação global.

A Usina Tauá e o Centro Nacional de Energias Renováveis desenvolvem alianças e relacionamentos sólidos com os demais *stakeholders*, obtendo resultados superiores a 60% neste ponto de vista fundamental. Já em outra face, a empresa Tramontina apresentou um percentual de 58,88%, isso demonstra ser possível que pequenos sistemas solares fortaleçam laços comerciais com demais agentes em prol da competitividade. Entretanto, este foi o PVF com o resultado mais insatisfatório dos quatro avaliados, com uma média de desempenho de 59,42%, percentual que abrange o desempenho mediano de todas as empresas.

Para o caso do PVF2, os resultados mostrados na Figura 17 apontam algumas considerações a serem observadas pelas empresas.

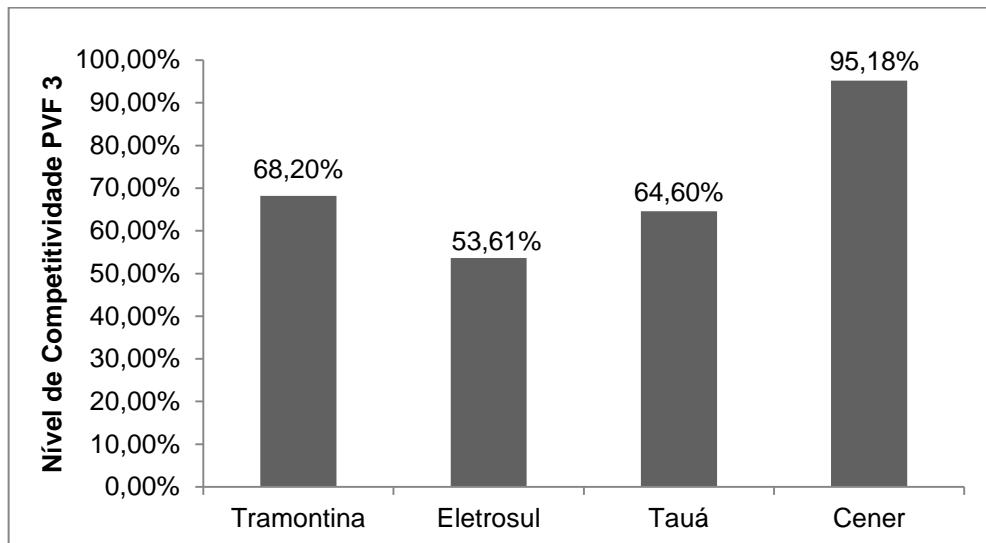
Figura 17: Resultados de mensuração da competitividade para o PVF 2.



Nota-se claramente que este é o PVF com o resultado mais discrepante entre as quatro empresas participantes da pesquisa, com uma amplitude de 57,20%, contemplando desde um máximo ($V_{TAUÁ} = 99,57\%$) até um desempenho mínimo ($V_{TRAMONTINA} = 42,37\%$). No caso das empresas Tramontina e Eletrosul, a pontuação foi prejudicada em função da completa inexistência de monitoramento da qualidade dos módulos fotovoltaicos, da estrutura e do monitoramento econômico-financeiro internacional. As duas empresas enquadraram-se na faixa de pouco competitivas, o Cener enquadrou-se como potencialmente competitivo por monitorar a qualidade dos seus módulos, a estrutura do sistema solar e a geração e o consumo das grandezas elétricas uma vez por semana ou uma vez por mês. Já a Usina Tauá, com 99,57% de desempenho no PVF2, apresentou um monitoramento diário de grande parte dos indicadores levantados, sendo considerada plenamente competitiva dentro deste ponto de vista fundamental de monitoramento da energia solar.

Para o PVF 3, que avalia os processos gerenciais e estratégicos das operações do sistema solar, os resultados apresentados na Figura 18 mostram uma média de 72,67% de desempenho competitivo, porém com uma amplitude igual a 41,57%, onde o máximo desempenho foi alcançado pelo Cener, com 95,18%, e, o mínimo apresentado pela Eletrosul, com 53,61%. No entanto, nota-se que o valor atingido pela Eletrosul é relativamente alto e encontra-se em uma posição potencialmente competitiva, o que classifica o PVF 3 como o ponto de vista fundamental com resultados mais satisfatórios dentre os quatro pontos.

Figura 18: Resultados de avaliação da competitividade para o PVF 3.

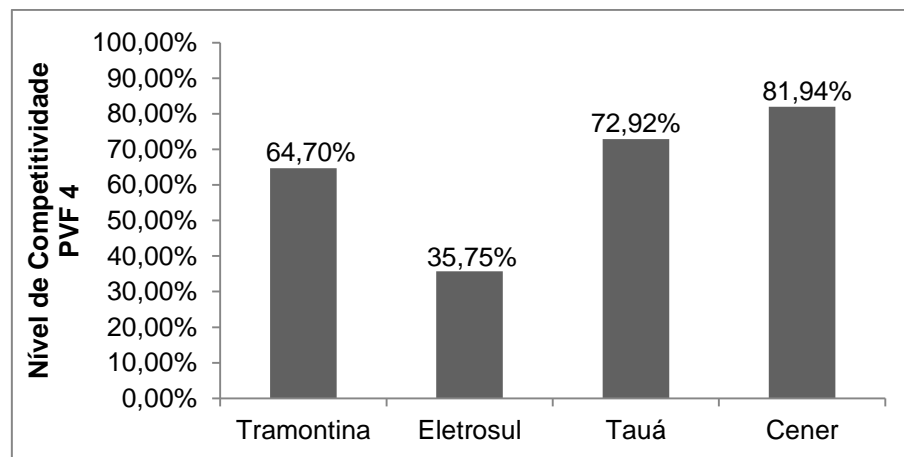


O baixo nível de competitividade identificado pela Eletrosul, com relação às demais empresas, é decorrente, especialmente, do seu desempenho nos indicadores relacionados à divulgação da eficiência do sistema solar, no entanto, a empresa enquadra-se em um nível potencialmente competitiva em função da baixa taxa de substituição destes fatores. Além destes, o indicador referente ao aprendizado gerencial em energias renováveis, o qual trata da taxa de importância do treinamento gerencial que cada funcionário responsável pela energia e eficiência energética recebe anualmente, também foi identificado como responsável pela baixa pontuação da Eletrosul neste PVF. O mesmo aconteceu com a Tramontina Eletrik, a qual não pontuou nos fatores referentes à divulgação do sistema solar.

Já no caso do Centro Nacional de Energias Renováveis, o mesmo só não atingiu a pontuação máxima no PVF 3 pelo fato de os indicadores referentes a marketing ambiental e divulgação do sistema solar apresentarem uma importância de 50% e as principais ferramentas utilizadas na gestão do sistema foram classificadas como avançadas (75%) quanto a sua complexidade e robustez, obtendo *performance* de 100% para os demais FCS relacionados ao PVF 3. O resultado desta empresa revela sua elevada eficiência na gestão da energia fotovoltaica.

O último ponto de vista analisado, o PVF 4, apresentou uma média geral de 63,82%, com uma amplitude de 46,19% entre o melhor desempenho ($V_{CENER} = 81,94\%$) e o pior caso reportado ($V_{ELETROSUL} = 35,75\%$), conforme pode ser visto na Figura 19.

Figura 19: Resultados de avaliação da competitividade para o PVF 4.



Seguindo o mesmo comportamento dos outros PVFs analisados, o PVF 4 apresentou duas empresas na categoria potencialmente competitiva, Tramontina Eletrik e Usina Tauá, o Cener enquadrou-se novamente como plenamente competitivo, e, a Eletrosul como pouco competitiva.

No caso da Eletrosul, que obteve o pior resultado entre as empresas analisadas, o baixo desempenho é decorrente de uma série de avaliações pouco satisfatórias em todos os indicadores, sem que se possa atribuir este fato a um ou outro indicador específico. A empresa foi capaz de ultrapassar a marca de 50% em apenas dois dos dez indicadores referentes a este grupo, referentes a estímulo da inovação em tecnologias direcionadas a energias renováveis (100%) e, a existência de um processo sistemático na empresa para o acompanhamento de novas tendências em energias renováveis (75%).

Já para o caso da melhor colocada, o Cener, o mesmo destaca-se por atingir o máximo de desempenho no indicador referente a postura proativa, reconhecimento dos resultados inovadores, existência de indicadores para avaliação do desempenho da inovação implementada, satisfação da empresa com os resultados inovadores. Os resultados demonstram que o Centro Nacional de Energias Renováveis possui características de elevado perfil inovador, pois a cultura da organização estimula a inovação, busca, implementa e avalia o desempenho de novas tecnologias direcionadas a energias renováveis.

5.4 SIMULAÇÕES

A modelagem proposta para avaliar a competitividade na geração de energia fotovoltaica permite um diagnóstico da situação das empresas participantes da

pesquisa no momento da coleta de dados, além disso, cria subsídios para a elaboração de planos de melhoria que podem alavancar a atual *performance* para patamares mais elevados de competição.

Como a modelagem considera que existam taxas de substituição entre os indicadores utilizados, a elaboração destes planos deverá levar em conta o peso de cada um deles, pois os mesmos definem um *ranking* de importância. O foco, neste caso, é promover melhorias primeiro nos indicadores que possuem maiores taxas de substituição, para que seja possível contribuir de maneira mais significativa para alavancar a avaliação global da competitividade na geração de energia fotovoltaica das empresas avaliadas.

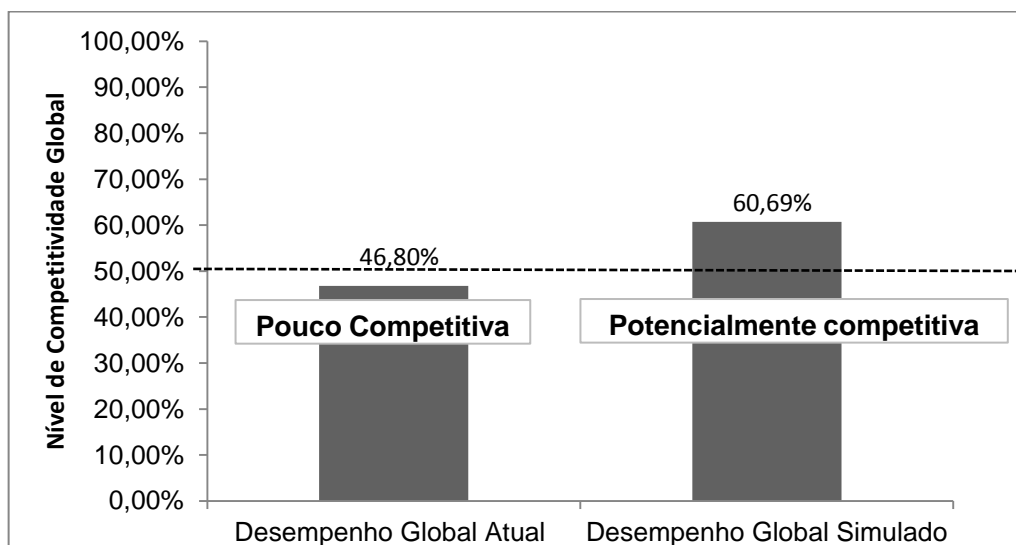
Para demonstrar o efeito do plano de ação focado no aumento da atual *performance*, inicialmente será analisado o caso da empresa Eletrosul, a qual obteve o menor desempenho global entre as quatro geradoras de energia solar analisadas. Para esta, uma das possibilidades iniciais de estratégias de recuperação seria estabelecer como meta o aumento de pelo menos um nível de *performance* em cada indicador, para que seja possível, inicialmente, o aumento do nível dos quinze indicadores mais relevantes, definidos conforme o ordenamento decrescente da taxa de substituição. Esta proposta de melhoria é demonstrada no Quadro 24.

Quadro 24: Simulação para elevar o nível da competitividade.

Ordem	Indicador	Taxa de Substituição	Desempenho atual	Desempenho meta
1	4.2	6,77%	25%	50%
2	4.1	6,70%	75%	100%
3	4.4	6,42%	0%	25%
4	4.3	5,78%	50%	75%
5	2.6	4,71%	50%	75%
6	2.1	4,50%	25%	50%
7	2.5	4,42%	75%	100%
8	2.4	4,24%	25%	50%
9	2.2	3,78%	0%	25%
10	2.3	3,78%	100%	100%
11	1.3	3,53%	100%	100%
12	3.3	3,33%	100%	100%
13	1.5	3,32%	75%	100%
14	3.1	3,14%	50%	75%
15	3.6	3,14%	0%	25%

Assim, para o caso de simulação do indicador 4.2, Resultados das Inovações, a empresa deverá focar seus esforços para alterar sua situação nivelada em N2 (25%) para N3 (50%), replicando esta lógica para os demais indicadores listados. Percebe-se, entretanto, que para os quinze indicadores selecionados, os únicos que não demandaram melhorias foram os indicadores 2.3, Monitoramento das condições climáticas locais, 1.3, Relações com universidades, institutos de pesquisa, escolas técnicas e/ou serviços de normatização, e, 3.3, Conhecimento em Geração de Energia Fotovoltaica, uma vez que nestes fatores a empresa já atingiu valores plenamente competitivos. Caso a geração de energia fotovoltaica da empresa Eletrosul obtenha êxito na realização das ações recomendadas, a simulação de desempenho para os novos valores mostra que sua situação competitiva será elevada em 13,89%, deixando os atuais 46,80% e atingindo um desempenho de 60,69%, conforme apresentado na Figura 20.

Figura 20: Simulação do Desempenho Global para a geração de energia fotovoltaica na empresa Eletrosul.

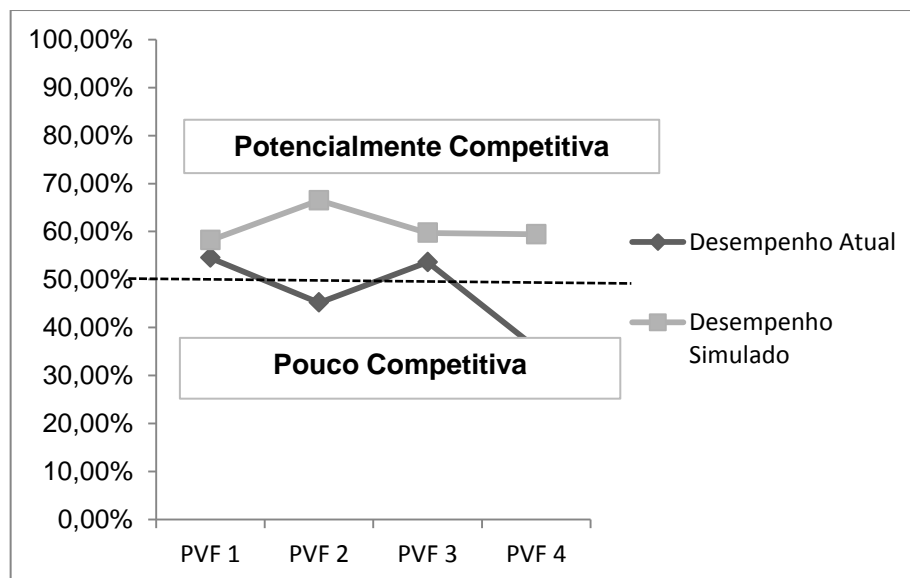


Neste novo cenário, a situação do Sistema Solar da Eletrosul deixaria de ser “pouco competitivo” e alcançaria a faixa de “potencialmente competitivo”. Isso demonstra que o conjunto de ações propostas seria um importante passo na recuperação da posição de mercado para esta empresa, havendo avanços principalmente naqueles fatores considerados como os mais críticos para a competitividade na geração de energia fotovoltaica, conforme observado pelas taxas de substituição.

Desdobrando-se a análise de melhorias da empresa para o nível dos PVFs, conforme Figura 21, avalia-se que as ações propostas alteram consideravelmente o perfil original nos quatro pontos de vista, alterando-se a magnitude dos valores. Apesar do desempenho global da empresa ter elevado seu nível de classificação, o resultado atingido no PVF 1 obteve um aumento de 3,67% e o PVF 3 apresentou um aumento de 6,09%, demonstrando a necessidade de mais intervenções para se obter um desempenho satisfatório em todos os requisitos. Além disso, percebe-se que o PVF 2 e o PVF 4 foram alterados consideravelmente, ambos elevaram sua situação de pouco competitivos para potencialmente competitivos.

As ações recomendadas para a empresa, apesar de elevarem sua situação competitiva, não podem ser consideradas suficientes, pois a instabilidade no setor de geração de energia fotovoltaica direciona as estratégias em prol da excelência. Assim, mesmo o Cener, que obteve a maior pontuação, deve elaborar um plano de melhoria visando atingir, sempre, o desempenho mais próximo de 100% possível, situação considerada de plena competitividade.

Figura 21: Comparação do Desempenho atual e o Desempenho simulado.



De maneira geral, é importante ressaltar que existem muitas possibilidades de planos de melhorias para essas empresas. Apesar das taxas de substituição sugerirem os indicadores prioritários para maximizar a competitividade, deve estar claro que a competitividade advém de um conjunto equilibrado de bom desempenho

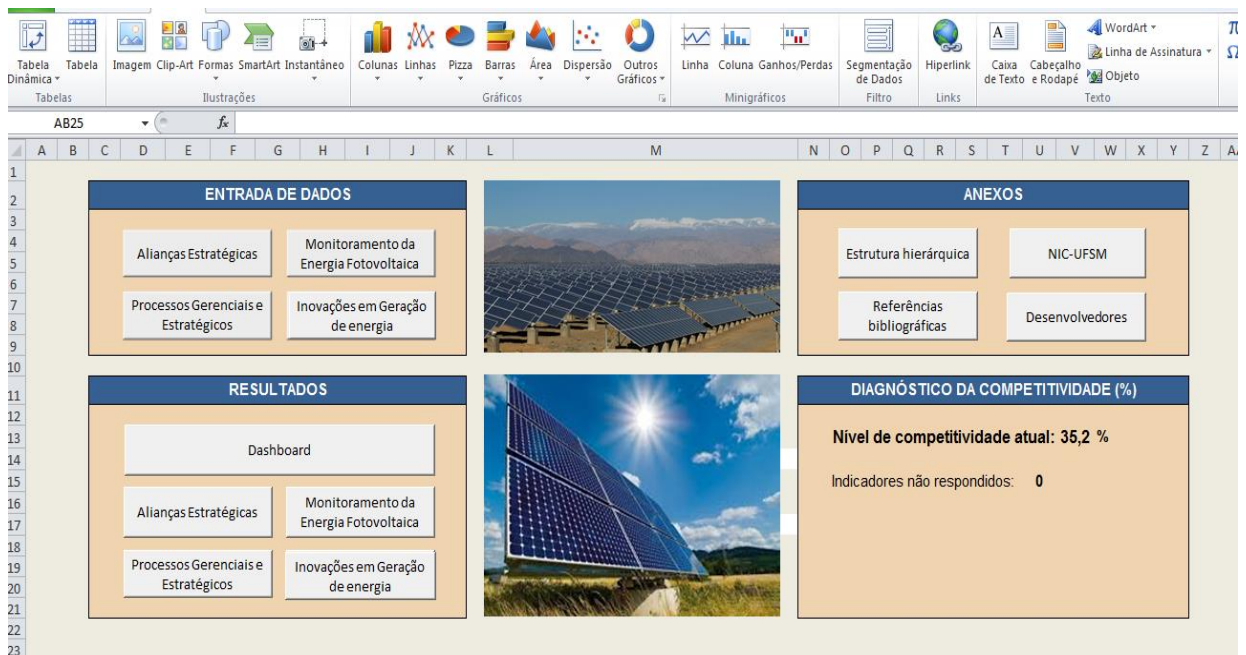
em todos os indicadores, de modo que mesmo o resultado global sendo favorável, é necessário estar atento ao desempenho dos pontos de vista fundamentais individualmente, bem como o resultado de cada indicador.

5.5 FERRAMENTA NIC – GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

As práticas de gestão desenvolvidas por meio de pesquisas científicas ainda enfrentam dificuldades de implementação nos ambientes empresariais. Este fato, em parte, é decorrente da necessidade de se dispor ferramentas mais intuitivas para este ambiente, através de interfaces de fácil assimilação pelo usuário final. A partir desta motivação, buscou-se estender a pesquisa e construir uma ferramenta eletrônica capaz de auxiliar a adoção prática da modelagem construída. Para tanto, foram elaboradas uma série de planilhas eletrônicas, as quais seguiram o modelo da Ferramenta NIC Plásticos (SOLIMAN, 2015), juntamente com o uso do software *Microsoft Excel®*, adotando-se o nome *NIC – Geração de Energia Fotovoltaica*.

A tela inicial desta ferramenta, demonstrada na Figura 22, possui quatro blocos: entrada de dados; resultados; anexos; e diagnóstico da competitividade.

Figura 22: Tela inicial da ferramenta NIC – Energia Fotovoltaica.



Na primeira caixa da ferramenta encontram-se quatro botões que dão acesso aos formulários construídos no instrumento de pesquisa para a coleta de dados, sendo uma tela para cada PVF. Assim, o usuário, ao clicar em um destes botões, é direcionado para outra aba da planilha na qual estão os questionamentos e os cinco níveis de resposta distribuídos em alternativas, conforme o instrumento de pesquisa apresentado no Apêndice A. A Figura 23 apresenta o recorte da tela para ilustrar a aba dos PVFs na ferramenta, segue como exemplo o PVF 1 – Alianças Estratégicas.

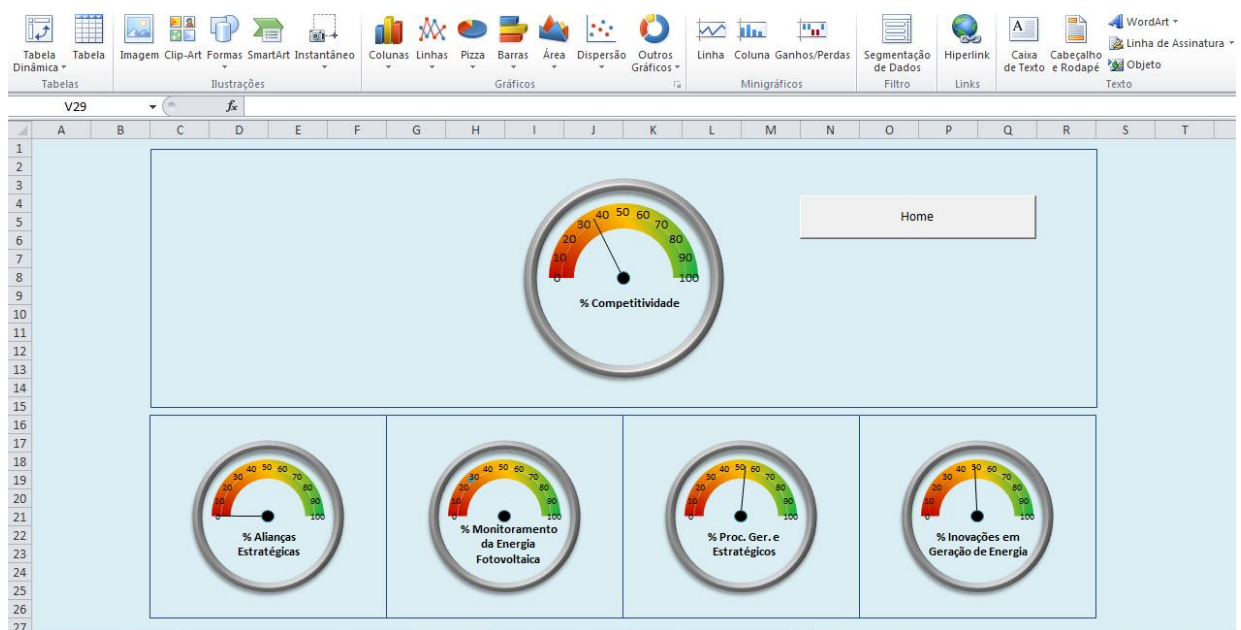
Figura 23: Tela da Ferramenta NIC – Energia Fotovoltaica, instrumento de pesquisa do PVF 1 – Alianças Estratégicas.

Na sequência da ferramenta, o usuário deve assinalar uma resposta para cada questão. Para tornar a aplicação visualmente menos poluída com a descrição de cada indicador, a mesma foi inserida em formato de comentário, para que o usuário possa visualizá-la, se necessário. O processamento dos dados é modelado em uma aba da planilha denominada “interface”, na qual estão inseridas todas as fórmulas matemáticas e lógicas necessárias para a quantificação das taxas de substituição de cada indicador.

O segundo quadro de funções, denominado Resultados, está desenhado para gerar relatórios gráficos do desempenho competitivo na geração fotovoltaica, utilizando os dados inseridos previamente, bem como as taxas de substituição e a

árvore de decisão elaborada. O primeiro relatório gerado é um *dashboard*, conforme apresentado na Figura 24, essa visualização permite uma rápida inspeção da situação competitiva na geração da energia fotovoltaica da empresa, através de gráficos de velocímetros, no qual o topo apresenta o resultado de desempenho global e logo abaixo a competitividade estratificada para cada PVF.

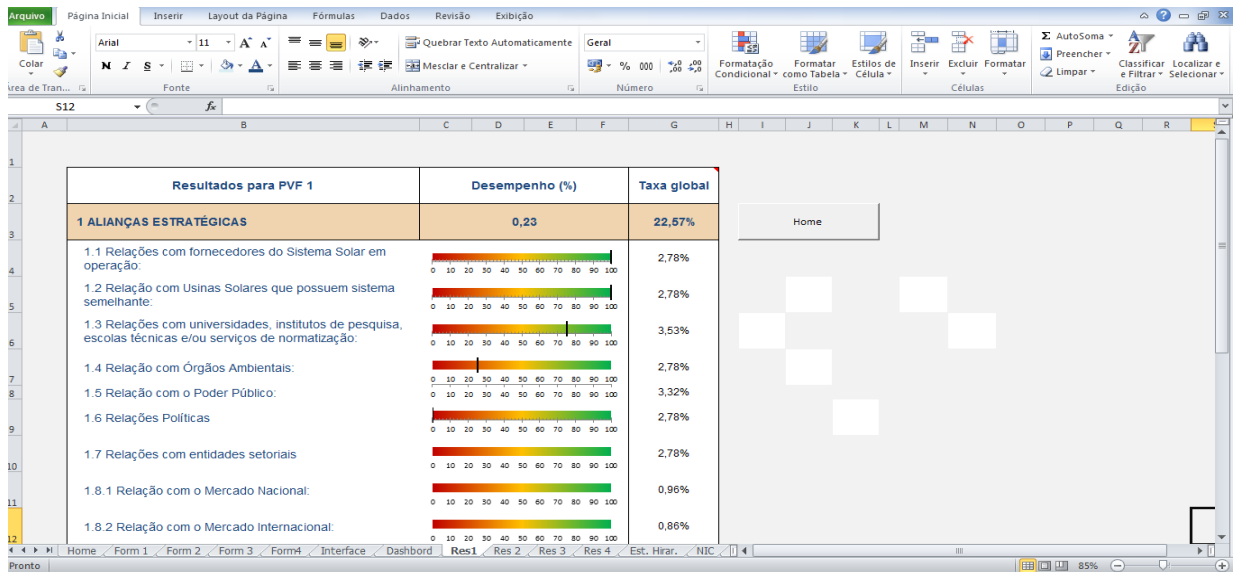
Figura 24: Tela da Ferramenta NIC – Energia Fotovoltaica, *dashboard*.



A forma de apresentação de resultados por meio do *dashboard* contribui com a gestão visual do sistema solar da empresa, permitindo que os gestores o exponham em murais ou outros canais de divulgação, facilitando a comunicação, divulgação e monitoramento e avaliação dos indicadores.

Os outros botões que compõem o bloco de resultados apresentam os valores obtidos pela empresa em cada um dos PVFs e em cada indicador. Na Figura 25 mostra-se, como exemplo, a tela do relatório gerado nesta aba através do exemplo dos indicadores relacionados ao PVF 1 – Alianças Estratégicas.

Figura 25: Tela da Ferramenta NIC – Energia Fotovoltaica, relatório do PVF 1.



O terceiro bloco, denominado “Anexos”, apresenta informações relevantes para a construção da modelagem e da ferramenta. O botão “Estrutura Hierárquica” é composto pela árvore de decisão, o botão “NIC-UFSM” e “Desenvolvedores” compõem uma breve descrição do trabalho realizado no Núcleo de Inovação e Competitividade/UFSM e o histórico acadêmico dos autores da pesquisa.

Finalizando a apresentação da ferramenta, o botão denominado “Diagnóstico da Competitividade” apresentam a tela inicial o desempenho global da organização em avaliação, e, conta também, com um alerta de erro, para o caso de algum dos indicadores não ter sido preenchido corretamente, evitando que respostas deixadas em branco comprometam a avaliação final dos resultados.

6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo contempla as considerações finais e a conclusão obtidas através do desenvolvimento da pesquisa e dos resultados encontrados. Em complemento, as limitações e propostas de estudos futuros são apresentadas nas seções 6.3 e 6.4. A seção 6.5 apresenta as publicações já realizadas e os futuros trabalhos referente a esta dissertação de mestrado.

6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dissertação de mestrado apresentada teve como objetivo geral o desenvolvimento de uma modelagem para mensuração da competitividade na geração de energia fotovoltaica. Para isso, essa pesquisa teve como ponto de partida a análise de dados setoriais da geração de energia fotovoltaica, evidenciando-se a tecnologia empregada, o potencial nacional e internacional e os benefícios desta energia renovável. Por um lado, estes dados apontam para um crescimento otimista no consumo e utilização de energias renováveis no Brasil e no mundo, e por outro, demonstram uma elevada burocracia na geração de energia fotovoltaica, alto custo da tecnologia envolvida e baixo controle e monitoramento da gestão de energia.

Este cenário demonstra que existem entraves para a competitividade dos sistemas solares instalados e em operação, o que sugere a utilização de ferramentas gerenciais capazes de identificar a situação competitiva desta geração de energia. Assim, esta pesquisa foi motivada pelo seguinte problema: Como medir e mensurar o nível de competitividade na geração da energia fotovoltaica?

Para encontrar uma resposta que satisfizesse o questionamento, foi construída uma modelagem a partir da identificação de quarenta e um indicadores chave de desempenho, mensurados por meio de uma escala padronizada e linear de cinco pontos, organizados hierarquicamente sob a estrutura da árvore de decisão. Houve ainda a validação da proposta por pesquisadores com experiência no mercado da geração de energia fotovoltaica, e, a construção de uma aplicação eletrônica para a coleta e processamento dos dados.

A partir da investigação teórica realizada na literatura científica, notas técnicas e documentos setoriais, bem como com base nos resultados obtidos pela aplicação prática da modelagem, pode-se fazer as seguintes considerações:

- a) o cenário da energia solar no país, e no mundo, apresenta tendência ao aumento. Atualmente o uso da energia solar é uma excelente alternativa e o investimento é compensando financeiramente e ambientalmente. Além do custo competitivo, a instalação de uma usina solar movimenta a economia local e gera empregos, com o mínimo de impacto ambiental e social. O Brasil é um dos países que mais recebem incidência de raios solares por ano e, mesmo assim, ainda faz pouco uso da energia solar. Entretanto, esse cenário vem mudando a cada ano apresenta perspectivas reais de crescimento. A crise hídrica que o Brasil atravessa periodicamente e o alto custo com a ativação das termelétricas fez os governantes e a iniciativa privada investirem mais consistentemente no mercado de energia solar;
- b) os principais direcionadores da competitividade na geração de energia fotovoltaica podem ser visualizados sob a ótica de quatro pontos de vista fundamentais, conforme demonstrado ao longo da seção 4.1. O primeiro, diz respeito ao relacionamento das empresas geradoras de energia solar com os demais agentes da cadeia, enquanto o segundo aborda o monitoramento da energia solar, nos âmbitos técnico, estrutural, climatológico e econômico-financeiro. O terceiro, por sua vez, está relacionado ao gerenciamento e a capacitação profissional dos colaboradores e da alta direção, abordando processos gerenciais e estratégicos, e o quarto ponto de vista evidencia a importância de inovações em geração de energia;
- c) os cálculos das taxas de substituição permitiram visualizar a diferença de importância entre os critérios selecionados para a modelagem. Os valores resultantes apontam que, de modo geral, a preocupação com o desenvolvimento e capacitação dos colaboradores e gestores, eficiência das operações do sistema solar, domínio da tecnologia, investimentos em P&D, bom relacionamento com os *stakeholders*, são os fatores que exercem papel predominante sobre a competitividade empresarial, e por isso recebem as maiores taxas de substituição. Os demais fatores atuam como coadjuvantes, exercendo menor influência sobre o contexto;

d) o teste da modelagem em quatro empresas geradoras de energia solar com diferentes capacidades e perfis foi capaz de demonstrar a situação competitiva destas empresas. Os resultados observados apontam que os principais entraves competitivos na geração da energia solar são semelhantes aos visualizados pela literatura, especificamente quanto à baixa utilização de indicadores para avaliação de desempenho, baixa divulgação do sistema solar e marketing ambiental, pouco, ou nenhum, uso de ferramentas para gestão da geração de energia. Fatos estes, que se justificam pelo fato da grande maioria dos sistemas solares instalados estarem operando há menos de quatro anos e ainda não apresentarem uma gestão madura e estruturada.

O panorama geral da mensuração da competitividade mostra que apenas uma das empresas analisadas pode ser considerada plenamente competitiva, o Centro Nacional de Energias Renováveis, localizado na Espanha, o que confirma a intensidade das pressões nacionais sobre o setor de energias renováveis e a ausência de estratégias que permitam as empresas brasileiras se desvencilharem dos entraves locais;

e) a modelagem para mensuração pode ser utilizada com sucesso para a realização de simulações de resultados. Para os casos testados, foi possível analisar o impacto produzido por um plano de melhorias sobre a competitividade global. Neste sentido, as taxas de substituição contribuem para a definição de prioridades de intervenção, permitindo visualizar quais modificações mais contribuem para a maximização da função objetivo, no caso a competitividade global;

f) a ferramenta NIC – Geração de Energia Fotovoltaica é capaz de facilitar a implementação prática da modelagem desenvolvida através da visualização das taxas e indicadores. A aplicação, utilizando planilhas eletrônicas, permite aos gestores acompanharem a situação competitiva da geração de energia fotovoltaica em suas organizações de modo a auxiliar na tomada de decisão, dando-se assim continuidade e extensão prática ao trabalho desenvolvido.

6.2 CONCLUSÃO

A partir das colocações apresentadas nas considerações finais, considera-se que o objetivo geral e os objetivos específicos foram cumpridos, uma vez que a

modelagem construída satisfaz a condição de ser capaz de mensurar o nível de competitividade na geração de energia fotovoltaica. Uma vez satisfeito este objetivo, pode-se concluir que medir e avaliar o nível de competitividade da geração de energia fotovoltaica é possível, além disso, pode ser demonstrado de que maneira obtêm-se este resultado, respondendo, assim, ao problema que originou esta dissertação de mestrado.

6.3 LIMITAÇÕES

A principal limitação desta pesquisa está condicionada a abordagem da competitividade em um setor de geração de energia relativamente novo. Embora a energia solar seja uma das fontes de energia com mais benefícios, ela ainda apresenta algumas desvantagens no que diz respeito a custo de aquisição, impostos elevados, falta de financiamento com juros baixos, carência de profissionais técnicos capacitados, entre outros citados no desenvolvimento da pesquisa. Dessa forma, percebe-se que a energia solar fotovoltaica no Brasil ainda é embrionária, o que dificulta mensuração da competitividade na sua geração.

Além do mais, muitas empresas com sistemas solares instalados estão operando em escala piloto e não se sentiram aptas a responder o instrumento de pesquisa desta dissertação. Outra limitação relevante pode estar condicionada ao período de aplicação do instrumento de pesquisa, a coleta de dados deu-se em apenas cinco meses. Assim, com o retorno de apenas quatro instrumentos de pesquisas, a modelagem desenvolvida apresentou-se limitada.

6.4 ESTUDOS FUTUROS

A presente pesquisa ainda possui pontos que podem ser desenvolvidos em estudos futuros. Entre estes, destaca-se a aplicação do instrumento de pesquisa em todas as empresas consideradas Usinas Solares brasileiras para que seja possível moldar a competitividade no setor, de modo a suprir a limitação exposta na seção 6.3.

Dessa forma, com a aplicação dos instrumentos em mais empresas geradoras de energia fotovoltaica torna-se possível realizar análises estatísticas do setor, obtendo-se uma amostra representativa que permita diagnosticar a situação

da energia fotovoltaica no Brasil, contribuindo com a construção das políticas de incentivo e fortalecimento da geração da energia fotovoltaica. Além disso, pode ser ampliada a aplicação do instrumento para avaliação do desempenho de centros/institutos de pesquisa em energias renováveis, replicando a coleta de dados realizada no Cener.

6.5 PUBLICAÇÕES

Até o presente momento houve a publicação de três artigos em eventos internacionais e, a submissão de outros dois artigos em periódicos.

ROSA, C.; SILUK, J.C.M. **Proposal of the Instrument for Measuring Organizational Innovation in the Generation Photovoltaics Distributed.** IX Simposio Internacional de Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias, 2016. Porto Alegre, Brasil. PUBLICADO NOS ANAIS DO EVENTO.

ROSA, C.; SILUK, J.C.M. **Proposal of the Instrument for Measuring Innovation level in the Industrial Energy Efficiency.** International Conference on Systematic Innovation, 2016. Portugal. PUBLICADO NOS ANAIS DO EVENTO.

ROSA, C.; SILUK, J.C.M. Proposal for an Instrument to Measure Competitiveness in the Generation of Photovoltaic Energy. 8th International Conference on Production Research – Americas, 2016. Chile. APROVADO PARA PUBLICAÇÃO NOS ANAIS DO EVENTO.

ROSA, C.; SILUK, J.C.M.; MICHELS, L. Application of an Instrument for Measuring Organizational Competitiveness in a Solar Plant. IEEE Transactions on Sustainable Energy. Artigo submetido em 10/10/2016. EM AVALIAÇÃO.

ROSA, C.; SILUK, J.C.M.; MICHELS, L. Proposal of the Instrument for Measuring Innovation in the Generation Photovoltaics. Revista IEEE América Latina. Artigo submetido em 07/07/2016.. ACEITO.

REFERÊNCIAS

- ABINEE, Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica - Grupo Setorial de Sistemas Fotovoltaicos, **Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira**. 2012.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR 10899:2013 – Energia Solar Fotovoltaica, Terminologia**. 2013.
- ALMEIDA, A.T. **Processo de decisão nas organizações**. São Paulo: Atlas, 231 p. 2013.
- BARTZ, T., SILUK, J. C. M. and BARTH, L. E. **Importance of industrial performance measurement in industry: a case study**. Rebrae. Revista Brasileira de Estratégia, 4, 91-104. 2011.
- BAZILLIAN, M., ONYEJI, I., LIEBREICH, M., MACGILLI, I., CHASE, J., SHAH, J, ZHENGRONG, S. **Re-considering the economics of photovoltaic power**. Renewable Energy. 2013.
- BELTON, V.; STEWART, T. **Multiple criteria decision analysis: an integrated approach**. New York: Springer, 372 p. 2001.
- BEN. **Balanço Energético Nacional - ano base 2012**. Rio de Janeiro. Acessado em 10 de Julho de 2015. Disponível em:
- BENEDITO, R.; ZILLES, R. **O Problema da Inserção da Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos em Unidades Consumidoras de Baixa Tensão no Brasil**. Avances en Energia Renovables y Medio Ambiente, v. 11, p. 5, 2011.
- BOURNE, M., KENNERLEY, M. & FRANCO-SANTOS, M. **Managing through measures: a study of impact on performance**. Journal of Manufacturing Technology Management, 373- 395. 2005.
- BRASIL, Ministério de Minas e Energia e Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2021**. 2012. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PDEE/Sumario%20PDE%202021.pdf> Acessado em 10 de Julho de 2015.
- BRASIL, Ministério de Minas e Energia e Empresa de Pesquisa Energética. **Energia Solar no Brasil e no Mundo**. 2014. Disponível em: [http://www.mme.gov.br/documents/10584/1143612/24++Energia+Solar+2014++Brasil++Mundo+\(PDF\)](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1143612/24++Energia+Solar+2014++Brasil++Mundo+(PDF)) - Acessado em 16 de Março de 2016.
- CÂMARA, Carlos F. **Sistemas Fotovoltaicos conectados à rede elétrica. Monografia de Especialização em Fontes Alternativas de Energia**. Universidade Federal de Lavras, MG. 2011.
- CERTO, S.C.; PETER, J.P. **Administração estratégica: planejamento e implementação da estratégia**. São Paulo: Makron Book, 320 p. 2005.

CHRISTENSEN, C.M.; RAYNOR, M.E. **The innovator's solution: creating and sustaining successful growth**. Boston: Harvard Business Review Press, 320 p. 2013.

CHRISTENSEN, Clayton M.; RAYNOR, Michael E. **O Crescimento pela Inovação – Como crescer de forma sustentada e reinventar o sucesso**. Rio de Janeiro, Elsevier, 2003.

COUTINHO, L.; FERRAZ, J. C. **Estudo da competitividade da indústria brasileira**. Campinas: Papiros e Editora da Unicamp, 2002.

DI SERIO, L.C.; VASCONCELLOS, M.A. **Estratégia e competitividade empresarial: inovação e criação de valor**. São Paulo: Saraiva, 364 p. 2009.

DICKEL, D. **Modelagem para mensuração da competitividade no setor de construção naval e offshore brasileiro**. Dissertação (Mestrado em engenharia de Produção). Universidade federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

DOMBROWSKI, U.; SCHMIDTCHEN, K.; EBENTREICH, D. **Balanced Key Performance indicators in product development**. International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing, v. 1, n. 1, p. 27-31, 2013.

DOUMPOS, M.; GRIGOROUDIS, E. **Multicriteria decision aid and artificial intelligence: links, theory and applications**. New Jersey: Wiley-Blackwell, 368 p. 2013.

DRANSFIELD, S.B.; FISCHER, N.I.; VOGEL, N.J. **Using statistics and statistical thinking to improve organizational performance**. International Statistical Review, v. 67, n. 2, p. 99-150, 1999.

ENSSLIN, L.; MONTIBELLER, G.N.; NORONHA, S.M. **Apoio à decisão: metodologia para a estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas**. Florianópolis: Insular, 296 p. 2001.

EPE, Empresa de Pesquisas Energéticas, **Análise da Inserção da geração solar na matriz elétrica brasileira**. Rio de Janeiro, 2012. 58 p. Disponível em: http://www.epe.gov.br/geracao/Documents/Estudos_23/NT_EnergiaSolar_2012.pdf - Acessado em 14 de Julho de 2015.

EPE, Empresa de Pesquisas Energéticas, **Balanco Energético Nacional**. Rio de Janeiro, 2014. 288 p. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2014.pdf - Acessado em 16 de Março de 2016.

EPIA, European Photovoltaic Industry Association, **Global Market Outlook for Photovoltaics 2013 a 2017**. 2011. Disponível em: http://www.epia.org/fileadmin/user_upload/Publications/GMO_2013_-_Final_PDF.pdf - Acessado em: 14 de Julho de 2015.

EPIA, European Photovoltaic Industry Association, **Global Market Outlook for Photovoltaics 2013 a 2017**. 2012. Disponível em: http://www.epia.org/fileadmin/user_upload/Publications/GMO_2013_-_Final_PDF.pdf - Acessado em: 14 de Julho de 2015.

EPIA, **Solar Generation**. 2010. Disponível em: <http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/climate/2010/SolarGeneration2010.pdf> - Acessado em: 14 de Julho de 2015.

FARRELL, D. **The real new economy**. Harvard Business Review, Oct, p. 104-112, 2003.

FERNANDES, B.H.R. **Competências & desempenho organizacional: o que há além do balanced scorecard**. São Paulo: Saraiva, 144 p. 2006.

FERRAZ, J.C.; KUPFER, D.; HAGUENAUER, L. **Made in Brazil: desafios competitivos para a indústria**. Rio de Janeiro: Campus, 386 p. 1996.

FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. **Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys**. International Series in Operations Research & Management Science. New York: Springer, 1004 p. 2005.

FIGUEIREDO, M.A.D.; MACEDO-SOARES, T.D.L.A.; FUKS, S.; FIGUEIREDO, L.C. **Definição de atributos desejáveis para auxiliar a auto avaliação dos novos sistemas de medição de desempenho organizacional**. Gestão&Produção, v. 12, n. 2, p. 305-315, 2005.

FLEISHER, C.S.; BENSOUSSAN, B.E. **Business and competitive analysis: effective application of new and classic methods**. Upper Saddle River: FT Press, 528 p. 2009.

FLIPSE, S.M.; SANDEN, M.C.A.; VELDEN, T.; FORTUIN, F.T.J.M.; OMTA, S.W.F.; OSSEWEIJER, P. Identifying key performance indicators in food technology contract R&D. **Journal of Engineering and Technology Management**, v.30, p. 72-94, 2013.

FOLAN, P; BROWNE, J. **A review of performance measurement: towards performance management**. Computers in Industry, 56, 663-80. 2005.

GALAR, D.; BERGES, L.; SANDBORN, P.; KUMAR, U. **The need for aggregated indicators in performance asset management**. Maintenance and Reliability, v. 16, n. 1, p. 120-127, 2014.

GHENSEV, Almir. **Materiais e Processos de Fabricação de Células Fotovoltaicas**. Monografia de Especialização em Fontes Alternativas de Energia. Universidade Federal de Lavras, MG. 2006.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 200 p. 2010.

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

GOMES, L.F.A.M.; ARAYA, M.C.G.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisões em cenários complexos**. São Paulo: Cengage Learning, 168 p. 2011.

GREENPEACE. **[R]evolução energética: O caminho do desenvolvimento limpo**. Edição Brasileira, São Paulo: 41 p. 2014. Disponível em: http://www.greenpeace.org/brasil/Global/brasil/image/2013/Agosto/Revolucao_Energética.pdf - Acessado em 16 de Março de 2016.

HAMEL, G.; PRAHALAD, C.K. **Competindo pelo futuro: estratégias inovadoras para obter o controle do seu setor e criar os mercados de amanhã**. Rio de Janeiro, Campus, 377 p. 1995.

HARMON, C. **Experience Curves of Photovoltaic Technology**. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis. 2000.

HEARPS, P.; MCCONNELL, D. **“Renewable Energy Technology Cost Review”** Melbourne Energy Institute - Technical Paper Series, May 2011.

HILL, C.W.; JONES, G.R. **Strategic management theory: an integrated approach**. Independence: Cengage Learning, 560 p. 2012.

HITT, M.A.; IRELAND, R.D.; HOSKISSON, R.E. **Strategic management: Competitiveness and globalization**. Independence: Cengage learning, 472 p. 2012.

HOFFMANN, W. PV solar electricity industry: **Market growth and perspective**. Solar Energy Materials and Solar Cells, v. 90, n. 18–19, p. 3285–3311. 2006.

HUBBARD, D.W. **Como mensurar qualquer coisa: encontrando o valor do que é intangível nos negócios**. Rio de Janeiro: Qualimark, 376 p. 2009.

IEA, International Energy Agency, **Energy Technology Perspectives**. 2010. Disponível em: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/etp2010.pdf> Acessado em: 21 de Julho de 2015.

JANES, A.; FAGANEL, A. **Instruments and methods for the integration of company's strategic goals and key performance indicators**. Kybernetes, v. 42, n. 6, p. 928-942, 2013.

JANNUZZI, Gilberto. D. M.; SWISHER, Joel N. P. **Planejamento Integrado de recursos energéticos: meio ambiente, conservação de energia e fontes renováveis**. Campinas, Autores Associado, 1997.

JUCÁ, Sandro C. S.; CARVALHO, Paulo C. M. de. **Métodos de dimensionamento de sistemas fotovoltaicos: Aplicações em dessalinização**. 1 ed. Duque de Caxias, 2013.

KAPLAN, R.S.; NORTON, D.P. **A execução premium**. Rio de Janeiro: Campus, 344 p. 2008.

KEENY, R.L.; RAIFFA, H. **Decision with multiple objectives: preferences and value trade-offs**. Cambridge: Cambridge University Press, 592 p. 1993.

KOOT, E. Solarplaza. **For How Long will Germany Remain the World's Largest PV Market?** Agosto, 2011. Disponível em: <http://www.solarplaza.com/article/>. Acesso em 22 de Junho de 2015.

LUQUE, A.; HEGEDUS, STEVEN. **Handbook of Photovoltaic Science and Engineering**. 1. ed. England: John Wiley & Sons, 2003.

MARCHAND, M. and RAYMOND, L. **Researching performance measurement systems**. International Journal of Operations & Production Management, 28, 663-686. 2008.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Fundamentos da metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 320 p. 2010.

MARESCHAL, B.; BRANS, J.P. **Bank adviser: unsy stèmeinteractif multicritère pour l'évaluation financière des entreprises à l'aide des methods PROMETHEE**. L'Actualité Économique, v. 69, n. 1, p. 191-205, 1993.

MAY, A.; ANSLOW, A.; WU, Y.; OJIAKO, U.; CHIPULU, M.; MARSHALL, A. **Prioritization of performance indicators in air cargo demand management: an insight from industry**. Supply Chain Management, v. 19, n. 1, p. 108-113, 2014.

MEYER, M.W. **Rethinking performance measurement: beyond the balanced scorecard**. Cambridge: Cambridge University Press, 220 p. 2003.

MIGUEL, P.A.C. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Campus, 280 p. 2011.

NASA, National Aeronautics and Space Administration, **The Balance of Power in the Earth – Sun System**. 2012. Disponível em: http://www.nasa.gov/pdf/135642main_balance_trifold21.pdf Acessado em: 22 de Julho de 2015.

NEELY, A. **Business performance measurement: theory and practice**. Cambridge: Cambridge University Press, 369 p. 2002.

NEUENFELDT JÚNIOR, A.L. **Modelagem para a mensuração de desempenho dos sistemas BRT no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

OLSON, E.M.; SLATER, S.F. **The balanced scorecard, competitive strategy and performance**. Business Horizons, v. 45, p. 11-17, 2002.

PARMENTER, D. **Key performance indicators for government and non profit agencies**. New Jersey: Wiley, 309 p. 2012.

PERONJA, I; et al. **Competitiveness increasing of enterprises with introduction of clusters**. In: Annals of DAAAM for 2010 & Proceedings of the 21st International DAAAM Symposium, Volume 21, No. 1, ISSN 1726-9679, Vienna, 2010.

PETTIGREW, A.; WHIPP, R. **Managing change for competitive success**. New Jersey: Wiley-Blackwell, 340 p. 1993.

PHOTON-INTERNATIONAL. **Disappointing developments**. 2010. Disponível em: http://www.2bg.it/en/photon-international_247/ - Acessado em: 02 de Julho de 2015.
PORTER, M. **Competição**. Rio de Janeiro. Elsevier, 584p. 2009.

PORTER, M. **Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência**. Rio de Janeiro, Campus, 62 p. 1986.

POWER, D. **Decision support systems: concepts and resources for managers**. Westport: Praeger, 272 p. 2002.

PRETTO, T. **Proposta de modelo de diagnóstico da competitividade de agroindústrias produtoras de alimentos de origem animal**. Dissertação (Mestrado em engenharia de Produção). Universidade federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

REN21. Renewables 2009 update - Global Status Report. p.32, 2009. Disponível em: http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/gsr/RE_GSR_2009_Upda.pdf - Acessado em: 12 de Julho de 2015.

RONCAGLIO, Cyntia; JANKE; Nadja. **Desenvolvimento Sustentável**. 1ed. Curitiba: IESDE Brasil, 2012.

ROY, B. **Méthodologie multicritèred'aide à la Décision**. Paris: Economica, 424 p. 1985.

RÜTHER, Ricardo; MONTENEGRO, Alexandre; ZOMER, Clarissa D.; FRANCO, Danilo A.; SANTOS, Isis P.; URBANETZ JUNIOR, Jair; NASCIMENTO, Lucas R. do; PEREIRA JUNIOR, Luiz C.; PFISCHER, Paulo H.; BRAUN, Priscila; VIANA, Trajano de S.; GIRARDI, Fernando C. **Desempenho Energético de Três Sistemas Solares Fotovoltaicos Integrados a Edificações Urbanas e Conectados à Rede Elétrica**. 2007.

SAATY T. L. and VARGAS, L. G. **Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process**. New York: Springer. 2012.

SAATY, T.L. **The analytic hierarchy process**. New York: McGraw-Hill, 287 p. 1980.
SAMSONOWA, T. **Industrial research performance management: key performance indicators in the ICT industry**. Heidelberg: Physica-Verlag, 460 p. 2012.

SCHULTZ, Glauco; WAQUIL, Dabdad Paulo. **Políticas Públicas e Privadas e Competitividade das Cadeias Produtivas Agroindustriais**. Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e

Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2011.

SILVA, R. M. **Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios**. Brasília: **Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado**, Fevereiro/2015 (Texto para Discussão nº 166). Disponível em: www.senado.leg.br/estudos. Acesso em 3 de fevereiro de 2015.

SILUK, J. C. M.; **Modelo de Gestão Organizacional com Base em um Sistema de Avaliação de Desempenho**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

SIMONS, R. **Performance measurement & control systems for implementing strategy: text and cases**. New Jersey: Prentice Hall, 792p. 2009.

SINKE, W. **Photovoltaic solar energy - progress beyond expectations**. In: ECN SOLAR ENERGY & EUROPEAN PHOTOVOLTAIC TECHNOLOGY PLATFORM. Energy Research Centre of The Netherlands, 2011. Disponível em: <http://www.iea.org/media/workshops/2011/egr/Sinke.pdf> - Acessado em 24 de Julho de 2015.

SKINNER, D.C. **Introduction to decision analysis**. Sugar Land: Probabilistic Publishing, 368 p. 2009.

SLACK, N. **Vantagem competitiva em manufatura**. São Paulo: Atlas, 218 p. 2002.

SOLIMAN, M. **Avaliação da competitividade em indústrias de transformação de plástico**. Dissertação (Mestrado em engenharia de Produção). Universidade federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

STORCH, L. A.; NARA, E. O. B.; KIPPER, L. M. **The use of process management based on a systemic approach**. International Journal of Productivity and Performance Management, Vol. 62 Iss: 7, pp.758 – 773, 2013.

TAKASHINA, N.T.; FLORES, M.C. **Indicadores da qualidade e do desempenho: como estabelecer metas e medir resultados**. Rio de Janeiro: Qualimark, 100 p. 1999.

THIOLLENT, M. **Pesquisa-ação nas organizações**. São Paulo: Atlas, 1997.

THOMPSON, A.A.; STRICKLAND, A.J. **Strategic management: concepts and cases**. New York: McGraw-Hill, 450 p. 2003.

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. **Gestão da inovação**. Porto Alegre: Bookman, 600 p. 2008.

URBANETZ JUNIOR, Jair; CASAGRANDE JUNIOR, Eloy. **Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica do Escritório Verde** da UTFPR. VIII Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. 2012.

WALLENIUS, J.; DYER, J.S.; FISHBURN, P.C.; STEUTER, R.E.; ZIONTS, S.; DEB, K. **Multiple criteria decision making, multipleattribute utility theory**. Management Science, v. 54, n. 7, p. 1336-1349, 2008.

WALLENIUS, J., et al. **Multiple criteria decision making, multiattribute utility theory: recent accomplishments and what lies ahead**. Management Science. 7, 2008, Vol. 54, pp. 1336-1349. 2008.

WETTSTEIN T, KÜNG P. **A maturity model for performance measurement systems**. Department of Informatics, Fribourg University, Schweiz, 2002.

YIN, R.K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 212 p. 2010.

APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE PESQUISA

Instrumento de coleta de dados referente ao projeto de dissertação "Modelagem para Mensuração da Competitividade na Geração de Energia Fotovoltaica", executado pelo Núcleo de Inovação e Competitividade (NIC) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Instruções para preenchimento:

Este instrumento contém questões para mensurar o desempenho da geração de energia fotovoltaica na sua empresa e nos auxiliar na definição da importância de cada fator utilizado na modelagem. Para cada uma, selecione a alternativa que melhor representa a realidade da sua empresa.

O tempo médio de preenchimento é de 30 minutos.

Projeto de Pesquisa: Modelagem para Mensuração da Competitividade na Geração da Energia Fotovoltaica, sob a orientação do Prof. Dr. Julio Cezar Mairesse Siluk, é mantido seu sigilo comercial. Após a conclusão deste será realizado o retorno a sua organização assim como a produção acadêmica originada com a presente atividade será disponibilizada cópia. Pelo presente instrumento particular, a empresa AUTORIZA a aplicação do diagnóstico, a ser realizado por membro do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Maria? AUTORIZA-SE, também, gratuitamente a utilização e divulgação dos dados obtidos, unicamente no meio e para fins acadêmicos, dentro do escopo do Projeto de Pesquisa acima referido?

() SIM

() NÃO

NOME DA EMPRESA:

NOME DO REPRESENTANTE:

E-MAIL PARA CONTATO:

PVF 1	ALIANÇAS ESTRATÉGICAS	
Nível	1.1. Como é relação comercial com os fornecedores do Sistema Solar instalado na Usina Solar?	Peso
N1	Muito Eficaz	100
N2	Eficaz	75
N3	Intermediária	50
N4	Pouco Eficaz	25
N5	Inexistente	0
	Nível de importância para “Relação com os fornecedores do Sistema do Solar”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 1	ALIANÇAS ESTRATÉGICAS	
Nível	1.2 Como é a relação com as outras Usinas Solares brasileiras, visando a troca de experiências com relação à eficiência energética?	Peso
N1	Muito Eficaz	100
N2	Eficaz	75
N3	Intermediária	50
N4	Pouco Eficaz	25
N5	Inexistente	0
	Nível de importância para “Relação com Usinas Solares que possuem sistema semelhante”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 1	ALIANÇAS ESTRATÉGICAS	
Nível	1.3 Como é relação com universidades, institutos de pesquisa, escolas técnicas e/ou serviços de normatização no sentido de fortalecer sua base de conhecimento e promover a troca de informações entre empresa/instituição?	Peso
N1	Muito Eficaz	100
N2	Eficaz	75
N3	Intermediária	50
N4	Pouco Eficaz	25
N5	Inexistente	0
	Nível de importância para “Relações com universidades, institutos de pesquisa, escolas técnicas e/ou serviços de normatização”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 1	ALIANÇAS ESTRATÉGICAS	
Nível	1.4 Como é a relação da Usina Solar com os órgãos ambientais?	Peso
N1	Muito Eficaz	100
N2	Eficaz	75
N3	Intermediária	50
N4	Pouco Eficaz	25
N5	Inexistente	0
	Nível de importância para “Relações com órgãos ambientais”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 1	ALIANÇAS ESTRATÉGICAS	
Nível	1.5 Como é a relação da Usina com as legislações e regulamentações de energia solar do país de localização?	Peso
N1	Muito Eficaz	100
N2	Eficaz	75
N3	Intermediária	50
N4	Pouco Eficaz	25
N5	Inexistente	0
	Nível de importância para “Relações com o Poder Público”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 1	ALIANÇAS ESTRATÉGICAS	
Nível	1.6 Como é a relação e influência política da Usina Solar no sentido de promover ações que fortaleçam os enquadramentos financeiros, legislativos e logísticos deste setor no seus país?	Peso
N1	Muito Eficaz	100
N2	Eficaz	75
N3	Intermediária	50
N4	Pouco Eficaz	25
N5	Inexistente	0
	Nível de importância para “Relações Políticas”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 1	ALIANÇAS ESTRATÉGICAS	
Nível	1.7 A Usina Solar é ativa em entidades setoriais relacionadas a energia solar (ABSOLAR, ABENS, ANEEL Solar) com qual abrangência?	Peso
N1	Internacional	100
N2	Nacional	75
N3	Estadual	50
N4	Municipal	25
N5	Não é ativa em entidades setoriais	0
	Nível de importância para “Relações com entidades setoriais”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 1	ALIANÇAS ESTRATÉGICAS	
Nível	1.8.1 Como é a relação da Usina com o mercado fotovoltaico nacional?	Peso
N1	Muito Eficaz	100
N2	Eficaz	75
N3	Intermediária	50
N4	Pouco Eficaz	25
N5	Inexistente	0
	Nível de importância para “Relações com o mercado fotovoltaico nacional”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 1	ALIANÇAS ESTRATÉGICAS	
Nível	1.8.2 Como é a relação da Usina com o mercado fotovoltaico internacional?	Peso
N1	Muito Eficaz	100
N2	Eficaz	75
N3	Intermediária	50
N4	Pouco Eficaz	25
N5	Inexistente	0
	Nível de importância para “Relações com o mercado fotovoltaico internacional”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 2	MONITORAMENTO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA	
Nível	2.1.1 A Usina avalia a potência e a energia gerada pelo sistema Solar:	Peso
N1	Três vezes ao dia	100
N2	Uma vez ao dia	75
N3	Uma vez por semana	50
N4	Uma vez por mês	25
N5	Não possui sistema de monitoramento	0
	Nível de importância para “Monitoramento das Grandezas geradas”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 2	MONITORAMENTO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA	
Nível	2.1.2 A Usina avalia a potência e a energia consumida:	Peso
N1	Três vezes ao dia	100
N2	Uma vez ao dia	75
N3	Uma vez por semana	50
N4	Uma vez por mês	25
N5	Não possui sistema de monitoramento	0
	Nível de importância para “Monitoramento das Grandezas consumidas”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 2	MONITORAMENTO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA	
Nível	2.2.1 A Usina acompanha a situação econômico-financeira do mercado fotovoltaico nacional:	Peso
N1	Uma vez ao dia	100
N2	Uma vez por semana	75
N3	A cada 15 dias	50
N4	Uma vez por mês	25
N5	Não possui sistema de monitoramento	0
	Nível de importância para “Monitoramento econômico-financeiro nacional”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 2	MONITORAMENTO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA	
Nível	2.2.2 A Usina acompanha a situação econômico-financeira do mercado fotovoltaico internacional:	Peso
N1	Uma vez ao dia	100
N2	Uma vez por semana	75
N3	A cada 15 dias	50
N4	Uma vez por mês	25
N5	Não possui sistema de monitoramento	0
	Nível de importância para “Monitoramento econômico-financeiro internacional”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 2	MONITORAMENTO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA	
Nível	2.3.1 A Usina monitora a localização, orientação e inclinação do Sistema Solar:	Peso
N1	Uma vez ao dia	100
N2	Uma vez por semana	75
N3	A cada 15 dias	50
N4	Uma vez por mês	25
N5	Não possui sistema de monitoramento	0
	Nível de importância para “Monitoramento das características de instalação do sistema solar”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 2	MONITORAMENTO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA	
Nível	2.3.2 A Usina monitora as condições climáticas locais:	Peso
N1	Uma vez ao dia	100
N2	Uma vez por semana	75
N3	A cada 15 dias	50
N4	Uma vez por mês	25
N5	Não possui sistema de monitoramento	0
	Nível de importância para “Monitoramento das Condições climáticas”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 2	MONITORAMENTO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA	
Nível	2.4.1 A Usina monitora a qualidade dos módulos fotovoltaicos:	Peso
N1	Uma vez ao dia	100
N2	Uma vez por semana	75
N3	A cada 15 dias	50
N4	Uma vez por mês	25
N5	Não possui sistema de monitoramento	0
	Nível de importância para “Monitoramento da qualidade dos módulos fotovoltaicos”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 2	MONITORAMENTO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA	
Nível	2.4.2 A Usina monitora a qualidade da estrutura de suporte e fixação do Sistema Fotovoltaico:	Peso
N1	Uma vez por semana	100
N2	Uma vez por mês	75
N3	Uma vez a cada seis meses	50
N4	Uma vez por ano	25
N5	Não possui sistema de monitoramento	0
	Nível de importância para "Monitoramento da estrutura"	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 2	MONITORAMENTO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA	
Nível	2.4.3 A Usina monitora a qualidade dos dispositivos elétricos do Sistema Fotovoltaico:	Peso
N1	Uma vez por semana	100
N2	Uma vez por mês	75
N3	Uma vez a cada seis meses	50
N4	Uma vez por ano	25
N5	Não possui sistema de monitoramento	0
	Nível de importância para "Monitoramento da qualidade dos dispositivos elétricos"	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 2	MONITORAMENTO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA	
Nível	2.5 A Usina monitora as manutenções do Sistema Fotovoltaico:	Peso
N1	Uma vez por semana	100
N2	Uma vez por mês	75
N3	Uma vez a cada seis meses	50
N4	Uma vez por ano	25
N5	Não possui sistema de monitoramento	0
	Nível de importância para "Monitoramento das manutenções"	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 2	MONITORAMENTO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA	
Nível	2.6 A Usina armazena e controla os registros de todos os monitoramentos realizados, de maneira:	Peso
N1	Muito Eficaz	100
N2	Eficaz	75
N3	Intermediária	50
N4	Pouco Eficaz	25
N5	Não possui registro de monitoramento	0
	Nível de importância para "Registro de Monitoramentos"	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 3	PROCESSOS GERENCIAIS E ESTRTEGICOS	
Nível	3.1 Em média, o número de horas de treinamento técnico que cada funcionário responsável pela energia e eficiência energética recebe por ano (h/funcionário.ano) é?	Peso
N1	Maior ou Igual a 30	100
N2	Maior ou Igual a 20 e Menor que 30	75
N3	Maior ou Igual a 10 e Menor que 20	50
N4	Maior que 0 e Menor que 10	25
N5	Nenhum treinamento é oferecido	0
	Nível de importância para “Aprendizado tecnológico em Energia Fotovoltaica”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 3	PROCESSOS GERENCIAIS E ESTRTEGICOS	
Nível	3.2 Em média, o número de horas de treinamento gerencial que cada funcionário responsável pela energia e eficiência energética recebe por ano (h/funcionário.ano) é?	Peso
N1	Maior ou Igual a 30	100
N2	Maior ou Igual a 20 e Menor que 30	75
N3	Maior ou Igual a 10 e Menor que 20	50
N4	Maior que 0 e Menor que 10	25
N5	Nenhum treinamento é oferecido	0
	Nível de importância para “Aprendizado gerencial em Energia Fotovoltaica”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 3	PROCESSOS GERENCIAIS E ESTRTEGICOS	
Nível	3.3 Os técnicos e gestores do Sistema Solar da empresa sabem identificar os fatores responsáveis pela máxima eficiência na geração de energia fotovoltaica (potência do painel, local da instalação, orientação e inclinação do painel, temperatura, sombreamento, dentre outros)?	Peso
N1	Concordo totalmente	100
N2	Concordo em partes	75
N3	Indiferente	50
N4	Discordo em partes	25
N5	Discordo totalmente	0
	Nível de importância para “Conhecimento em Geração de energia fotovoltaica”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 3	PROCESSOS GERENCIAIS E ESTRTEGICOS	
Nível	3.4.1 A Usina divulga as notícias relacionadas à sua eficiência energética e energia solar através dos meios de comunicação:	Peso
N1	Todos os meios de comunicação através de uma estratégia de Marketing	100
N2	Mídia impressa e Eletrônica (site da empresa e redes sociais)	75
N3	Mídia impressa de ampla circulação	50
N4	Mídia impressa em circulação interna à fábrica	25
N5	Não há divulgação das notícias	0
	Nível de importância para “Marketing Ambiental”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 3	PROCESSOS GERENCIAIS E ESTRTEGICOS	
Nível	3.4.2 A Usina divulga as notícias relacionadas à sua eficiência energética e energia solar estrategicamente na Internet (Por exemplo: dados de quanto a Usina Solar está gerando no momento):	Peso
N1	Concordo totalmente	100
N2	Concordo em partes	75
N3	Indiferente	50
N4	Discordo em partes	25
N5	Discordo totalmente	0
	Nível de importância para “Divulgação estratégica da eficiência do Sistema Solar na Internet”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 3	PROCESSOS GERENCIAIS E ESTRTEGICOS	
Nível	3.4.3 A Usina divulga as notícias relacionadas à sua eficiência energética e energia solar em Feiras e Eventos a nível:	Peso
N1	Internacional	100
N2	Nacional	75
N3	Estadual	50
N4	Local	25
N5	Não participa de Feiras e Eventos/Não divulga seu Sistema Solar	0
	Nível de importância para “Divulgação estratégica da Sistema Solar em Feiras e Eventos”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 3	PROCESSOS GERENCIAIS E ESTRTEGICOS	
Nível	3.5 As principais técnicas e ferramentas utilizadas pela Usina Solar na gestão do sistema implantado podem ser classificadas quanto a sua complexidade e robustez como:	Peso
N1	Muito avançadas (Ex: sistemas de gestão da produção energética, sistemas de gestão da energia certificáveis, técnicas de eficiência energética, otimização e modelagens matemáticas, entre outros)	100
N2	Avançadas (Ex: controle dos monitoramentos diários e gerência do Sistema Solar com utilização de softwares, planilhas eletrônicas avançadas, manutenção de dados históricos, entre outros)	75
N3	Intermediárias (Ex: planilhas eletrônicas simples, sistemas pouco interligados, baixa padronização de dados)	50
N4	Simples (Ex: formulários e controles manuais, e informações padronizadas)	25
N5	Inexistente	0
	Nível de importância para “Técnicas avançadas de gestão da Energia fotovoltaica”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 3	PROCESSOS GERENCIAIS E ESTRTEGICOS	
Nível	3.6 A Usina apresentou um projeto sólido de viabilidade econômica para investimento no Sistema Solar:	Peso
N1	Concordo totalmente	100
N2	Concordo em partes	75
N3	Indiferente	50
N4	Discordo em partes	25
N5	Discordo totalmente	0
	Nível de importância para “Capital e acesso ao crédito”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 3	PROCESSOS GERENCIAIS E ESTRTEGICOS	
Nível	3.7 A acessibilidade em relação à assistência técnica especializada do sistema solar instalado é:	Peso
N1	Fácil e de pronto atendimento às demandas	100
N2	Superior à média geral	75
N3	Semelhante à média geral	50
N4	Inferior à média geral	25
N5	Remota, constituindo-se de um fator crítico	0
	Nível de importância para “Acessibilidade à assistência técnica do Sistema Fotovoltaico”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 3	PROCESSOS GERENCIAIS E ESTRTEGICOS	
Nível	3.8 As principais escolas técnicas e universidades provedoras de mão-de-obra qualificada para integrar a equipe elétrica da fábrica estão localizadas em um raio de até:	Peso
N1	30 Km	100
N2	50 Km	75
N3	100 Km	50
N4	200 Km	25
N5	Superior a 200 Km	0
	Nível de importância para “Acessibilidade à mão-de-obra qualificada”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 3	PROCESSOS GERENCIAIS E ESTRTEGICOS	
Nível	3.9.1 Qual o nível de confiança dos diretores da Usina em relação ao trabalho desempenhado em prol do Sistema Solar instalado?	Peso
N1	Muito alta	100
N2	Alta	75
N3	Moderado	50
N4	Baixo	25
N5	Muito Baixo	0
	Nível de importância para “Confiança no Sistema Solar”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 3	PROCESSOS GERENCIAIS E ESTRTEGICOS	
Nível	3.9.2 Qual o nível de flexibilidade dos diretores da Usina perante as necessidades do Sistema Solar instalado?	Peso
N1	Muito alta	100
N2	Alta	75
N3	Moderado	50
N4	Baixo	25
N5	Muito Baixo	0
	Nível de importância para “Flexibilidade da liderança”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 4	INOVAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	
Nível	4.1.1 A Usina apresentou um projeto sólido de viabilidade econômica para investimento no Sistema Solar:	Peso
N1	Concordo totalmente	100
N2	Concordo em partes	75
N3	Indiferente	50
N4	Discordo em partes	25
N5	Discordo totalmente	0
	Nível de importância para “Inovação em Tecnologias Sustentáveis”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 4	INOVAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	
Nível	4.1.2 Na empresa existe um processo sistemático para o acompanhamento de novas tendências do mercado de energias renováveis?	Peso
N1	Concordo totalmente	100
N2	Concordo em partes	75
N3	Indiferente	50
N4	Discordo em partes	25
N5	Discordo totalmente	0
	Nível de importância para “Acompanhamento de novas tendências em energias renováveis”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 4	INOVAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	
Nível	4.1.3 Na organização, os riscos e os erros são permitidos na busca de novas soluções energéticas:	Peso
N1	Concordo totalmente	100
N2	Concordo em partes	75
N3	Indiferente	50
N4	Discordo em partes	25
N5	Discordo totalmente	0
	Nível de importância para “Busca por novas soluções energéticas”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 4	INOVAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	
Nível	4.2.1 Os colaboradores diretamente envolvidos com as inovações energéticas da empresa são reconhecidos pelos resultados?	Peso
N1	Concordo totalmente	100
N2	Concordo em partes	75
N3	Indiferente	50
N4	Discordo em partes	25
N5	Discordo totalmente	0
	Nível de importância para “Reconhecimento pelos resultados inovadores”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 4	INOVAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	
Nível	4.2.2 Na sua percepção qual o nível de satisfação da empresa com relação aos resultados de eficiência energética e energias renováveis?	Peso
N1	Concordo totalmente	100
N2	Concordo em partes	75
N3	Indiferente	50
N4	Discordo em partes	25
N5	Discordo totalmente	0
	Nível de importância para “Satisfação da empresa com os resultados”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 4	INOVAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	
Nível	4.2.3 Os investimentos em eficiência energética realizados no último ano geraram resultados concretos para a Usina?	Peso
N1	Concordo totalmente	100
N2	Concordo em partes	75
N3	Indiferente	50
N4	Discordo em partes	25
N5	Discordo totalmente	0
	Nível de importância para “Resultado dos investimentos no último ano”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 4	INOVAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	
Nível	4.3.1 Existe um sistema de indicadores para mensurar os resultados gerados pela implementação da inovação energética na empresa?	Peso
N1	Concordo totalmente	100
N2	Concordo em partes	75
N3	Indiferente	50
N4	Discordo em partes	25
N5	Discordo totalmente	0
	Nível de importância para “Indicadores para avaliação das inovações energéticas”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 4	INOVAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	
Nível	4.3.2 A organização tem um planejamento para ampliar a área da Usina Solar instalada?	Peso
N1	Concordo totalmente	100
N2	Concordo em partes	75
N3	Indiferente	50
N4	Discordo em partes	25
N5	Discordo totalmente	0
	Nível de importância para “Ampliação do Sistema Solar”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 4	INOVAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	
Nível	4.3.3 Levando em consideração o faturamento, quanto é investido em eficiência energética na Usina?	Peso
N1	Mais de 21%	100
N2	16% a 20%	75
N3	11% a 15%	50
N4	6% a 10%	25
N5	0 a 5%	0
	Nível de importância para “Investimento em Eficiência energética”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	

PVF 4	INOVAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	
Nível	4.4 A Usina Solar adota uma postura proativa para evitar problemas de perdas?	Peso
N1	Adota há mais de um ano	100
N2	Adota há pouco tempo	75
N3	Esta sendo implementado	50
N4	Planeja implementar	25
N5	Não adota e não planeja implementar	0
	Nível de importância para “Postura proativa”	
	1.() 2.() 3.() 4.() 5.() 6.() 7.() 8.() 9.()	