

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ANÁLISE DAS BARREIRAS E INCENTIVOS PARA A IMPLANTAÇÃO DA
ENERGIA FOTOVOLTAICA NA PARAÍBA**

RAFAEL DE CARVALHO CAVALCANTE

**JOÃO PESSOA
2018**

RAFAEL DE CARVALHO CAVALCANTE

**ANÁLISE DAS BARREIRAS E INCENTIVOS PARA A IMPLANTAÇÃO DA
ENERGIA FOTOVOLTAICA NA PARAÍBA**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - PPGEPP - UFPB, como critério para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Ricardo Moreira da Silva

**JOÃO PESSOA
2018**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

ASSINATURA: _____ DATA: 22/10/2018

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C376a Cavalcante, Rafael de Carvalho.

ANÁLISE DAS BARREIRAS E INCENTIVOS PARA A IMPLANTAÇÃO
DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NA PARAÍBA / Rafael de Carvalho
Cavalcante. - João Pessoa, 2018.
105 f.

Orientação: Ricardo Moreira da Silva Silva.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT.

1. Energia Fotovoltaica. 2. Barreiras. 3. Stakeholders.
4. Paraíba. I. Silva, Ricardo Moreira da Silva. II.
Título.

UFPB/BC

RAFAEL DE CARVALHO CAVALCANTE

**ANÁLISE DAS BARREIRAS E INCENTIVOS PARA A IMPLANTAÇÃO DA
ENERGIA FOTOVOLTAICA NA PARAÍBA.**

Dissertação julgada e aprovada para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção
no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal da
Paraíba.

Aprovado em: 22/08/2018

Banca Examinadora

Prof. Pós-Doutor Ricardo Moreira da Silva

Universidade Federal da Paraíba

Orientador



Prof. Pós-Doutor Luiz Bueno da Silva

Universidade Federal da Paraíba

Examinador



Prof. Doutor Luiz Moreira Coelho Junior

Universidade Federal da Paraíba

Examinador

Prof. Doutor Ivson Ferreira dos Anjos

Universidade Federal da Paraíba

Examinador

Dedico esse trabalho aos meus pais, Raul e Cléris,
aos meus irmãos, Raul e Renata, e a minha esposa,
Aílla, que me deram amor, carinho e me ajudaram
a completar mais essa fase da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me oferecer saúde, paz e serenidade durante o desenvolvimento desse trabalho e principalmente por sua proteção em todos os meus dias.

Aos meus pais, Raul e Cléris, que me ensinaram a importância do bom caráter, honestidade, persistência e principalmente por muitas vezes abrirem mão de seus sonhos pelos meus. amo vocês.

Aos meus irmãos, Raul e Renata, que sempre estiveram ao meu lado, me apoiaram em todas as minhas decisões e ao meu sobrinho querido, Raul Filho, que tornou a vida de todos mais feliz.

À minha esposa, Ailla, que foi de primordial importância para a conclusão desse trabalho, te agradeço por sua companhia, seu amor e carinho. Por estar comigo tanto nos momentos bons como também nos ruins. "love you!!"

Ao meu orientador, prof. Ricardo, que aceitou o desafio e teve grande paciência me guiando nessa empreitada do estudo da análise das barreiras e incentivos para a implantação da energia fotovoltaica na Paraíba, mostrando sempre grande competência e dedicação. Esse trabalho não teria sido concluído sem seu auxílio.

RESUMO

Com o desenvolvimento tecnológico e sua repercussão em todos os âmbitos da vida moderna, a energia elétrica assume o papel de bem essencial na vida em sociedade, interferindo desde questões de saúde pública como em questões econômicas. Diante dessa essencialidade, surge especial questionamento quanto ao seu modo de produção e em como este pode interferir na qualidade de vida das futuras gerações. Sabe-se que fontes de energia não renováveis têm imenso potencial de denegrir o meio ambiente, entretanto apenas quando os resultados de décadas de degradação se tornam de fato palpáveis é que surge o interesse em buscar meios de produção alternativos que sejam comprometidos com um desenvolvimento sustentável. Nesse contexto de consciência ambiental na produção energética, há não muito tempo, países europeus e asiáticos foram os pioneiros na produção de um tipo de energia renovável: a energia fotovoltaica. O Brasil embora seja um país com várias características para galgar grandes espaços na produção desse tipo de energia, pois possui condições climatológicas e de irradiação especialmente favoráveis, fica muito aquém do uso de seu potencial, no que diz respeito ao seu aproveitamento energético. Sendo assim, a presente pesquisa busca analisar quais as barreiras que dificultam o desenvolvimento da energia fotovoltaica, especialmente no Estado da Paraíba –PB, utilizando-se para tanto de um estudo de caráter bibliográfico e documental o qual têm como base periódicos, livros e banco de dados que possibilite uma comparação entre os programas de incentivos que influenciaram o desenvolvimento da energia fotovoltaica em países como China, Alemanha e Japão (*Feed-in-Tariff*, redução de taxas e créditos fiscais). Além disso, utilizou-se da aplicação de questionários para constatar, na opinião de um grupo de *stakeholders*, quais os fatores que mais interferem no cenário local. Os resultados obtidos garantem a importância da participação do governo para o crescimento e desenvolvimento da energia fotovoltaica no Brasil, que sem uma ação regulatória eficiente, seja ela através de incentivos políticos ou econômicos, isso dificilmente acontecerá, ou ocorrerá em um período bem maior do que realmente deveria acontecer.

Palavras-chave: Energia Fotovoltaica. Desenvolvimento. Barreiras. *Stakeholders*. Paraíba.

ABSTRACT

With technological development and its repercussions in all spheres of modern life, electric energy assumes the role of essential good for life in society, having an influence on both economic and public health issues. Given this essentiality, a special question arises as to its production mode and how it can affect the quality of life of future generations. It is known that non-renewable energy sources have an immense potential for damaging the environment, but only when the results of decades of degradation become palpable does the interest arise in seeking alternative means of production that are committed to sustainable development. In this context of environmental awareness in energy production, not long ago, European and Asian countries pioneered in the production of photovoltaic energy, a type of renewable energy. Although Brazil possesses several characteristics to occupy a relevant place in the production of such type of energy, because it has particularly favorable weather and irradiation conditions, it falls far short of the use of its potential in terms of energy use. Therefore, this study seeks to analyze the barriers that impede the development of photovoltaic energy, especially in the Brazilian state of Paraíba, by using a bibliographic and documentary research based on periodicals, books and databases to compare incentive programs that have influenced the development of photovoltaic energy in countries such as China, Germany and Japan (Feed-in-Tariff, tax reductions and tax credits). In addition, questionnaires were used to verify, in the opinion of a group of stakeholders, which factors interfere most in the local scenario. The results obtained guarantee the importance of government participation in the growth and development of photovoltaic energy in Brazil. Without efficient regulatory action, whether through political or economic incentives, this will hardly happen or will take much longer to occur than it really should.

Keywords: Photovoltaic energy. Development. Barriers. Stakeholders. Paraíba.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Mapa bibliométrico	22
Figura 02 - Classificação das barreiras inerentes a energia fotovoltaica	23
Figura 03 - Tipologia dos instrumentos de políticas	29
Figura 04 - Os 10 países com maior capacidade instalada até o fim de 2015	42
Figura 05 - Evolução do mercado fotovoltaico Alemão de 1990-2016	44
Figura 06 - Capacidade instalada e capacidade acumulada na Alemanha de 2001 a 2016	46
Figura 07 - Quantidade de empregos gerados no setor fotovoltaico na Alemanha	46
Figura 08 - Capacidade fotovoltaica acumulada da China entre 2004 e 2016	50
Figura 09 - Valor do sistema fotovoltaico na China entre 2011 e 2017	51
Figura 10 - Emprego gerado no setor fotovoltaico na China entre 2005 e 2012	52
Figura 11 - Capacidade fotovoltaica acumulada entre os anos de 1992 e 2015	54
Figura 12 - Preço do sistema fotovoltaico residencial entre os anos de 1992 e 2002 no Japão	55
Figura 13 - Quantidade de empregos gerados no setor fotovoltaico no Japão	55
Figura 14 - Capacidade fotovoltaica acumulada entre os anos de 1992 e 2015	58
Figura 15 - Preços de sistemas FV em 2015 por faixa de potência informados pelas empresas instaladoras	59
Figura 16 - Evolução da capacidade instalada dos países analisados entre 2000 e 2015	60
Figura 17 - Escala de comparação de critérios	66
Figura 18 - Capacidade Instalada de Mini e Micro Geração Distribuída no Nordeste	71
Figura 19 - Identificação dos setores de geração fotovoltaico de energia	72
Figura 20 - Resultados gerais da categoria “técnica”	74
Figura 21 - Resultados gerais da categoria “econômico e financeiro”	75
Figura 22 - Resultados gerais da categoria “institucional, político e regulamentar”	76
Figura 23 - Resultados gerais da categoria “social, comportamental e cultural”	77
Figura 24 - Resultados gerais da categoria “mercado”	78
Figura 25 - Representação gráfica e intervalos de confiança para as categorias	81

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Subdivisão das barreiras	24
Quadro 02 - Políticas públicas de apoio às energias renováveis	37
Quadro 03 - Características dos países analisados	61
Quadro 04 - Referência das barreiras	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - A amostra da população	66
Tabela 02 - Classificação das barreiras	80

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	TEMA E PROBLEMA	13
1.2	OBJETIVOS	15
a)	Objetivo geral	15
b)	Objetivos específicos	15
1.3	JUSTIFICATIVA	15
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2.	BARREIRAS E INCENTIVO AO DESENVOLVIMENTO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NO MUNDO	19
2.1	INTRODUÇÃO	19
2.2	METODOLOGIA	20
2.3	BARREIRAS	22
a)	Barreira técnica	24
b)	Barreira econômica e financeira	25
c)	Institucionais e regulamentares	26
d)	Sociais, culturais e comportamentais	26
e)	Mercado	27
2.4	MECANISMOS DE INCENTIVOS ÀS FONTES RENOVÁVEIS	27
a)	Mecanismo feed-in tariffs (fit)	31
b)	Mecanismo Net Metering	32
c)	Mecanismo de leilões	32
d)	Renewable energy portfolio standards (RPS)	33
e)	Sistema de cotas com certificados verdes	34
f)	Subsídios e incentivos fiscais	35
2.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
3.	AS POLÍTICAS PÚBLICAS PARA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA: ESTUDO DE CASOS DA ALEMANHA, JAPÃO, CHINA E BRASIL	39

3.1	INTRODUÇÃO	39
3.2	METODOLOGIA	41
3.3	O USO DA ENERGIA SOLAR NO MUNDO	41
a)	Alemanha	43
b)	China	47
c)	Japão	52
d)	Brasil	56
3.4	QUADRO COMPARATIVO	60
3.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
4.	AS BARREIRAS À UTILIZAÇÃO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NA PARAÍBA: A VISÃO DOS STAKEHOLDERS	63
4.1	INTRODUÇÃO	63
4.2	METODOLOGIA	65
a)	Para análise do setor residencial na Paraíba	67
b)	Para análise do setor comercial e técnico na Paraíba	67
4.3	BARREIRAS	67
4.4	ENERGIA FOTOVOLTAICA NA PARAÍBA	70
4.5	AS BARREIRA PARA A ENERGIA FOTOVOLTAICA NA PARAÍBA	72
a)	Barreiras Técnicas para o uso da energia fotovoltaica na Paraíba	73
b)	Barreiras econômicas e financeiras para o uso da energia fotovoltaica na Paraíba	74
c)	Barreiras Institucionais, Políticas e Regulamentares para o uso da energia fotovoltaica na Paraíba	76
d)	Barreiras Sociais, Culturais e Comportamentais para o uso da energia fotovoltaica na Paraíba	77
e)	Barreira de Mercado para o uso da energia fotovoltaica na Paraíba	78
4.6	RESULTADO SISTEMICO DAS BARREIRAS	79
4.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
5.	CONCLUSÃO	84

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, quando se analisa em escala global, grande parte da energia produzida é derivada de fontes que apresentam um grande potencial poluidor, como os combustíveis fósseis. Tais combustíveis liberam toneladas de gás carbônico na atmosfera, promovendo com isso impactos ambientais irreversíveis.

Em um mundo cada vez mais preocupado com questões atinentes ao desenvolvimento sustentável, surge espaço para as fontes renováveis de energia, destacando-se entre elas a energia solar, que nas últimas décadas tem crescido substancialmente com a utilização de células fotovoltaicas, especialmente em países asiáticos.

Embora tímido, o Brasil também apresentou um crescimento na utilização dessa tecnologia. Segundo a EPIA (2016), em um cenário favorável, o Brasil terá até 2020 uma capacidade de geração de energia de 9,5 GW e, considerando uma projeção pessimista, será de cerca de 4,6GW. Tais resultados ficam muito aquém dos que são apresentados por países como China, Alemanha, Japão e EUA, que atualmente geram, respectivamente, 77,9, 41,1, 42,9 e 42,4 GW (EPIA, 2016).

Isso porque, apesar das melhores condições climatológicas, quando se compara as condições de mercado e de regulamentação, percebe-se que o Brasil está em significativo atraso em relação a tais países (SALAMONI; RÜTHER, 2007), o que influencia sobremaneira no fraco desenvolvimento dessa fonte no mercado nacional.

Analisando o histórico desse tipo de energia no cenário brasileiro, nota-se que inicialmente as principais aplicações da energia fotovoltaica se restringiram apenas a sistemas autônomos relacionados à telecomunicação, à eletrificação rural e ao bombeamento de água, que acumulados representam apenas 20MW, dos quais 70% estavam localizados nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do país. Tais regiões tiveram o apoio do Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM) que foi responsável por 25% da capacidade instalada até 2001 (VARELLA; GOMES, 2009).

Já os sistemas conectados à rede (Grid) se baseavam em um volume quase que insignificante de 0,153 MW até 2008 (VARELLA; GOMES, 2009), devido aos elevados preços que variavam entre 800 a 900 R\$/MWh (ZILLES, 2008), sendo considerado por muitos um sistema sem utilização comercial.

Apesar da década de noventa no Brasil não representar um período com grande crescimento para a aplicação de sistemas fotovoltaicos, o mesmo não ocorreu com o resto do

mundo, onde a capacidade instalada subiu de 110MWp em 1993 para 7.841MWp em 2007, dos quais 94% eram sistemas conectados à rede e 6% sistemas autônomos, sendo a maior parte localizada na Alemanha, Japão, EUA e Espanha, devido à implantação de políticas públicas favoráveis ao crescimento dessa tecnologia (VARELLA; GOMES, 2009).

Nesses países, foram utilizados nos últimos 20 anos programas e incentivos governamentais como: a) o programa de 100.000 telhados (*100.000 Roofs Programm*) implantado na Alemanha, proporcionando em 2000 um crescimento de 64% em relação ao ano anterior; b) o programa japonês chamado *Japanese Residential PV System Dissemination Program* que através de subsídios instalou cerca de 250 mil sistemas gerando pouco mais de 1,4 GW de potência até 2005 (VARELLA; GOMES, 2009).

Já no Brasil foram implantados pouquíssimos programas de incentivos, e os poucos que foram lançados em sua maioria visavam apenas à eletrificação rural e ao bombeamento de água. Ademais, a escassez de regulamentação na área também dificultava o interesse de investidores pela insegurança que tal situação gerava.

Somente em 2012 foi elaborada a primeira Resolução Normativa – REN nº 482/2012– que regula a microgeração e a minigeração distribuída de energia elétrica, e criou o sistema de compensação de energia elétrica correspondente. Em 2015, a Resolução Normativa – REN Nº 687/2015 revisou a REN nº 482 e parte dos procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. Este procedimento normativo refletiu em um discreto aumento da utilização da tecnologia no país, chegando em 2015, apenas ao equivalente a 0,01% da matriz elétrica Brasileira, com uma capacidade instalada de 21MW (EPE, 2016).

Nota-se, assim, com a análise do panorama mundial de intensivo aumento do uso de energia solar e com o tímido cenário nacional, que algumas ações têm o potencial de estimular ou não o desenvolvimento dessa tecnologia.

Diante disso, busca-se através dessa dissertação analisar os fatores (barreiras) que fazem o crescimento da produção da energia fotovoltaica no Brasil, especialmente no Estado da Paraíba, ser tão sensível quando comparado a países que têm áreas significativamente menores, com componentes climatológicos desfavoráveis, mas que se destacam nesse tipo de produção de energia.

1.1 TEMA E PROBLEMA

A energia é um elemento essencial para os homens e essa necessidade aumenta à medida que a população cresce no mundo. Para suprir o crescimento gradual da demanda, grande parte da geração energética global resume-se a fontes não renováveis, sujas e pouco sustentáveis, como o petróleo, carvão mineral e gás natural, que são responsáveis por grandes agressões ao meio ambiente.

No contexto nacional, a maior parte da energia gerada é proveniente de hidroelétricas, representando estas aproximadamente 64% da produção total do país (EPE, 2015), criando com isso uma forte dependência do fator chuva, e que, apesar de ser considerada renovável, devido ao tamanho continental do Brasil, todos os anos uma das regiões sofre com longos períodos de estiagem e consequente redução na geração de eletricidade. Logo, percebe-se a necessidade de incentivos que busquem a produção de energia através de fontes limpas e renováveis, como, por exemplo, a solar, que vem se tornando cada vez mais evidente.

Além do fator energético, deve-se também analisar o fator ambiental, pois a produção de energia através dessa tecnologia proporciona a redução da emissão de CO₂ na atmosfera, não exige a inundação de grandes áreas nem o desmatamento de florestas para sua implantação, já que pode ser implantada em locais já ocupados, como telhados de residências e indústrias, sendo por isso considerada uma das fontes mais limpas e sustentáveis entre as existentes atualmente.

Por contraditório que pareça, no Brasil, ao contrário dos países Europeus, o alto custo da energia elétrica convencional faz com que a instalação desse sistema se torne cada vez mais viável, pois em regiões como Minas Gerais o valor da energia fornecida pela concessionária ultrapassa o valor da geração fotovoltaica de energia, sendo um dos poucos países a atingir o “*grid parity*” (paridade de rede) (CABRAL; TORRES; SENNA, 2013).

Além disso, mais contraditório é que apesar da capacidade natural que o país tem (alta taxa de irradiação solar) e das vantagens econômicas e ambientais dessa fonte, o Brasil ainda continua “ignorando” o uso da energia solar fotovoltaica enquanto que países como Alemanha, China, Japão e EUA estão investindo maciçamente nesse tipo de energia, produzindo cerca de 62,5% da energia solar fotovoltaica mundial (SOLAR POWER EUROPE, 2016), diversificando suas matrizes energéticas e reduzindo a poluição ambiental.

Regiões como o Nordeste do Brasil tem índices de insolação comparáveis ao do deserto do Saara, além disso, uma das principais matérias-primas para construção de placas fotovoltaicas – o Silício – é abundante no país, mas ainda assim não há a devida atenção para este potencial, que é subvalorizado pelos governantes e desconhecido pela população em geral, o que gera uma grande indagação que essa pesquisa pretende responder:

Quais são as principais barreiras que interferem no desenvolvimento da energia fotovoltaica no Brasil e, em especial, no Estado da Paraíba?

1.2 OBJETIVOS

a) Objetivo geral

Identificar quais as principais barreiras e incentivos que influenciam no desenvolvimento da energia fotovoltaica no Brasil, em especial, no Estado da Paraíba/PB.

b) Objetivos específicos

- Descrever a matriz energética nacional e global;
- Levantar a geração de energia solar no Brasil;
- Apontar as barreiras impostas ao desenvolvimento da energia fotovoltaica no mundo;
- Detalhar as políticas e incentivos internacionais em países com elevada taxa de utilização dessa tecnologia (Alemanha, China, Japão e EUA);
- Descrever as políticas e incentivos referentes à implantação e utilização da energia solar fotovoltaica no Brasil;
- Identificar, por meio da opinião de *stakeholders*, os principais motivos por que a Paraíba ainda não apresente um resultado significativo.

1.3 JUSTIFICATIVA

A conversão da energia proveniente da luz solar em energia elétrica é denominada efeito fotovoltaico. Tal efeito consiste no princípio físico de funcionamento das células fotovoltaicas, que foram aprimoradas por décadas até começarem a ser produzidas em escala industrial, em 1956. O interesse por essa tecnologia aumentou com a corrida espacial e com a crise do petróleo. O Protocolo de Kyoto que teve por objetivo reduzir a emissão de CO₂ também influenciou na utilização dessa tecnologia.

Apesar do seu desenvolvimento ao longo dos anos, foi somente na década de 90 que ocorreu um grande crescimento desse mercado decorrente principalmente da utilização do sistema fotovoltaico conectado à rede em residências e comércios de países como Alemanha,

EUA, China e Japão, motivados principalmente pela redução da dependência energética, preocupação com o meio ambiente e elevação do preço dos combustíveis fósseis.

Nas duas últimas décadas (2000-2017) também é significativo o avanço percebido na área, esse crescimento foi impulsionado por uma gama de fatores como: o desenvolvimento tecnológico; crescimento da capacidade de produção; políticas governamentais e econômicas favoráveis; redução do custo dos sistemas fotovoltaicos (FV), devido a avanços contínuos de seus componentes; e da alta no preço de combustíveis fósseis como o petróleo, que é a principal fonte de geração de energia do mundo, constituindo aproximadamente 67,2% da matriz energética mundial em 2012 (EPE, 2015). Esses motivos fizeram com que países Asiáticos, principalmente a China, liderassem a produção de células fotovoltaicas alcançando impressionantes 57% da produção mundial, superando países como Alemanha e Japão.

Diferentemente dos países citados, o Brasil fez a opção de ter uma matriz energética constituída principalmente por hidroelétricas e por isso não desenvolveu primariamente o devido interesse por outras opções de energia renovável. No entanto, com o passar dos anos, foi atentando para a importância de diversificar sua matriz e de que isto ocorra por meio de energias limpas. Com isso, assumiu o compromisso internacional junto à Organização das Nações Unidas –ONU de aumentar suas fontes de energia renovável, variando entre outras que não a hídrica, de 28% para 33% até 2030.

De fato, como consequência, a utilização de sistemas fotovoltaicos vem crescendo ao longo dos anos, ainda que a passos lentos. Projeções realizadas pela EPIA (2016) indicam que até 2020 o Brasil será responsável por gerar aproximadamente 4,6 GW de um total de 489,8 GW de energia, pouco menos de 1% da produção global, ficando atrás de países como Índia (35 GW), México (5,7GW) e Paquistão (4,8GW).

Assim, a realização desse trabalho se justifica pela necessidade de entender os principais motivos que impedem o crescimento da produção da energia solar fotovoltaica no Brasil, sendo necessário para isso a comparação das políticas públicas e incentivos governamentais empregados em países Europeus e Asiáticos que favoreceram a introdução desse sistema de maneira mais eficiente. Será analisado, por fim, no Estado da Paraíba, quais são as barreiras que mais se impõem ao desenvolvimento deste tipo de energia, partindo-se para tanto da opinião de stakeholders.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Capítulo 1.

Título do capítulo: Introdução

Objetivos do capítulo: Este capítulo tem por objetivo chamar a atenção dos leitores abordando de forma simples e resumida a história e o desenvolvimento do sistema solar fotovoltaico, além de dados comparativos em relação a outras fontes de energia.

Capítulo 2.

Título do capítulo: Barreiras impostas ao desenvolvimento da energia fotovoltaica no mundo

Objetivos do capítulo: Busca-se conceituar o que são as barreiras, como estas se sobrepõem ao desenvolvimento da energia fotovoltaica, demonstrando as classificações mais importantes, segundo pesquisadores. Por fim, explana-se o modo como podem ser superadas, qual seja: através de mecanismos de incentivos.

Capítulo 3.

Título do capítulo: As Políticas públicas para geração fotovoltaica: estudos de casos da Alemanha, Japão, China e Brasil

Objetivos do capítulo: Neste capítulo, é abordada a utilização da energia fotovoltaica no mundo, destacando principalmente o modo como alguns países conseguiram superar questões climatológicas, ambientais e políticas, tornando-se produtores expoentes deste tipo de energia.

Capítulo 4.

Título do capítulo: As barreiras à utilização da energia fotovoltaica na Paraíba: a visão dos *stakeholders*

Objetivos do capítulo: Este capítulo enfatiza o desenvolvimento da energia fotovoltaica no cenário paraibano. Para tanto, busca-se, através da aplicação de questionários a um grupo de *stakeholders* (formado por empresas, pesquisadores e proprietários de sistemas), identificar quais as principais barreiras que interferem no crescimento deste tipo de energia na Paraíba/PB.

Capítulo 5.

Título do capítulo: Conclusões

Objetivos do capítulo: Serão feitas as considerações finais enfatizando as principais barreiras constatadas no presente trabalho como dificultadoras do desenvolvimento da energia fotovoltaica, no que se refere a um panorama nacional e também local.

2. BARREIRAS IMPOSTAS AO DESENVOLVIMENTO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NO MUNDO

RESUMO

A energia fotovoltaica demorou mais de 10 anos para ser vista como uma alternativa viável nas matrizes energéticas mundiais, isto devido a uma grande quantidade de barreiras com as quais se deparou. Entretanto, a partir de meados de 2012, tem experimentado um forte crescimento representado principalmente por sistemas de pequena escala, como os residenciais, implantados majoritariamente em países como China, Japão, Alemanha e Estados Unidos. Tais países se destacam no setor, sendo responsáveis por 66,5% de toda a energia fotovoltaica gerada em 2016, com perspectivas até 2021 de 300,4 GW (SOLARPOWEREUROPE, 2017). Esse bom resultado corresponde a um conjunto de ações desenvolvidas para contornar tais barreiras que se sobrepõem ao desenvolvimento deste tipo de energia. Nesse artigo, será construído um quadro das dificuldades e incentivos à geração de energia fotovoltaica, onde serão descritas as principais barreiras e suas características no intuito de compreender as razões pelas quais o sistema fotovoltaico não apresenta um resultado significativo em alguns países. Também serão descritos os principais mecanismos comumente utilizados para superar tais barreiras. Para tanto, esse trabalho tem como base uma revisão sistemática, utilizando-se de revistas conceituadas, teses, dissertações e sites de agências governamentais relacionadas ao tema, juntamente com softwares como EndNote e VOSviewer.

Palavras-chave: Energia fotovoltaica. Barreiras. Incentivos.

2.1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Agência Internacional de Energia – IEA (2011), estima-se que a eletricidade representa cerca de 17% da demanda energética mundial, sendo que até 2050 esse percentual deverá aumentar para 23%, gerando a necessidade de expansão e modernização do sistema elétrico. Neste panorama, deverão ser observados parâmetros ambientais, econômicos e sociais que busquem promover um desenvolvimento sustentável da matriz energética global, trazendo à tona a importância do estudo das energias renováveis, entre elas a solar, na construção de um novo modelo de abastecimento.

Nessa busca pela redução da emissão de CO₂ e geração de energia de forma mais limpa e sustentável, países europeus e asiáticos promoveram um grande crescimento da utilização de energia fotovoltaica nos últimos 15 anos, alcançando uma geração significativa de aproximadamente 306,5 GW em 2016 (SOLARPOWEREUROPE, 2017).

Contribuindo para esse aumento, nos últimos anos, a energia fotovoltaica vem demonstrando um alto grau de confiabilidade técnica em suas mais variadas configurações, desde sistemas conectados à rede (*on-grid*) até sistemas híbridos. Sob as condições certas, estes sistemas podem oferecer energia a muitas famílias que são mal servidas e pagam tarifas elevadas, além de possibilitar aos que vivem no meio rural e ao governo uma alternativa, inclusive às vezes mais barata, de prover eletricidade.

Nesse século XXI, os sistemas fotovoltaicos passaram a ser mais seguros quando comparados aos sistemas fabricados no século XX. Além disso, agredem menos o ecossistema, uma vez que reduzem a dependência de combustíveis fósseis e, em alguns casos, podem ser mais viáveis economicamente do que os sistemas convencionais. Entretanto, apesar de todas essas características atraentes, a energia fotovoltaica ainda não é muito bem aceita pela população e pelo mercado de alguns países. Isto é evidenciado por seus baixos índices de investimentos, o que cria e alimenta uma grande quantidade de barreiras.

Tais barreiras entram em um ciclo vicioso que resulta em desvantagem econômica, regulatória ou institucional às energias renováveis em relação às outras formas de fornecimento de energia, sendo algumas delas específicas de uma tecnologia enquanto outras podem ser específicas de um país ou região (PAINULY, 2001). De fato, muitas dessas barreiras poderiam ser consideradas distorções de mercado que acabam por discriminar injustamente as energias renováveis, enquanto outras têm o efeito de aumentar os custos dessas tecnologias em relação às convencionais, tornando-as economicamente inviáveis (BECK; MARTINOT, 2004).

Nesse contexto, esse trabalho tem por objetivo identificar as principais barreiras que interferem no desenvolvimento da energia fotovoltaica e indicar os mecanismos e incentivos de maior relevância para promover o crescimento dessa tecnologia.

2.2 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho, optou-se por uma revisão sistemática da literatura baseando-se em livros, artigos de periódicos, revistas e matérias publicadas na internet, caracterizando, dessa forma, uma pesquisa bibliográfica. Além disso, foram utilizados

softwares como o EndNote e o VOSviewer com o objetivo de proporcionar maior suporte à pesquisa e garantindo a veracidade dos dados aqui informados.

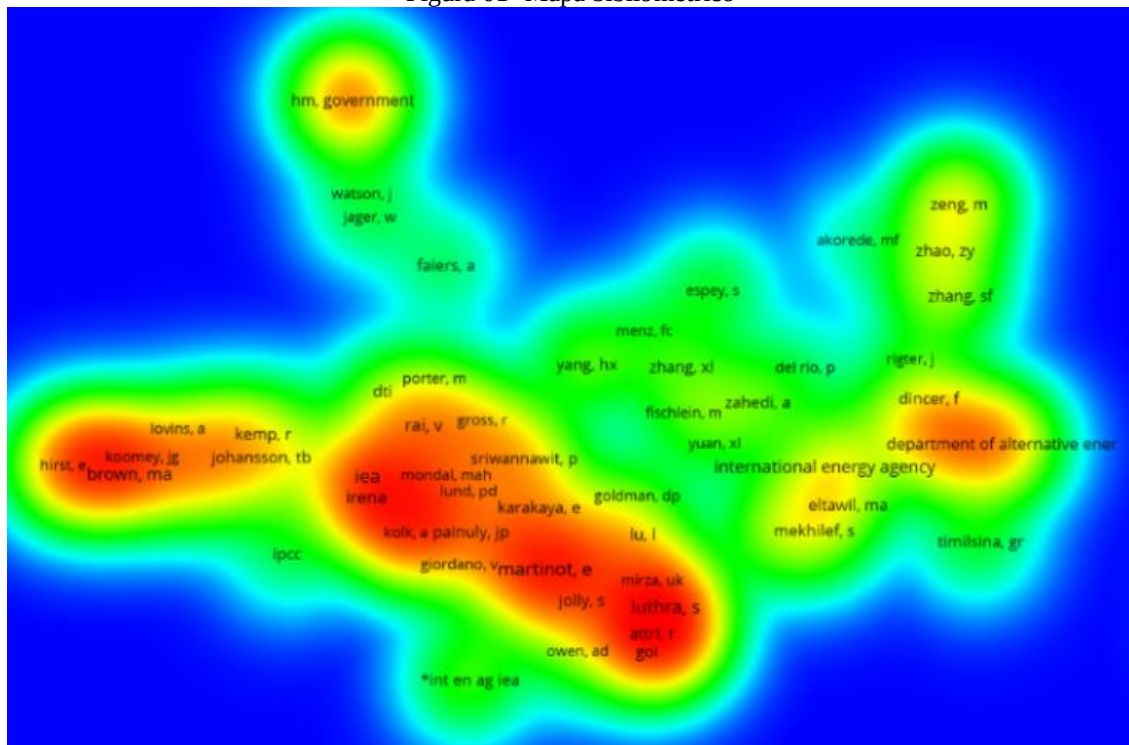
Já para alcançar resultados que apresentem confiabilidade, a pesquisa foi dividida em seis etapas, distribuídas em uma sequência lógica estruturada. Inicialmente, foram definidas algumas palavras-chave (barreiras, energia fotovoltaica e energia renovável) pertinentes ao tema, para que com isso se pudesse selecionar os artigos a serem analisados. Para tanto, utilizou-se de um filtro temporal, restringindo a busca por artigos em um período pré-definido (2000 a 2017), que corresponde a uma época de avanço da tecnologia fotovoltaica, principalmente em países europeus e asiáticos.

Definido o período de estudo, o cruzamento das palavras-chave em inglês e em português na base de dados (*Web of Science*) alcançou uma massa de 2.056 artigos encontrados, servindo de plataforma teórica para a pesquisa. Em seguida, através do refinamento das buscas na própria base de dados, foi possível reduzir o total de artigos para 1.197.

Após essa etapa, os títulos foram analisados e aqueles que não se alinhavam à pesquisa foram excluídos, restando apenas 45. Os artigos encontrados foram importados para o software EndNote, onde foi possível identificar cerca de 05 referências a serem excluídas, das quais 4 eram duplicatas e 1 era livro. No final desta fase, restaram 40 referências. Os resumos dos artigos restantes foram lidos e aqueles que não apresentavam relações com este trabalho, ou seja, com as barreiras ao desenvolvimento da energia fotovoltaica, foram excluídos, restando apenas 28.

Com a definição de artigos utilizados no desenvolvimento deste trabalho, o software VOSviewer foi aplicado de maneira a determinar as relações entre todos eles, relacionando os trabalhos, os autores e as citações de acordo com uma métrica estabelecida, de forma a mapear as pesquisas e guiar o autor na busca por um resultado.

Figura 01- Mapa bibliométrico



Assim, através do método bibliométrico, que leva em consideração as citações (*co-citation analysis*), foi possível identificar os autores e trabalhos que são mais conjuntamente referenciados nos artigos estudados, bem como observar quais deles são considerados referência nesse campo (Figura 01).

2.3 BARREIRAS

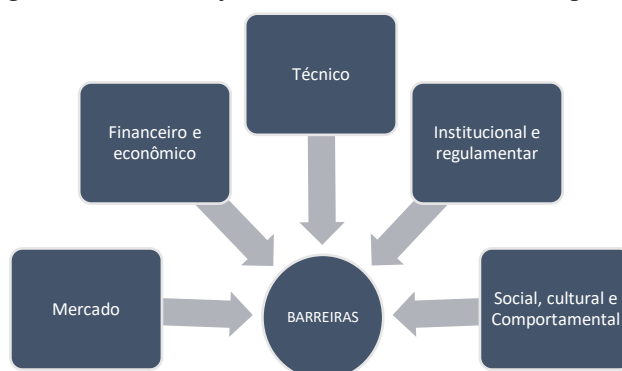
Para entender quais são os principais obstáculos ao desenvolvimento das tecnologias de geração de energia renovável e principalmente a fotovoltaica, deve-se, a princípio, conhecer seu conceito. Logo, de acordo com Sorrell et al. (2000), uma barreira é um mecanismo postulado que inibe o investimento em tecnologias energeticamente e economicamente eficiente. Dessa forma, segundo o autor, precisamos fazer as seguintes perguntas:

1. Qual é a barreira? Por exemplo. Custos ocultos, risco, falta de capital, falta de informação, incentivos financeiros inadequados etc.
2. Para o que ou para quem é um obstáculo? Empresas, organizações públicas, departamentos dentro das organizações, indivíduos.

3. O que isso impede? Por exemplo. Compra de equipamentos mais eficientes, adaptação de isolamento a um edifício, estabelecimento de um esquema de monitoramento e segmentação.

Então, respondendo essas questões, J. P. Painuly (2001); S. Reddy (2004); F. Beck (2004); E. Martinot (2004); N. Enzensberger (2002), e Sorrell (2017) , coincidem com as principais ideias a respeito das barreiras e pode-se afirmar que as mesmas se encontram divididas em cinco grandes categorias, são elas: técnicas; econômicas e financeiras; institucionais (legal e regulamentar); mercados; sociais, culturais e comportamentais, todas dispostas na figura 02.

Figura 02 - Classificação das barreiras inerentes a energia fotovoltaica.



Fonte: PAINULY (2001); REDDY (2004); BECK (2004); MARTINOT (2004); ENZENSBERGER (2002)

Uma vez definida a classificação das barreiras, a sua divisão em níveis mais baixos (Quadro 01) promove um maior detalhamento, facilitando com isso o entendimento das causas, além de identificar as medidas para superá-las. Esta subdivisão também define a relevância da barreira analisada para a fonte de energia. Porém, não se trata de processo simples, uma vez que tudo dependerá da experiência e percepção sobre possíveis soluções das partes envolvidas (PAINULY, J. P. 2001).

Quadro 01 - Subdivisão das barreiras

Técnica	Econômica e Financeira	Institucional e Regulamentar
Baixa eficiência energética Falta de padrão e códigos e certificação Falta de pessoal qualificado / instalações de treinamento Produto não confiável Pouco incentivo a P&D	Alto custo de capital inicial Longo período para retorno de capital Inexistência de uma instituição financeira que apoie as fontes renováveis de energia. Falta de acesso ao crédito pelo consumidor Mercado pequeno Flutuação do preço do combustível fóssel Subsídios elevados para fontes concorrentes e poluidoras	Falta de instituições / mecanismos para divulgar informações Falta de um quadro legal / regulamentar Choque de interesses Falta de instituições profissionais Excesso de Burocracia: Restrições quanto à localização, construção e interconexão Falta de políticas governamentais adequadas Falta de compromisso político
Mercado	Social, Cultural e Comportamental	
Controle do setor energético Acesso restrito à tecnologia Baixa concorrência Falta de infra-estrutura de mercado Impostos sobre as energias renováveis Barreiras comerciais Incerteza e risco de desempenho tecnológico	Não aceitação do produto pelo consumidor Falta de informação do consumidor Pobreza e baixa acessibilidade doméstica Falta de engajamento local	

FONTE: PAINULY (2000); ANSARI et al (2013); AHLBORG (2014); BECK; MARTINOT (2004).

Para melhor entendimento das classificações das barreiras citadas, optou-se por descrever cada uma delas.

a) Barreiras Técnicas

De acordo com Timilsina et al. (2011), as barreiras técnicas relativas à energia fotovoltaica variam de acordo com o tipo de sistema utilizado, mas na grande maioria incluem: baixa eficiência de conversão de módulos fotovoltaicos, que varia entre 4% e 12% para tecnologias de filmes finos, e de 22% para as células cristalinas, mais comum no mercado, o que limita o desempenho dos componentes do sistema, como baterias e inversores, o que é acentuado com o fornecimento inadequado de matérias-primas, como o silício.

De fato, no caso de sistemas fotovoltaicos autônomos, o armazenamento é uma preocupação importante, assim como a menor duração da bateria em comparação com a do módulo. Além disso, a eliminação segura das baterias torna-se difícil na ausência de um

processo estruturado de eliminação / reciclagem. Não obstante, a energia solar ainda tem que operar e competir nos termos de uma infraestrutura de energia projetada em torno de tecnologias convencionais.

Além desses fatores tecnológicos, outras barreiras se enquadram nessa categoria, são elas: falta de padrões e normas; falta de pessoal qualificado, baixo investimento em desenvolvimento e pesquisas.

b) Barreiras econômicas e financeiras

Ao optar pela implantação de uma fonte renovável de energia muitos fatores são levados em consideração, como vida útil, eficiência, e, principalmente, os aspectos econômicos e financeiros, que quando comparados com as fontes convencionais de energia apresentam certas desvantagens competitivas, pois estas possuem experiência acumulada da indústria, economias de escala e recursos externos incontáveis, além de políticas públicas incentivadoras.

As barreiras econômicas inerentes às energias fotovoltaicas começam com os custos iniciais de capital do sistema, que por muito tempo eram maiores em termos de custo por unidade (\$ / kW) que as outras fontes. Isso ocorre porque essa comparação não é feita tendo como base os custos relativos ao ciclo de vida total do sistema, que são os custos de capital inicial, os custos do combustível e da eletricidade no futuro, os custos de operação e manutenção, os custos de desvalorização e vida útil do equipamento (BECK, F.; MARTINOT, E. 2004). Em contrapartida, alguns autores defendem que deveriam ser levados em consideração os custos inerentes à poluição causada pela geração de energia através de combustíveis fósseis. Logo, deve-se avaliar todos esses fatores para alcançar o custo real do sistema, inclusive a grande flutuação da oferta dos combustíveis fósseis.

Quanto ao financiamento, as instituições financeiras consideram que esse tipo de tecnologia apresenta riscos elevados ao avaliar sua capacidade de crédito. Isso ocorre porque a tecnologia fotovoltaica é mais recente, possui ainda consideráveis períodos de retorno e fluxo de receita menor, o que implica em taxas financeiras mais elevadas para os projetos, afastando com isso os investidores em potencial (TIMILSINA et al., 2011).

Assim, para superar os altos custos iniciais associados a energia fotovoltaica, muitos governos investem em subsídios sob a forma de créditos ou incentivos fiscais, determinando regras especiais de preço e de aquisição de energia e reduzindo os custos de transação. Além dos subsídios, também são utilizados mecanismos de financiamento para viabilizar a

implantação dessa tecnologia (PAINULY, 2001; BECK; MARTINOT, 2004), pois apesar da imensa capacidade de geração técnica, o mercado na maioria dos países é pequeno.

c) Barreiras institucionais e regulamentares

Além das restrições econômicas e técnicas, as tecnologias fotovoltaicas enfrentam barreiras institucionais e regulamentares, que em sua maioria são impostas pelo Estado e por instituições com forte presença no governo, a fim de impedir ou desacelerar o desenvolvimento dessa tecnologia. E como isso ocorre? Durante muito tempo e em vários países a produção e distribuição de energia elétrica era controlada pelo setor público e por grandes empresas que acabavam por promover um monopólio sobre o setor elétrico.

Nesses casos, a falta de uma estrutura legal, ou seja, normas e leis que amparem os produtores independentes de energia, inviabilizava a produção e comercialização dessa energia para as distribuidoras e para terceiros interessados, dificultando o planejamento e financiamento dos projetos (BROWN, 2001). Além disso, também dificultavam o mercado: a restrição de prioridade de acesso à rede de transmissão de energia pelas fontes renováveis e o excesso de burocracia na instalação do sistema, que é inadequado ou desnecessário para pequenos produtores de energia (MARTINOT, 2004).

Para aumentar a confiança dos produtores de energia e, conseqüentemente, dos investidores, é essencial que haja uma flexibilidade na regulamentação do setor elétrico, de modo a permitir o acesso da energia renovável à rede pública de distribuição, o que por sua vez promoverá um mercado mais confiável para os pequenos e grandes produtores de energia fotovoltaica.

d) Barreiras sociais, culturais e comportamentais

De acordo com Shen e Luo (2015), a utilização de políticas de subsídios promove, a curto prazo, a implantação de sistemas fotovoltaicos de energia e isso ocorre porque a maioria das políticas de incentivos tem prazo de validade. Para que essa tecnologia cresça e possa ser difundida é necessário que ela seja aceita pela sociedade. Para isso, benefícios não-energéticos, como o incremento da renda ou a geração de empregos locais são essenciais, pois afetam diretamente os índices de pobreza e baixa acessibilidade doméstica. Outra forma de promover a participação da comunidade no desenvolvimento de energias renováveis é por meio da

participação cooperativa e de agências de energia locais, de maneira a educar, treinar e informar a população (COSTA; PRATES, 2005).

Atentos a esses fatores, países como China, Japão e Alemanha introduziram, além dos mecanismos que proporcionavam retornos financeiros aos produtores de energia, como era o caso do feed-in tariffs e dos mecanismos de leilões, programas que incentivavam a educação, a pesquisa e o desenvolvimento da tecnologia fotovoltaica nesses países. Já no Brasil, verifica-se um alto grau de desconhecimento das tecnologias disponíveis no mercado nacional e internacional (SOUZA, et al., 2004). Essa falta de informações juntamente com a inexistência de políticas educacionais e de P&D, leva à rejeição da tecnologia fotovoltaica passando a ser um desafio a sua implantação em pequena e em larga escala.

e) Barreiras de mercado

As restrições relacionadas ao mercado são abordadas por estudiosos do mundo todo, porém alguns deles as classificam por falhas de mercado e por barreiras de mercado. De acordo com Brown, M. A (2001), as "falhas de mercado" ocorrem quando há um problema na forma como os mercados operam, ou seja, quando pressupostos econômicos neoclássicos que definem um mercado ideal (comportamento racional, transações sem custos e informações perfeitas) são violados.

Nessa direção, as barreiras do mercado são definidas por Sutherland (1991) como sendo aquelas restrições que desencorajam investimentos em eficiência energética. Segundo Brown (2001), essas barreiras contribuem para a difusão e adoção de inovações de eficiência energética de forma mais lenta, como: (1) a baixa prioridade das questões energéticas entre os consumidores, (2) imperfeições do mercado de capitais e (3) mercados incompletos para recursos e produtos eficientes.

2.4 MECANISMOS DE INCENTIVOS ÀS FONTES RENOVÁVEIS

A partir de 1970, diversos países passaram a se preocupar com questões atinentes à geração de energia baseada em combustíveis fósseis e nucleares. Tal inquietação foi motivada principalmente pelas crises do petróleo, pelo acidente nuclear de Chernobyl e pela crescente preocupação com os aspectos ambientais, como aquecimento global causado pela emissão de gases de efeito estufa.

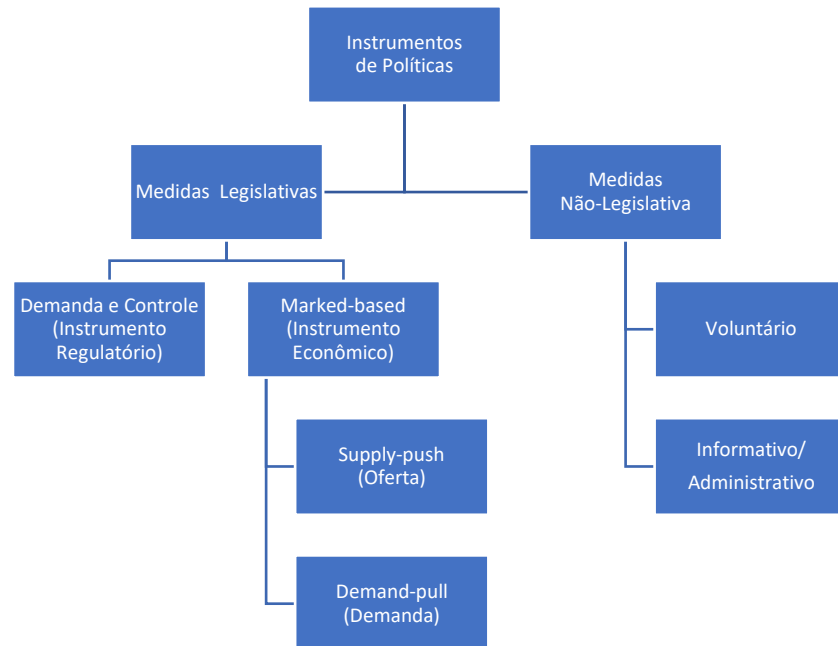
Durante esse período, foram desenvolvidos vários programas e políticas públicas que objetivavam o desenvolvimento da indústria e do mercado de energias renováveis, proporcionando a sua participação de maneira mais efetiva na matriz energética e reduzindo com isso a dependência de combustíveis fósseis.

Isto porque as fontes renováveis de energia apresentavam alguns obstáculos que dificultavam o seu desenvolvimento e sua utilização de forma autônoma, sem qualquer incentivo. A título de exemplo, citamos o preço da eletricidade no mercado, que não correspondia ao custo real de produção de eletricidade; e a baixa eficiência tecnológica voltada para as fontes alternativas, como a solar e a eólica, que impossibilitava concorrer diretamente com as fontes de energia tradicionais.

Assim para superar essas barreiras e alcançar os objetivos impostos pelo interesse público, o Estado atua no desenvolvimento dessas fontes através da inserção de mecanismos e programas. De acordo com Nogueira (2011), pode-se entender por mecanismos um conjunto de iniciativas que objetivam superar barreiras políticas e programáticas e a alcançar as metas nacionais de política energética, estabelecidas através de legislação e regulação definidas por órgãos governamentais, ou através de ações voluntárias resultantes de condições econômicas específicas, metas e objetivos individuais e reações a políticas públicas de estímulo. Já os programas distinguem-se dos mecanismos porque são direcionados aos usuários finais, ao passo que os mecanismos são direcionados aos agentes que desenvolvem e implementam esses programas.

Enzensberger et. al. (2002) divide os instrumentos políticos em instrumentos legislativos implementados por autoridades governamentais e instrumentos não legislativos que podem ser implementados por qualquer parte interessada em apoiar essas fontes. As medidas não legislativas podem se subdividir em mecanismos voluntários ou informativo-administrativos (figura 03).

Figura 03 - Tipologia dos instrumentos de políticas



Fonte: ENZENSBERGER et. al. (2002)

Como exemplo de um mecanismo voluntário podemos citar o *green power pricing* (preço da energia verde), que se resume na venda de energia proveniente de fontes renováveis para consumidores a preços prêmios. Além disso, existem também outras medidas de apoio não financeiras fornecidas por autoridades oficiais e pelas organizações industriais. Já as medidas informativo-administrativas incluem aconselhar os investidores interessados, mapeamento de recursos, campanhas publicitárias ou procedimentos de aprovação de projetos (ENZENSBERGER et al., 2002).

Quanto aos mecanismos legislativos, o citado autor os divide em: instrumentos de demanda e controle, conhecidos como instrumentos reguladores; e *Market based* ou simplesmente instrumento econômico, que funcionam das seguintes maneiras:

- Instrumentos regulatórios: forçam o mercado, através de normas, a seguir um padrão de comportamento definido como aceitável pelo Estado. Exemplos típicos são os limites de emissão de poluentes e padrões de segurança implantados no setor elétrico tradicional.
- Instrumentos econômicos: alteraram a estrutura econômica de forma a tornar o comportamento desejado mais atrativo economicamente. Isto pode ser realizado através da inserção de impostos, taxas ou até mesmo concedendo algum tipo de apoio financeiro para ações específicas.

Os instrumentos econômicos podem ser divididos em *supply-push* e *demand-pull*. O *supply-push* atua influenciando o preço de mercado ou o custo de produção da eletricidade renovável, dessa forma é possível determinar o valor da eletricidade, porém é impossível prever, de maneira antecipada, a quantidade de eletricidade instalada. São exemplos desse instrumento: as tarifa *Feed-in*, os subsídios aos investimentos e as vantagens fiscais. Já o *demand-pull* determina que certa porcentagem da geração total de eletricidade seja coberta por fontes renováveis de energia e, ao contrário da *supply-push*, o preço de mercado da eletricidade verde é uma variável livre e sujeita a mecanismos de mercado. São exemplos desse mecanismo o sistema de quotas concebido juntamente com o certificado de energia renovável (NOGUEIRA, 2011).

O mecanismo *supply-push* é subdividido em incentivos à construção e incentivos à produção. Podem ser classificados como incentivos à construção: reduções fiscais, empréstimos com taxas de juros abaixo do valor de mercado e subsídios diretos. Ao contrário, incentivos à produção, como tarifas *feed-in* e isenção de impostos, estimulam o desenvolvimento de projetos eficientes (NOGUEIRA, 2011).

De acordo com Enzensberger et. a (2002), durante a década de 90, a preocupação não era apenas em como criar um mercado para as energias renováveis, uma vez que as mesmas apresentavam grandes desvantagens quanto às outras fontes convencionais de energia, mas sim como integrar esses segmentos de mercado protegidos e artificialmente criados em um ambiente de mercado liberalizado. Isto levanta novos aspectos que têm de ser considerados, tais como a compatibilidade de sistemas de instrumentos de política e especialmente a exigência de medidas de política economicamente eficientes.

O resultado das políticas de incentivos aplicadas pode ser avaliado sob diversos pontos de vista. Divididas em dois grandes grupos, as políticas de incentivos podem ser classificadas como aquelas focadas no preço (como é o caso do sistema *Feed-In*) e aquelas focadas na quantidade (Sistema de Leilão e o Sistema de Cotas). O mecanismo mais utilizado mundialmente para o desenvolvimento de mercados de geração renovável de eletricidade, tem sido o Sistema *Feed-In*. Apesar das críticas em sua implementação, principalmente sobre os valores pagos pela energia elétrica gerada, o sistema *Feed-In* promoveu não só o crescimento do número de projetos, mas também o desenvolvimento contínuo da indústria de energia renovável. O progresso tecnológico, em grande parte financiado pelo próprio sistema de incentivo, apresentou um rápido ritmo de crescimento tanto na potência gerada quanto no sistema de controle e na qualidade de energia (DUTRA, 2007).

Além disso, Beck e Martinot (2004) acrescentam um terceiro grupo denominado de políticas de redução de custos, que consiste em uma série de políticas destinadas a incentivar investimentos voluntários em energia renovável, reduzindo os custos de tais investimentos. Essas políticas podem ser caracterizadas por cinco categorias: Políticas que (1) reduzem os custos de capital inicial (através de subsídios e descontos), (2) reduzem os custos de capital após a compra (por meio de alívio fiscal), (3) compensam os custos através de um fluxo de pagamentos baseado na produção de energia (através de créditos fiscais de produção), (4) fornecem empréstimos concessionários e outra assistência financeira, e (5) reduzir os custos de capital e instalação através de economias de compras em massa.

Nessa conjuntura, os principais mecanismos de incentivo à energia fotovoltaica, são: (a) *feed-in*; (b) net- metering; (c) leilões; (d) RPS; (e) cotas com certificados verde; (f) subsídio e incentivos fiscais.

a) Mecanismo feed-in tariffs (fit)

As tarifas *Feed-in* são um dos instrumentos mais utilizados nas políticas europeias e asiáticas de energias renováveis e são responsáveis por grande parte do crescimento e desenvolvimento de projetos em vários países, como Espanha, Alemanha e China. O mecanismo de tarifa *Feed-in* baseia-se na obrigação dos operadores de rede em ligar sistemas de eletricidade renovável à rede, dando acesso prioritário e obrigatório às energias renováveis e remunerando o produtor independente através da compra da energia elétrica gerada a um preço mínimo estipulado pelo governo.

O contrato FIT garante o pagamento por quilowatt-hora para toda a produção do sistema por um período de tempo entre 15 e 20 anos. Normalmente, é instalado um medidor separado que mede a saída real de energia do sistema. O montante de pagamento real geralmente é diferenciado com base no tipo de tecnologia, tamanho do projeto, qualidade do recurso e / ou outros recursos específicos do projeto (ABDMOULEH et. al., 2015).

De acordo com Abdmouleh et. al. (2015), existem três métodos principais de remuneração da energia gerada por fontes renováveis através das políticas FIT. O primeiro é baseado no custo real da geração de energia renovável. O segundo é baseado no custo estimado de fornecimento de eletricidade se fosse feito por meio de outras fontes de abastecimento. O terceiro trata-se de um incentivo de preços fixos estabelecido arbitrariamente.

As políticas europeias de FIT mais bem-sucedidas, que resultaram em uma rápida e substancial expansão da capacidade de energia renovável, têm tarifas FIT estruturadas para

cobrir o custo do projeto, mais um lucro estimado (KLEIN et al., 2008). No entanto, as políticas de FIT com base no valor, ligadas a custos evitados ou a custos sociais e ambientais externos (segundo método), até agora não conseguiram impulsionar o crescimento das energias renováveis.

Independente do modelo utilizado, tais tarifas são custeadas por todos os consumidores de energia elétrica através de taxas fixas adicionadas à conta de energia. Logo, para reduzir o ônus sobre o consumidor final, incentivar o desenvolvimento tecnológico e exercer pressão sobre os preços dos fabricantes reduzindo seus custos, alguns países promovem anualmente uma redução nas tarifas, denominada degressão, para as novas instalações postas em funcionamento (WOLFGANG, 2015).

Sendo assim, pode-se dizer que a degressão foi o mecanismo encontrado pelos governos, de forma dosada, para reduzir o peso proveniente dos custos inerentes aos mecanismos de incentivo às fontes renováveis da sociedade e de fundos públicos, promovendo com isso uma redução no preço dessas fontes, tornando-as cada vez mais acessíveis e economicamente viáveis.

b) Mecanismos net metering

Diferente do FIT, que se traduz na compra de toda a energia gerada pelo produtor, o sistema de compensação de energia elétrica ou simplesmente *net metering* consiste na venda do excesso de energia gerado pelos próprios consumidores através de fontes alternativas, como a fotovoltaica. Esse sistema foi implantado em países como Austrália, Dinamarca, Itália, Espanha e EUA, cada um com características próprias. Grande parte dos programas implementados possuem limites equivalentes ao consumo anual total do cliente, não sendo pago nenhum valor acima dessa quantidade (TIMILSINA et al. 2011).

Já o Brasil, buscando promover as fontes renováveis de energia, implantou um *net metering* que permite que a energia excedente gerada pelas unidades consumidoras seja injetada na rede da distribuidora local. Nos casos em que a energia injetada for maior que a consumida, o consumidor receberá um crédito em energia (kWh) a ser utilizada para abater em outras unidades do mesmo consumidor ou em faturas dos meses subsequentes (Portal Solar).

c) Mecanismos de leilões

Conhecido como *tendering arrangements*, o mecanismo de leilão estabelece uma quantidade de energia definida pelo governo que deverá ser preenchida pelas fontes renováveis através de um processo de competição entre os produtores. As propostas se classificam em ordem crescente de custo até que se alcance o montante a ser contratado pelas concessionárias de energia elétrica por um prazo pré-definido e consideravelmente longo. Os preços de venda são fixados ao nível de custo do último licitante aprovado (ENZENSBERGER *et al.*, 2002).

Devido à utilização de contratos de compra de energia a longo prazo, este sistema permite que as tecnologias de energias renováveis, mesmo aquelas em diferentes estágios de desenvolvimento, se tornem viáveis, uma vez que tende a promover a concorrência entre os produtores e entre as tecnologias.

De acordo com Nogueira (2011 apud MENANTEAU *et al.* 2003), o mecanismo de leilões tende a ser mais eficiente na redução de custos e preços do que o *Feed-In*. Isso é facilmente explicado devido ao constante esforço dos produtores para o melhoramento técnico (ganhos de escala, diminuição nos custos de investimentos e melhoria na performance técnica), na redução dos custos através de economias de escala, e utilização dos melhores sítios disponíveis.

Apesar da pré-disposição do leilão na redução dos custos, quando comparado com o FIT, o leilão oferece poucas vantagens ao produtor, uma vez que apresenta margens de lucro reduzidas causadas pelo baixo preço provocado pela concorrência inerente ao leilão, incerteza relacionada à rentabilidade dos projetos e as baixas taxas de retorno (NOGUEIRA, 2011).

d) Renewable energy portfolio standards (RPS)

O padrão de portfólio renovável ou RPS, sigla em inglês para Renewable Energy Portfolio Standards, como é comumente conhecido, é uma das políticas mais utilizadas atualmente juntamente com o *Feed-in Tariff* (FITs) (ABOLHOSSEINIA; HESHMATIB, 2014).

O mecanismo RPS impõe, dentre toda a energia gerada ou instalada, que um percentual mínimo pré-determinado seja fornecido por fontes renováveis, onde o cumprimento é garantido através de sua própria geração, da compra de energia de outros produtores, ou pelas vendas diretas de terceiros aos clientes da concessionária. Normalmente, as obrigações inerentes ao mecanismo RPS são impostas aos varejistas finais, que, no caso do Brasil, são as distribuidoras de energia, que comprem um percentual de energias provenientes de fontes renováveis ou simplesmente comprem o equivalente de energia em certificados verdes.

Apesar do RPS não ser considerado uma solução autônoma, que por si só promoveria o crescimento da energia fotovoltaica, muitos autores afirmam que esse mecanismo apresenta vantagens que poderiam ser um ponto de partida ideal quando bem desenhado (ABOLHOSSEINIA; HESHMATIB, 2014).

Nos Estados Unidos, 31 dos 50 Estados introduziram o RPS com padrões que variam de 10% a 40%, além de criarem padrões específicos para a energia solar. Em Nova Jersey, por exemplo, o RPS exigido era de 6,8% em 2008, dos quais 0,16% eram de fotovoltaica. Em 2010, Nova Jersey revisou seu RPS e passou a exigir que 20,38% de sua eletricidade venha de fontes renováveis até 2021. Isso criou um mercado autônomo para créditos de energia solar renovável (SRECs), cujo preço de mercado foi limitado pela utilização de um "pagamento de conformidade alternativo" (ACP) de US \$ 300 / MWh. Da mesma forma, em Nevada, o RPS exigido era 20% até 2015, onde 5% eram de fotovoltaica (TIMILSINA *et al.* 2011).

Outro exemplo é a Holanda, onde os serviços públicos adotaram o sistema RPS voluntariamente, com metas iniciais de 5% da geração de eletricidade até 2010, aumentando para 17% até 2020. Na Dinamarca, a legislação obrigava os usuários finais a comprar 20% de sua eletricidade a partir de fontes renováveis até 2003 (BECK; MARTINOT, 2004).

No Brasil, uma política promulgada durante a crise elétrica de 2001 exigiu que os serviços públicos nacionais adquirissem mais de 3000 MW de energia renovável até 2016, o que não ocorreu. Os preços de compra eram fixados pelo governo em 80% do preço médio nacional de varejo elétrico (BECK; MARTINOT, 2004), sendo esses um dos primeiros passos a favor do crescimento da tecnologia.

e) Sistema de cotas com certificado verde

Os certificados de energias renováveis (verdes) surgiram como consequência da necessidade das instituições (fornecedores, distribuidores e geradores) de cumprir com as obrigações estabelecidas pelo PRS (Renewable Energy Portfolio Standards). Desta forma, para cumprir com a meta do RPS, o operador tem a possibilidade de produzir a energia; de comprar a energia de um gerador, que fornecerá juntamente com os certificados verdes; ou simplesmente comprar os certificados verdes em um mercado específico (MARTINS, 2010).

Assim, os certificados são emitidos por geradores de energia renovável que se beneficiam com a geração de eletricidade renovável de duas maneiras diferentes: vendendo na rede ao preço de mercado e vendendo certificados no mercado de certificados verdes (BECK; MARTINOT, 2004).

A meta estipulada é decidida para todo o país e é dividida entre cada um dos produtores, permitindo com isso que as quotas sejam alocadas de maneira justa e eficiente. Com um sistema de certificados, o fardo é compartilhado de forma eficiente, ou seja, os custos de produção são iguais entre os operadores e os produtores especializados são encorajados a entrar no mercado (FINON et al., 2002).

f) Subsídios e incentivos fiscais

Em virtude do custo associado a empreendimentos de fontes renováveis de energia ser mais alta que a hidroeletricidade e termoeletricidade, normalmente os governos concedem subsídios para estimular a produção e o desenvolvimento tecnológico para que, num futuro, estas fontes consigam competir com maior igualdade com as chamadas fontes convencionais (MARTINS, 2010).

Aplicado na fase inicial do empreendimento, o subsídio ao investimento consiste na redução do capital inicial próprio necessário para iniciar o projeto, tornando-o mais viável economicamente, promovendo com isso o crescimento da capacidade instalada em um intervalo de tempo relativamente curto (DUTRA, 2007).

Martins (2010) destaca outras formas de subsídios diretos como os incentivos fiscais e creditícios (as isenções tributárias relacionadas com o uso da energia; abatimento em impostos ou taxas; créditos financeiros e etc.). Normalmente, os incentivos fiscais e creditícios são temporários, mas proporcionam um benefício mais duradouro, como o pagamento pelo kWh gerado e disponibilizado na rede de distribuição ou a isenção fiscal por longos períodos, enquanto que o subsídio ao investimento ocorre apenas na fase inicial do projeto.

Nesse caso, a isenção fiscal é utilizada por muitos países como uma medida de incentivo, uma vez que os elevados preços frequentes neste mercado inibem a sua competitividade em relação às energias convencionais.

Este tipo de isenção consiste em medida de caráter político, sendo de atuação discricionária do ente federado decidir pela sua implementação, pois trata-se de renúncia ao direito de tributar e arrecadar os valores dos tributos que lhe seriam devidos quando configurada determinada situação. Isto significa dizer que, visando a um objetivo maior, para trazer possibilidades de concorrência, o Estado, por meio de lei, decide não cobrar tributos quando a arrecadação destes seria plenamente cabível.

Os sistemas fotovoltaicos têm grandes exemplos de desenvolvimento e expansão de mercado que só foram possíveis mundo afora devido à adoção de programas de incentivos deste

tipo. A não-incidência do tributo torna viável a inserção destes sistemas no mercado, pois possibilitam que o preço final praticado junto aos consumidores tenha valores razoáveis.

É de se notar que a isenção poderá ocorrer de várias formas, pois poderão ser atingidos pela benesse tanto o segmento de produção quanto os segmentos de investimento ou de consumo de energia elétrica gerada por fontes renováveis. É possível, portanto, além de deixar os componentes físicos mais acessíveis, barateando o custo de produção, tornar o sistema mais atrativo por meio de política voltada a isentar diretamente o consumidor final.

Por outro lado, a política fiscal também pode atuar de forma inversa, desestimulando o consumo de combustíveis fósseis, utilizando-se para tanto da elevação de tributos sobre este tipo de consumo.

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após conhecer as barreiras e incentivos, é possível analisar o panorama energético de qualquer país. A seguir, é feita (como exemplo) uma análise de vários países, verificando como conseguiram superar as principais restrições existentes em suas realidades através da implantação de mecanismos voltados especialmente para aquelas barreiras que apresentavam maior grau de interferência na ascensão do mercado fotovoltaico.

Nesse sentido, foram utilizados os dados fornecidos pelo REN21 (2017) e França (2016), sintetizado no quadro 02 de modo a facilitar a visualização desses mecanismos em tais países.

Quadro 02 - Políticas públicas de apoio às energias renováveis.

Países	Metas para Energias Renováveis	Políticas Regulatórias				Incentivos Fiscais e Financiamento Público			
		Feed-in Tariffs	Quotas/RPS	Net metering	Leilões	Créditos fiscais para investimentos e produção	Reduções em impostos para vendas, energia e outros	Pagamento para produção de energia	Investimento público, empréstimos, subsídios, subsídios de capital ou
Alemanha	○	R			H	○	○		R
Austrália	○	R*	○	X*	H*				○
Brasil	○			R	R	○	○		○
Chile	○		○	○	H	R	○		○
China	R	R	○		H	○	○	○	○
Canadá	R*	R*	●	●	H*	○	○		○
Espanha	○				H	○		○	○
Estados Unidos	R*	●	R*	R*		R	○		R
Índia	R	R*	○	●	H	○	○	○	R
Japão	○	R			H		○		○
México	R			○	H	○			○
Portugal	○	○	○				○		R
Reino Unido	○	R	○				○	○	R
Legendas: ○ - Existente nacional X - Removido/expirado ● - Existente subnacional X* - Removido/expirado sub-nacional R - Revisado H - Tendencias realizadas em 2016 R* - Revisado sub-nacional H* - Tendencias sub-nacionais realizadas em 2016									

Fonte: REN21 (2017); FRANÇA (2016)

Então, com a ajuda do quadro de barreiras e incentivos, pode ser observado que países que apresentam um bom desempenho na geração desse tipo de energia tem como premissa a implantação de mecanismos como o feed-in tariffs, o sistema de cotas e de leilão, além de apresentar vultuosos investimentos públicos, subsídios e reduções de impostos viabilizando o mercado fotovoltaico em tais regiões, promovendo com isso a redução dos preços desses sistemas e sua comercialização de maneira eficiente.

O Brasil, Chile e México ainda estão longe de alcançar todo o seu potencial, isso ocorre talvez devido à implantação apenas de mecanismos como o net-metering e o sistema de leilões que promovem o crescimento do sistema fotovoltaico a longo prazo, estimula o crescimento dos grandes empreendimentos e desestimula os sistemas residenciais.

Também apresentam limitações quanto aos investimentos públicos no setor, pouco ou nenhum subsídio, altas taxas de juros, excesso de burocracias, baixo índice de conhecimento e informações, política ineficaz de redução de impostos sobre os componentes eletrônicos e linhas de financiamento próprios. Exigindo do consumidor comum grandes investimentos para instalação desse tipo de tecnologia em suas residências.

Assim concluímos que o quadro de barreiras e incentivos construído é uma importante ferramenta para análise de implantação da energia fotovoltaica, ajudando pesquisadores e tomadores de decisões na pesquisa e no gerenciamento de implantações da energia solar.

3. AS POLÍTICAS PÚBLICAS PARA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA: ESTUDO DE CASOS DA ALEMANHA, JAPÃO, CHINA E BRASIL

RESUMO

A crescente preocupação global com o desenvolvimento sustentável tem repercutido cada vez mais no setor energético, tendo em vista que as fontes de energia atualmente utilizadas em âmbito mundial são, em sua maioria, grandes emissoras de CO₂. Nesta busca por uma fonte de energia limpa, países como Alemanha, China e Japão têm intensificado a produção da energia renovável via sistemas fotovoltaicos. Já o Brasil, que apesar de apresentar várias características favoráveis para galgar grande uso dessa geração, ficou muito aquém do seu potencial de utilização. Esse trabalho tem por objetivo apresentar os processos de implantação de geração fotovoltaica, analisando o progresso de seu desenvolvimento nesses quatro países e buscando entender a influência das políticas governamentais e econômicas para o desenvolvimento da energia fotovoltaica. Através de uma revisão sistemática, utilizou-se da literatura internacional, teses, dissertações e sites de agências governamentais relacionadas ao tema. Constatou-se que o desenvolvimento e a importância da energia fotovoltaica na Alemanha, China e Japão se deu inicialmente e sobretudo porque houve pesados incentivos e mecanismos governamentais, com ênfase em todo o processo de crescimento, entretanto o mesmo não foi constatado no Brasil, apesar de todo aparato natural inerente do relevo e posição geográfica favorável do país.

Palavras-chave: Energia elétrica. Energia Fotovoltaica. Mecanismos. Incentivos à geração.

3.1 INTRODUÇÃO

A partir do século XX, o crescimento industrial, demográfico e econômico promoveu um aumento acentuado no consumo de energia elétrica, exigindo cada vez mais de seus recursos energéticos, que em sua maioria resumem-se a fontes que apresentam um alto potencial poluidor, como o carvão mineral, o gás natural e o petróleo.

Estes combustíveis fósseis são responsáveis pela emissão de gás carbônico, promovem impactos ambientais irreversíveis, como aquecimento global, aumento do nível do mar, derretimento das geleiras polares e alteração no ciclo hidrológico, mas, ainda assim, sua utilização quase que dobrou nos últimos quarenta anos, chegando a representar 82,2% do total da energia gerada (IEA, 2016).

Percebendo esta situação, alguns países passaram a investir em fontes que buscam promover um desenvolvimento sustentável da matriz energética. Esta percepção demonstrou resultados concretos quando foram observados os males que a dependência dos combustíveis fósseis poderia provocar na economia. A título de exemplo, note-se a crise do petróleo na década de setenta, que causou um aumento de aproximadamente 400% no preço do barril. E hoje, apesar do fim da crise, o mercado ainda sofre com a instabilidade do valor deste produto, que em 1999 custava \$10,00 e em 2008 alcançou \$140,00 por barril (INDEXMUNDI, 2017).

Foi a partir de eventos como este ou como o acidente de Chernobyl, que houve de fato uma movimentação no intuito de explorar novas possibilidades de fontes de energias, optando, pelas fontes renováveis, com especial atenção para as energias eólica e a solar. Os sistemas solares trabalham efetuando a transformação direta da luz do sol em potencial elétrico, por meio da absorção da radiação solar pelas células fotovoltaicas, que são compostas por materiais semicondutores e geram uma diferença de potencial entre as camadas que lhe formam (CHAIANONG; PHARINO, 2015).

Embora fosse um sistema atrativo, por muito tempo a difusão da tecnologia fotovoltaica enfrentou várias barreiras, como o alto custo de investimento, a baixa eficiência e as dificuldades impostas pelas autoridades para sua instalação, sendo considerado durante anos como um sistema economicamente inviável.

Apesar dessas dificuldades, alguns países, buscando diversificar suas matrizes energéticas, vislumbraram nesses sistemas uma oportunidade de mudança e passaram a neles investir. Em regra, criaram uma série de medidas e programas políticos, como o *Feed-in Tariffic*, o padrão de portfólio renovável ou RPS, mecanismos de leilões, sistemas de cotas e certificados verdes, que tornaram o mercado mais atraente, causando um declínio nos preços e uma melhora considerável na eficiência do uso da energia fotovoltaica. Como resultado, alcançou-se um crescimento médio da capacidade mundial instalada de 29% ano após ano, e, no fim de 2015, um acumulado de aproximadamente 229 GW. Com um crescimento de 450% de 2010 a 2015, a geração global de energia fotovoltaica saltou de 41GW para 229GW (SOLARPOWEREUROPE, 2016), que foi numericamente surpreendente, mas ainda não é nada significativo quando comparado com o uso do petróleo, carvão e gás natural na matriz energética mundial.

Assim, é preciso entender a importância dessas ações para o desenvolvimento dos sistemas fotovoltaicos. Esse trabalho buscou analisar as medidas implantadas nos três maiores geradores dessa energia (China, Alemanha e Japão) nos últimos 17 anos, descrevendo seus resultados e seus percursos ao longo dessa trajetória. Além disso, foram analisadas as medidas

adotadas no Brasil, uma vez que apesar de apresentar um grande potencial climatológico, com irradiação solar acima da média dos países analisados, o Brasil não demonstra uma participação significativa na geração fotovoltaica de energia no âmbito mundial.

3.2 METODOLOGIA

A elaboração desse capítulo seguiu uma metodologia composta por cinco passos. Inicialmente, foi realizada uma pesquisa exploratória, abordando as variáveis de cada país estudado, como: (i) dependência do petróleo, (ii) evolução do mercado fotovoltaico, (iii) sistema tarifário, (iv) programas e incentivos ao crescimento da geração fotovoltaica, (v) capacidade instalada e (vi) quantidade de empregos gerados no setor fotovoltaico.

Em seguida, foi conduzida uma revisão sistemática utilizando para tal um conjunto de palavras-chave pré-definidas ligadas direta ou indiretamente ao assunto, que foram implantadas em uma base de dados internacional (*Web of Science*) de maneira a fornecer a maior quantidade de artigos e periódicos possíveis. Nessa etapa, foram encontrados 5165 trabalhos relacionados com o tema, dos quais 2610 foram referentes à Alemanha, 1213 à China, 980 ao Japão e 362 ao Brasil.

No terceiro passo, levando em consideração os títulos, foram selecionados somente aqueles artigos que tinham alguma relação com o tema estudado, reduzindo o total para 104 artigos. Porém, destes foram identificadas duplicatas restando 70 artigos.

A próxima etapa consistiu na leitura dos resumos dos artigos selecionados anteriormente, sendo identificados os de maior relevância, restando 32 periódicos que foram utilizados como fonte para esse artigo.

Deve-se ressaltar que além dos trabalhos provenientes do *Web of Science* foram utilizados livros, teses, dissertações, monografias, sites governamentais e não governamentais como os da ANEEL, IEA, Solar Power Europe, que também serviram de plataforma teórica para a pesquisa.

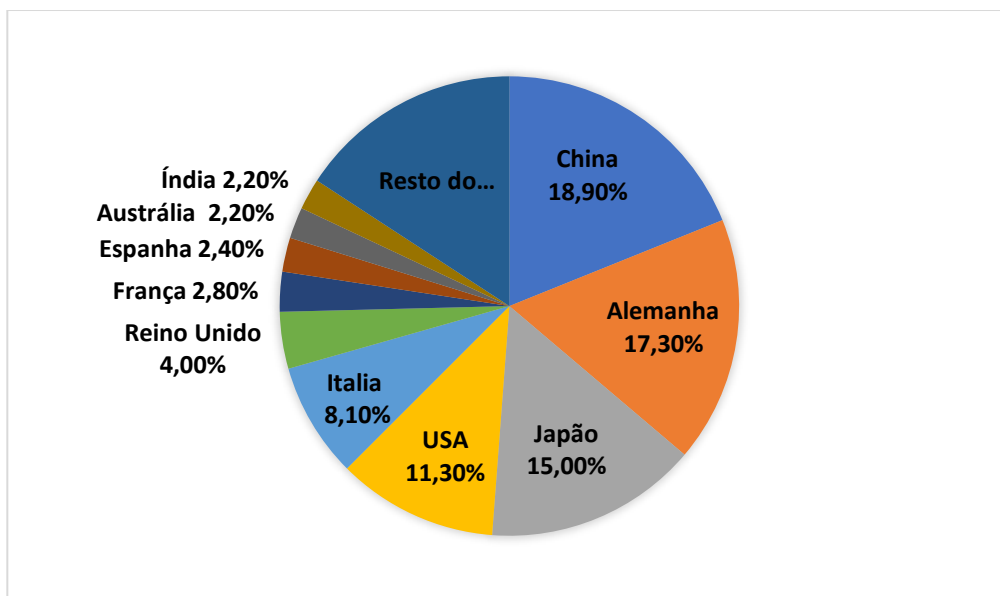
3.3 O USO DA ENERGIA SOLAR NO MUNDO

O planeta terra é coberto inteiramente pelo sol devido ao movimento de rotação e translação, porém é na região da linha do equador que a energia solar pode ser melhor utilizada.

Nesse sentido, países como Brasil e Colômbia teriam melhores resultados de utilização, que outros como Suécia, Japão, China, por exemplo.

Entretanto, mesmo sem significativo potencial, se comparado com o Brasil e a Colômbia, a Alemanha foi a pioneira nesse tipo de tecnologia e, mesmo sem ter condições climatológicas tão propícias, até o final de 2014, assumiu o topo da produção desta energia, sendo sucedida pela China, e ficando à frente de países como o Japão. Em 2015, esses três países eram responsáveis por aproximadamente 51% de toda a produção mundial, sendo a China (agora em 1º lugar) responsável por cerca de 18,9%, seguida pela Alemanha com 17,3% e o Japão com 15% de toda a energia fotovoltaica gerada, como pode ser observada na figura 04 (SOLARPOWEREUROPE, 2016).

Figura 04 - Os 10 países com maior capacidade instalada até o fim de 2015



Fonte: SOLAR POWER EUROPE (2016)

É de se notar que o interesse desses países resultou em um rápido aumento na utilização desse sistema nos últimos 10 anos, o que levou a uma redução dramática nos custos, influenciada principalmente pelos módulos fotovoltaicos, que apresentaram uma queda de 75% entre 2009 e 2014. No mesmo período, houve o aumento da eficiência de 15% para cerca de 21% nas células de silício cristalino (c-Si) que também impactou diretamente para a redução de custos, uma vez que quanto mais eficiente forem as células fotovoltaicas menor será a quantidade de módulos necessários para a geração da mesma quantidade de energia (TAYLOR, *et al*, 2015).

Entretanto, apenas uma melhoria na tecnologia não foi suficiente para alavancar a produção. Como observado por Dinçer (2011), os países precisavam alterar o modo de gestão energética para incentivar investimentos, ou seja, “promover metas de longo prazo e políticas de apoio de forma a criar um ambiente ideal e confiável suficiente para impulsionar os investimentos em manufaturas e no desenvolvimento do sistema são fundamentais na indústria fotovoltaica”.

Além disso, ações de colaboração internacional nas pesquisas, desenvolvimento e capacitação de maneira a acelerar a aprendizagem, implementar esquemas de incentivo eficientes e econômicos são necessárias, de modo a promover a inovação e a melhoria tecnológica.

Assim, serão analisados cada um dos países citados anteriormente de modo a promover ao leitor o entendimento do processo de crescimento e desenvolvimento da tecnologia fotovoltaica nos respectivos países, ressaltando para tanto os principais mecanismos implantados para superar as barreiras existentes em cada um.

a) Alemanha

Devido à grande dependência do petróleo, já em 1960, a Alemanha deu início às pesquisas com células solares, porém foi apenas com a primeira grande crise do petróleo que esses estudos cresceram consideravelmente. Em 1979, foi implantada a primeira medida que visava ao crescimento da geração de energia elétrica através de fontes renováveis de energia, utilizando-se de incentivos na tarifação.

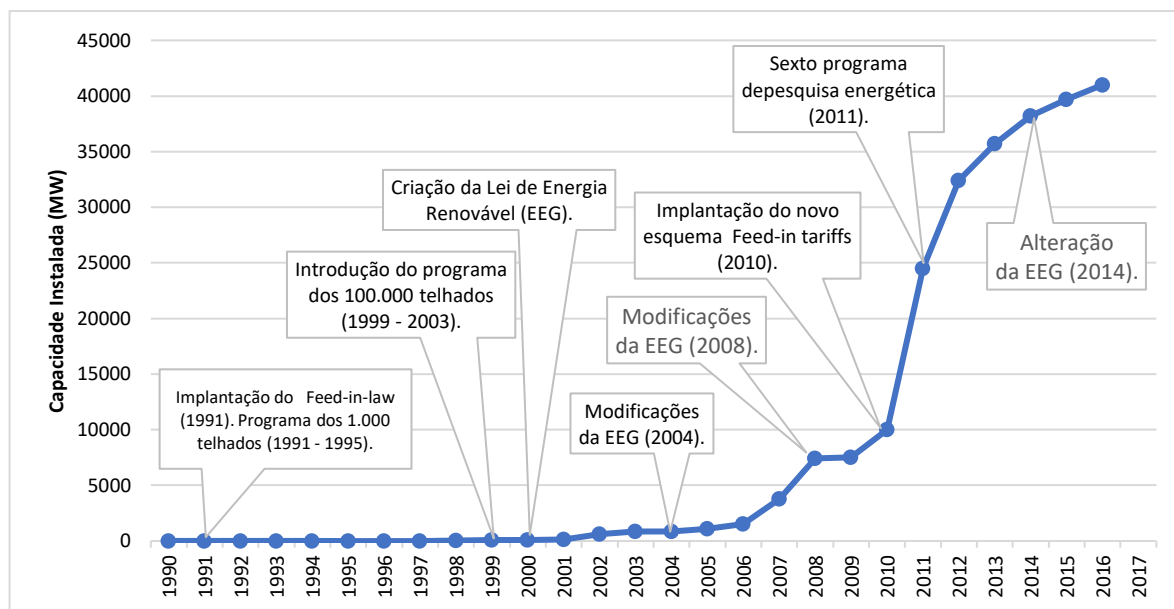
Em 1986, o acidente nuclear de Chernobyl trouxe um grande alerta mundial (a própria Alemanha ainda utilizava sobremaneira a geração nuclear) e forçou os governos a diminuírem a utilização deste tipo de energia, o que fez surgir um cenário de uma crescente preocupação com o meio ambiente.

Como resposta, ainda em 1986, foi criado um grupo interministerial que tinha como objetivo reduzir a emissão de gases de efeito estufa, como o CO₂ e o metano. Para isso, a comissão recomendou uma redução de 30% na emissão desses gases a ocorrer no período de 1987 até 2005, e de 80% até 2050 (CHOWDHURY et al., 2014).

Por isso, o governo Alemão optou por incentivar o crescimento da geração fotovoltaica, eólica, hidrelétrica, biomassa e a energia geotérmica. Isto ocorreu através da inserção de uma política energética inovadora, que por meio de novas leis e programas de

incentivos (públicos e privados), acabou promovendo um ambiente propício para o desenvolvimento sustentável de energia renovável e, principalmente, da energia solar, como mostra a figura 05.

Figura 05 - Evolução do mercado fotovoltaico Alemão de 1990-2016



Fonte: CHOWDHURY et al. (2014); IEA (2016)

Neste cenário, em janeiro de 1991, surge a Lei de Alimentação de Eletricidade (*Grid Feed-in law - Stromeinspeisungsgesetz*), sendo o primeiro sistema tarifário de energia renovável da Alemanha, que serviu de exemplo para muitas outras leis tarifárias em todo o mundo (LANG; LANG, 2014).

De acordo com Gründinger (2015), tal lei baseava-se em três princípios, são eles:

- A obrigação para os operadores de rede de ligar sistemas de eletricidade renovável à rede;
- O acesso prioritário obrigatório das energias renováveis à rede;
- Concessão de tarifas de alimentação durante um período de 20 anos.

Ainda assim, tal lei não foi suficiente para impulsionar o mercado fotovoltaico por conta própria. Por causa disso, no mesmo ano foi lançado o programa 1.000 telhados (*1.000 roofs program*), no qual o governo subsidiava cerca de 70% dos custos para a instalação de sistemas fotovoltaicos residenciais (FULTON; MELLQUIST, 2011). Como resultado, até 1995

foram instalados aproximadamente 2.000 sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede (CHOWDHURY et al., 2014).

Entretanto, somente após 1999, houve uma grande ampliação para o programa 100.000 telhados (100.000 *Roofs Program*), onde cada participante poderia adquirir seu sistema fotovoltaico através de financiamento com uma taxa de juros baixa, chegando-se a resultados expressivos, com a efetiva instalação dos 100.000 sistemas em 2004 (CHOWDHURY et al., 2014).

Em 2000, com o sucesso do programa dos 100.000 Telhados e com o objetivo de dar suporte à indústria solar, o governo alemão aprovou a Lei de Fontes de Energias Renováveis (*The Renewable Energy Sources Act - Erneuerbare Energien Gesetz – EEG*), que complementava a Lei de Alimentação Elétrica (*Feed-In Law*), mantendo seus três elementos básicos e adicionando outros, como:

- as tarifas de alimentação deixaram de ser associadas ao preço da eletricidade;
- as tarifas também se diferenciavam de acordo com as tecnologias, quanto ao tamanho da usina (as usinas menores recebiam maior remuneração enquanto que as maiores usinas recebem valores menores);
- havia uma redução anual ("degressão") das tarifas para as novas instalações postas em funcionamento em 2002, a fim de exercer pressão sobre os preços dos fabricantes e, por conseguinte, houve incentivo à inovação tecnológica e à redução dos custos. As taxas de depreciação diferiram: 1% para a biomassa, 1,5% para a eólica e 5% para a fotovoltaica (GRÜNDINGER, 2015).

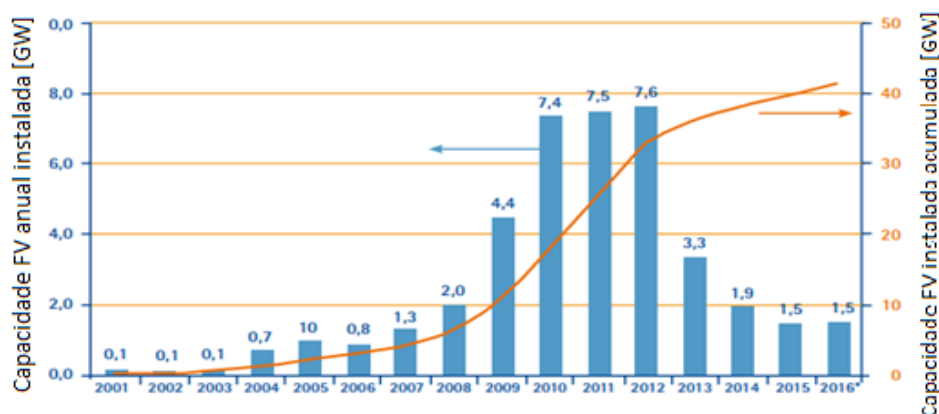
Nos anos seguintes, juntamente com a depreciação das tarifas de 5% a cada ano foram implantadas muitas outras modificações, desde do limite da capacidade instalada e tipo de sistemas até a proibição de projetos em zonas ecologicamente sensíveis (FULTON; MELLQUIST, 2011; GRAU et al, 2011; GRÜNDINGER, 2015)

Por tudo isso, conforme ilustrado na figura 05, entre os anos de 1990 a 1999 o mercado fotovoltaico na Alemanha não apresentou crescimento considerável, porém, após a implantação do programa dos 100.000 telhados e início do *Feed-In Tariff* em 2000, o mercado cresceu rapidamente. Foi principalmente com o aumento da tarifa Fotovoltaica em 2004 (*Feed-In Tariff*) e a queda nos preços do sistema em 2009, que o número de novas instalações fotovoltaicas aumentou significativamente. Durante 2000 a 2011, o mercado de fotovoltaico

alemão aumentou 170 vezes, saindo de 44 MW em 2000 para 7,5G em 2011 (CHOWDHURY et al., 2014).

Entretanto, a partir de 2012, devido à grave crise econômica, à redução das tarifas *Feed-in* e ao aumento das limitações impostas ao setor pelo governo alemão, a taxa de crescimento diminuiu e o número de novas instalações fotovoltaicas reduziu mais de 80% até 2016, como pode ser observado na figura 06. No entanto, em outros países, as novas instalações fotovoltaicas mais que duplicaram na mesma época (WIRTH, 2017).

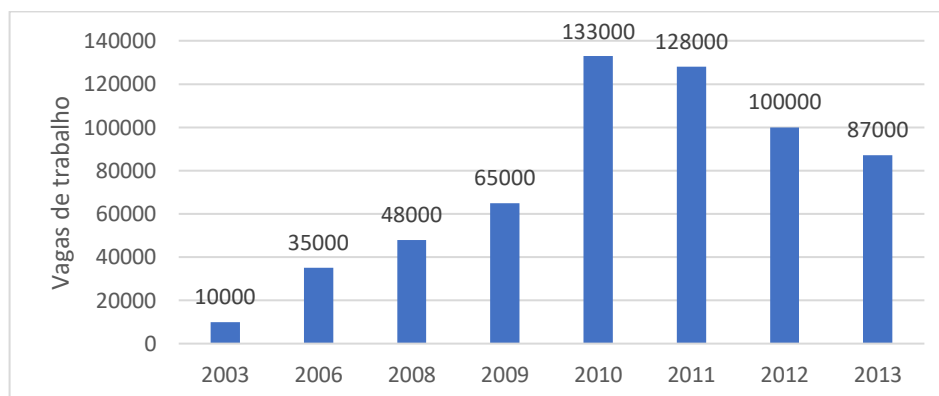
Figura 06 - Capacidade instalada e capacidade acumulada na Alemanha de 2001 a 2016



Fonte: IEA (2016)

Apesar da Alemanha possuir uma indústria estruturada e forte, a redução na quantidade de novas instalações a partir de 2012 afetou diretamente o mercado nacional e, como consequência, houve uma grande baixa na geração de empregos ligados ao setor, caindo de 133.000 vagas em 2010 para 87.000 em 2013, uma redução de 35%, como mostra na figura 07 (IEA, 2016).

Figura 07 - Quantidade de empregos gerados no setor fotovoltaico na Alemanha



Fonte: YU et al., (2014)

Com isso, em 2016, a energia gerada por fontes renováveis chegou a 37% do consumo líquido de eletricidade, enquanto que a fração correspondente a energia fotovoltaica representou aproximadamente 7,4%, gerando um total de 38,3 TWh. No final do mesmo ano, a potência nominal total instalada na Alemanha era aproximadamente 41 GW, distribuídos em 1,5 milhão de usinas de energia (WIRTH, 2017).

b) China

Caracterizado por ser o país mais populoso do mundo, com aproximadamente 1,357 bilhões de habitantes, e pelo alto grau de industrialização, que é responsável por cerca de 16,8% do consumo global de energia, a China possui as 16 cidades mais poluídas do mundo e, conseqüentemente, é o país que mais emite CO₂ (DICKSON, 2016). Isto também se deve ao fato de que a matriz energética chinesa é composta basicamente por combustíveis fósseis como o gás natural, o petróleo e o carvão mineral, com este último representando 73% da demanda energética (IEA, 2016) e gerando aproximadamente 79% de toda eletricidade do país (BICALHO; SOUZA, 2012).

Com o crescimento da demanda e o aumento do preço da energia elétrica, juntamente com a preocupação por uma política de energia mais limpa e com menor impacto ao meio ambiente, também cresceu o interesse da China pelo uso de energias renováveis como a solar, a eólica e a marítima. Devido ao seu grande território e potencial solar, a energia fotovoltaica tornou-se uma opção atraente quando comparada com outras fontes.

A indústria fotovoltaica da China teve início no século XX, por volta dos anos setenta, e começou a se desenvolver em meados dos anos noventa através da produção de baterias e componentes solares, porém, trinta anos após seus primeiros passos, a energia solar fotovoltaica adentrou em um novo estágio de desenvolvimento.

De 2002 a 2012, a indústria fotovoltaica global apresentou um crescimento médio de aproximadamente 50%, enquanto que no mesmo período a China excedeu um crescimento de 100%, com sua produção (de equipamentos) na liderança por quatro anos consecutivos desde 2009. Em 2012, foi responsável por cerca de 60% da produção global, e atualmente possui mais de 400 empresas fabricantes de produtos relacionados à energia fotovoltaica (XIONG; YANG, 2016).

Com o crescente interesse por recursos renováveis, em fevereiro de 2005, o governo chinês anunciou o desenvolvimento da Lei de Energias Renováveis, que em 2009 foi alterada de acordo com a Decisão da 12ª Reunião do Comitê Permanente do 11º Congresso Nacional

Popular da República Popular da China, com objetivos ambiciosos de impulsionar o uso da capacidade de energia renovável em até 15% de toda a energia consumida até 2020 e 30% até 2050 (ALVES, 2010).

A lei exige que os operadores de redes elétricas adquiram recursos de produtores registrados de energia renovável, além disso oferece incentivos financeiros, como um fundo nacional para fomentar o desenvolvimento de energia renovável e descontos de empréstimos e preferências fiscais para projetos de energia renovável.

A rede elétrica chinesa tinha por obrigação comprar toda a eletricidade gerada por instalações aprovadas de energia renovável localizadas em sua área de serviço a preço definido pela Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma (NDRC), um departamento regulador do Conselho de Estado. O custo de compra da eletricidade era dividido por todos os clientes da rede e, quando necessário, a NDRC alterava o preço de compra da energia. A NDRC também implantou um plano nacional de energias renováveis, incluindo metas específicas de energia renovável.

De forma resumida, Alves (2010) descreve que a lei chinesa estabeleceu objetivos e áreas a desenvolver, criou um mecanismo de “*Feed-in*” para a rede, abordou a formação de preços, lançou uma forma de partilha de custos e criou facilidades de financiamento. Posteriormente, um conjunto de elementos regulatórios abordou especificidades como: incentivos fiscais, ligação à rede, *pricing*, análise de capacidade, regulamentos técnicos e *standards*.

Em 2009, o governo chinês emitiu uma série de políticas de mercado voltadas para o desenvolvimento a médio e longo prazo das energias renováveis, que incluíam os programas de subsídios como o *Golden Sun* e o BIPV (*Building-integrated photovoltaics* – Sistema Fotovoltaica integrada em edifícios), além de outros projetos de tarifas de alimentação (*Feed-In Tariffs*) em larga escala, visando à instalação solar de 300 MWp até 2010 e 1,8 GWp até 2020. Também em 2009, alguns governos municipais começaram a oferecer incentivos para estimular o investimento em manufatura e desenvolveram políticas de mercado regional para instalação de energia fotovoltaica (GRAU, et al, 2011).

O primeiro programa de subsídio fotovoltaico da China foi o BIPV. Anunciado em março de 2009, consistiu em subsidiar os custos referentes à implantação dos sistemas fotovoltaicos nos telhados de edifícios ou como substituto de outros materiais, como a pele de vidro, utilizada comumente em fachadas.

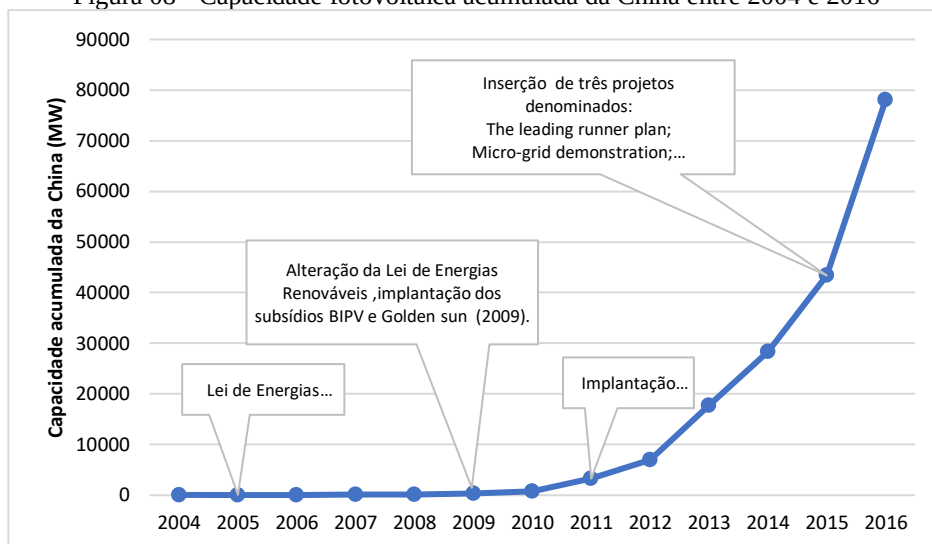
Em Julho de 2009, o Ministério das Finanças da China, o Ministério da Ciência e Tecnologia e a Administração Nacional de Energia da Comissão Nacional de Desenvolvimento

e Reforma anunciaram o lançamento do Projeto *Golden Sun*. Este programa foi criado para facilitar o crescimento e expansão da indústria fotovoltaica através de subsídios fiscais, apoio científico e tecnológico e incentivos de mercado para acelerar a industrialização de tecnologia fotovoltaica e permitir o desenvolvimento em larga escala da indústria fotovoltaica. Para beneficiar-se do subsídio, cada projeto deveria ter uma capacidade de geração de pelo menos 300kW, a construção deveria ser concluída em um ano e as operações teriam de durar pelo menos 20 anos. A capacidade de geração total em cada província não deveria exceder 20MW (JONES, 2017). Ressalta-se ainda no projeto *Golden Sun* os seguintes pontos:

1. O governo apresenta subsídios a projetos ligados à rede e instalações relevantes de transmissão e distribuição de energia em 50%.
2. Sistemas solares fotovoltaicos independentes em regiões remotas receberão um subsídio de 70%
3. As empresas de rede devem comprar todo o excedente de produção de energia elétrica de projetos de energia solar que geram para as próprias necessidades dos desenvolvedores, a taxas semelhantes às tarifas de referência estabelecidas para geradores de energia a carvão.

Por isso, de acordo com Xiong e Yang (2016), devido à quantidade de incentivos, a indústria fotovoltaica na China cresceu a uma taxa anual de 285%. Como observado na figura 08, a capacidade instalada subiu de 200MW em 2009 para 12,5 GW em 2013. Assim, a capacidade instalada acumulada da China no mundo aumentou de 5% em 2009 para 20% em 2014 (MICHAELA, 2013).

Figura 08 - Capacidade fotovoltaica acumulada da China entre 2004 e 2016



Fonte: IEA (2011); IEA (2016).

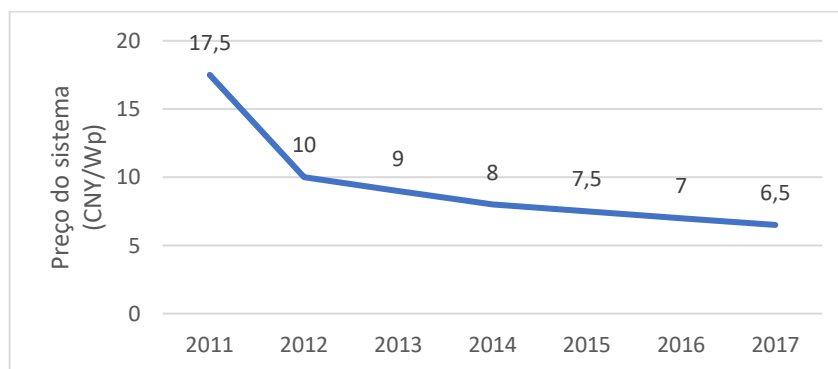
Além disso, também foi implantado um subsídio nacional, denominado *Feed-In Tariff* (FIT), no qual se utiliza uma política de tarifação que determina que as duas empresas estatais de transmissão e distribuição de energia elétrica da China subsidiem as empresas de energia solar pagando taxas acima do mercado pela eletricidade gerada a partir de fontes solares. A adoção dessa política acarretou o crescimento mais acelerado do mercado solar chinês, assim como a redução das tarifas, que caiu entre \$0,16 e \$0,22 por quilowatt/hora de eletricidade produzida.

Em 24 de julho de 2011, a agência reguladora de energia da China, a NDRC, anunciou uma circular que definiu os preços para a energia fotovoltaica. A nova legislação sobre a Melhoria das Políticas de Tarifação de Energia Solar Fotovoltaica, apelidada de a "Circular", introduziu uma tarifa de alimentação uniforme para projetos deste tipo de energia. De acordo com o regulador, o objetivo da Circular era melhorar a política sobre o preço da energia fotovoltaica, regular a gestão do preço e promover o "desenvolvimento saudável e sustentável da indústria" (HIL INTERNATIONAL LAWYERS & ADVISERS, 2012).

Assim, a implantação da lei de energia renovável, juntamente com estímulos através de programas de incentivos como o BIPV e o *Golden Sun*, que tinham como objetivo estimular os fabricantes nacionais e investidores de usinas fotovoltaicas para buscar crescimento no mercado interno, proporcionou uma redução drástica no preço dos produtos fotovoltaicos em 2009 refletindo em sua exportação, possibilitando o aumento da quota de mercado das empresas chinesas e o crescimento no número de investidores estrangeiros.

Como resultado das políticas impostas pelo governo chinês, entre os anos de 2011 e 2017, o custo do sistema fotovoltaico reduziu de 17,50 para 6,50 CNY/Wp (figura 09), uma queda de aproximadamente 63%. Estima-se que até 2020 os preços alcançarão a paridade com a energia gerada pelo carvão, na perspectiva do usuário, e até 2025 na perspectiva do produtor (IEA, 2016).

Figura 09 - Valor do sistema fotovoltaico na China entre 2011 e 2017



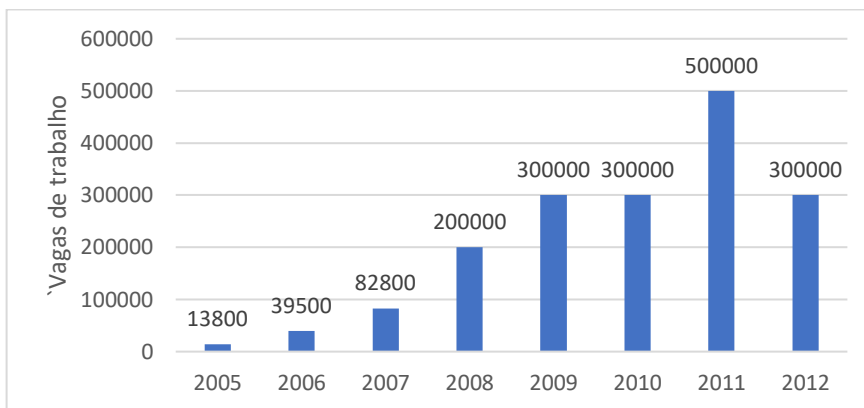
Fonte: IEA (2017)

Sob forte pressão da comunidade internacional para a redução da emissão de CO₂, a China propôs que até 2020 iria reduzir a emissão de gases de efeito estufa por unidade do PIB em 45% em relação a 2005 (HE, *et al*, 2016). Já em março de 2015, a China revelou seu 13º Plano quinquenal, que além de apresentar uma meta de capacidade instalada de 110GW para 2020, estabeleceu novas regras e regulamentos com objetivo de encorajar e impulsionar a indústria solar. Através desse plano, a China promoveu uma reforma do mercado de energia dando prioridade ao uso de energia renovável ao mesmo tempo que muda o desenvolvimento desse tipo de energia para as províncias com maior demanda interna de energia (HOVE, 2017).

Na Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas realizada em Paris (COP21) em dezembro de 2015, a China reafirmou seu compromisso quanto a redução da poluição proveniente da queima do carvão em 60% até 2020 (DICKSON, 2016). Além disso, também será implantado, até o final de 2017, o mecanismo de controle de emissão de carbono denominado *cap-and-trade* que estabelece limites para emissão de carbono pelas empresas através de créditos pré-estabelecidos. Esses créditos podem ser negociados entre si no mercado de comércio de carbono. Se os créditos atribuídos forem insuficientes, o fabricante tem duas maneiras de sustentar sua produção: um deles é comprar créditos de emissão do mercado de comércio de carbono; e o outro é adotar tecnologia verde para reduzir a emissão de carbono, o que incentivará a maior utilização de energias renováveis.

Esse país é o maior produtor de módulos fotovoltaicos desde 2007. O mercado ligado ao ramo gerou muitos empregos ao longo dos últimos 15 anos, pois, como ilustrado na Figura 10, saiu de 13.800 empregos em 2005 a 500.000 empregos em 2011, sofrendo uma forte queda em 2012 (300.000 empregos), causada principalmente pelo fechamento de cerca de 200 companhias afetadas pela forte concorrência internacional (IEA, 2013).

Figura 10 - Emprego gerado no setor fotovoltaico na China entre 2005 e 2012



Fonte: YU et al., (2014)

Com cerca de 70% do mercado global (DICKSON, 2016), a China gerou em 2015 um total de 15,2 GW, acumulando até o mesmo período aproximadamente 44GW (Janet, et al, 2016) superando pela primeira vez a Alemanha com 40 GW instalado (Solar Power Europe, 2016). Desse total de energia fotovoltaica produzida, as usinas de energia em grande escala representavam 86% da capacidade total, e o restante distribuído em sistemas residenciais e outras instalações de pequena escala (JANET *et al.*, 2016).

c) Japão

O Japão, assim como outros países da mesma região, apresenta uma matriz energética dependente principalmente dos combustíveis fósseis, que são responsáveis por aproximadamente 75% de toda a energia gerada no país (CHEN *et al.*, 2014). Apesar disso, por não possuir recursos naturais suficientes, em 2001, cerca de 99% da energia gerada por combustíveis fósseis era importada (NAKATA *et al.*, 2005).

Nos últimos anos, essa estrutura energética centralizada resultou em problemas já bastante conhecidos atualmente, como a alta emissão de gases de efeito estufa que, de acordo com Chen et al. (2014), fazia do país o 5º maior emissor de CO₂ do mundo desde 2011. Além

disso, a catástrofe nuclear de Fukushima causada por um tsunami em 2011 intensificou o interesse dos japoneses pelas energias renováveis, sendo alternativas à energia nuclear e aos combustíveis fósseis.

Apesar desse recente interesse imposto pela natureza, desde 1950 o Japão investe em pesquisa e desenvolvimento da tecnologia fotovoltaica. Por volta de 1960 e 1970, começou a ser utilizada na telecomunicação, porém foi só a partir de 1980, na busca por uma fonte substituta dos combustíveis fósseis, e com o objetivo de aumentar a segurança energética, que o sistema fotovoltaico passou a ser usado na geração de energia elétrica (YU *et al.*, 2014).

Em 1974, foi implantado o programa do governo de incentivo às energias renováveis, principalmente a fotovoltaica, que foi denominado de *Sunshine*. Planejado para durar entre 1974 a 2000, o projeto tinha como objetivo desenvolver fontes alternativas de energia, de modo a gerar uma parcela considerável da demanda nacional. Pouco tempo depois, em 1978, o programa *Moonlights* foi desenvolvido. Com foco em P&D, tinha como objetivo principal incluir melhorias na eficiência de conversão de energia e desenvolvimento de fontes não convencionais de energia (HAMAKAWA; TOMA, 1993).

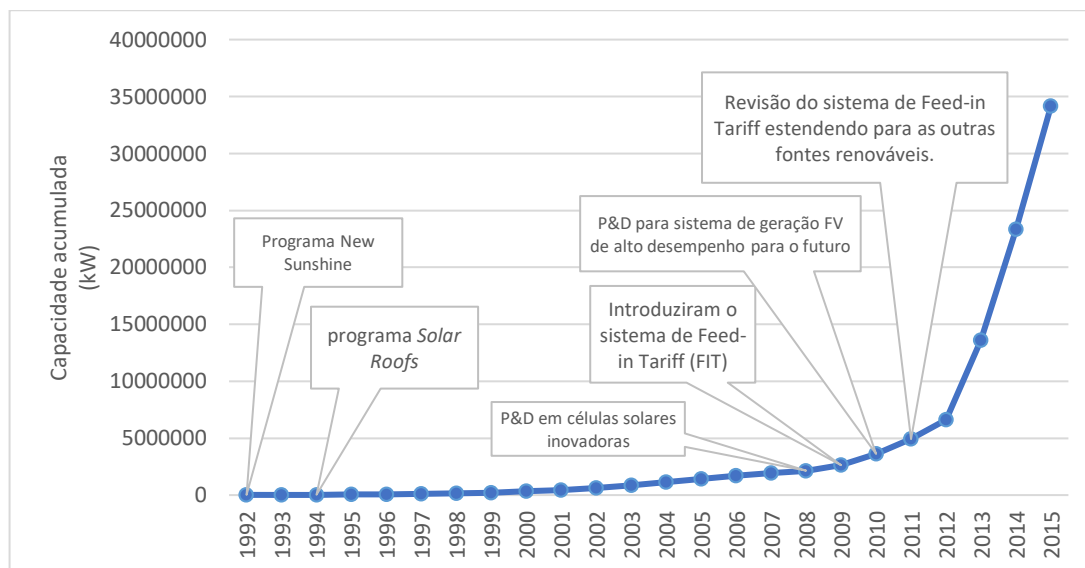
Graças a esses programas e à cooperação da indústria, governo e organizações acadêmicas, o Japão passou por um considerável avanço tecnológico, promovendo aumento do conhecimento relacionado ao setor, com melhoria da eficiência e redução de custos do sistema. (YU *et al.*, 2014).

Posteriormente, em 1992, foi criado o programa *New Sunshine* que estabelecia metas de energia renovável e, através da lei de medições de rede (*net-metering law*), exigia que os órgãos públicos adquirissem a energia fotovoltaica excedente da rede.

Em 1994, o Japão lançou o programa *Solar Roofs* (telhado solar) para promover a aquisição do sistema fotovoltaico através de empréstimos com juros baixos, promovendo a educação e conscientização, além de abatimentos para sistemas residenciais conectados à rede em troca de dados sobre as operações e os resultados do sistema (UNEP, 2008).

Já no final da década de 1990, o governo japonês implantou uma série de políticas de mercado para instalações de sistemas em massa (XAVIER, 2015), objetivando criar uma matriz energética menos dependente e um mercado mais sólido e sustentável com as fontes renováveis. Para isso, uma grande variedade de instrumentos como os sistemas de certificados verdes, padrão de portfólio renovável (RPS) e subsídios foram criados e implantados juntamente com outras medidas (NAKATA *et al.*, 2005).

Figura 11 - Capacidade fotovoltaica acumulada entre os anos de 1992 e 2015



Fonte: IEA, (2011 a 2016)

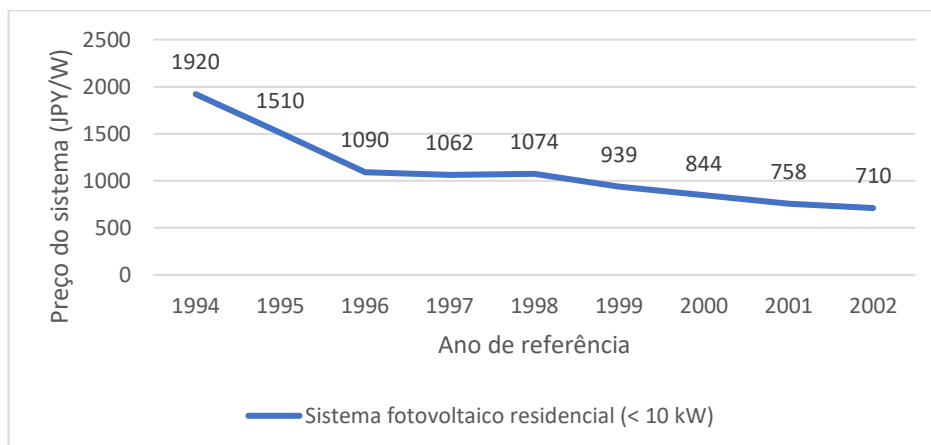
A utilização dessas medidas teve um papel fundamental no desenvolvimento tecnológico e comercial daquela época, sendo isso facilmente notado quando observada a capacidade instalada de 637MW no fim de 2002, cerca de 34 vezes a capacidade de 1992, que era de apenas 19MW, onde aproximadamente 75% era de sistemas distribuídos conectados à rede e 25% de sistemas isolados não residenciais. Nesse mesmo período, observa-se a queda dos preços dos sistemas residenciais que variaram de 1920 JPY/W em 1994 para 710 JPY/W em 2002, uma redução de 65% do valor inicial (IEA, 2016).

Apesar do apoio político sob a forma de subsídios de investimento e um padrão de carteira renovável, a energia fotovoltaica representava apenas 0,21% da produção de eletricidade em 2008. Porém, quando perceberam que a meta de energias renováveis para 2010, de apenas 1,35% da produção de eletricidade não ia ser alcançada, optaram por introduzir, em 2009, o sistema de *Feed-in Tariff* (FIT) restrito apenas ao setor residencial (HUENTELER *et al.*, 2012).

Logo, em 2011, o Japão publicou o plano que visava aumentar para 20% a participação das energias renováveis no fornecimento de eletricidade até 2020. Para isso, foi necessário revisar o sistema FIT existente e estendê-lo às outras fontes renováveis, que começou a funcionar em julho de 2012 (HUENTELER *et al.*, 2012).

Com o lançamento do novo sistema de *Feed-in tariffs*, o mercado Japonês tornou-se um dos mais atrativos do mundo, reunindo investidores e desenvolvedores internacionais, além dos maiores fabricantes de equipamentos voltados para o ramo.

Figura 12 - Preço do sistema fotovoltaico residencial entre os anos de 1992 e 2002 no Japão

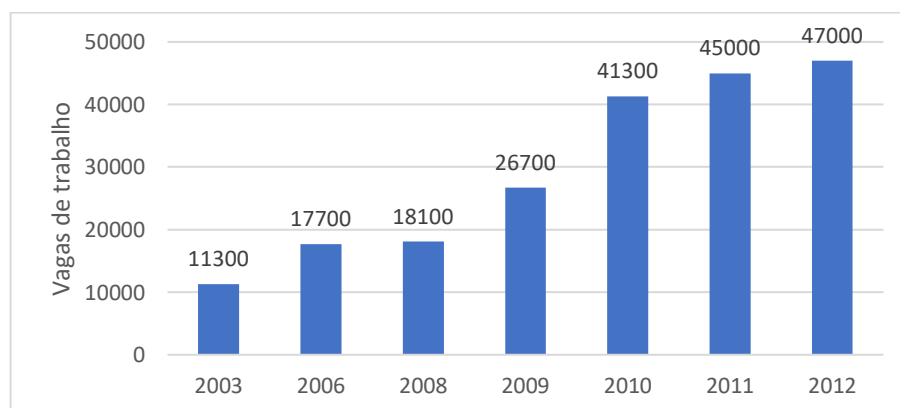


Fonte: IEA (2015)

Em 2013, um ano após a implementação do *Feed-in tariffs*, foram adicionados ao mercado japonês o equivalente a 7 GW, somando um total acumulado de 13,6 GW no mesmo ano. Até 2015, o total acumulado chegou a 34,15 GW, o que também trouxe redução do preço do sistema, um exemplo disso é o sistema residencial que caiu de 513 JPY/W em 2011 para 348 JPY/W, como mostra a figura 12 (IEA, 2016).

A redução dos preços dos equipamentos relacionados à tecnologia fotovoltaica impulsionou a indústria e a economia japonesa gerando empregos em uma taxa de crescimento significativa nos últimos anos. Isso é facilmente percebido quando comparado o número de empregos gerados em 2003, de apenas 11.300, com o de 2012 de 47.000, apresentando um crescimento de 416% apenas nesse período, conforme demonstrado na figura 13.

Figura 13 - Quantidade de empregos gerados no setor fotovoltaico no Japão



Fonte: YU *et al.*, (2014)

Assim, o mercado japonês aumentou cerca de 11 GW da capacidade instalada apenas em 2015, isto se deu principalmente pela implantação de mecanismos de tarifa *Feed-in*. Em 2016, o mercado japonês alcançou 15% de toda a energia fotovoltaica produzida no mundo, com perspectiva de adicionar mais 30 GW nos próximos cinco anos (SOLARPOWEREUROPE, 2016).

d) Brasil

Com dimensões continentais de aproximadamente 8,5 milhões de km² e população de 208,5 milhões de pessoas (IBGE, 2017), o Brasil apresentou em 2016 uma capacidade instalada de 148 GW, dos quais 89,7 GW são provenientes de hidrelétricas (PDEE 2026, 2017), considerada por muitos uma fonte limpa.

Tal condição por si só já traz uma importante distinção em relação a países como Japão, China e Alemanha, pois estes têm suas matrizes energéticas baseadas em combustíveis fósseis e, devido à necessidade de reduzir a emissão de gases de efeito estufa, tiveram urgência em realizar a diversificação das suas fontes de energia.

Embora o Brasil tenha uma situação favorável quanto à configuração de uma matriz majoritariamente limpa, tem, por outro lado, a necessidade de diversificá-la, pois a centralização em uma única fonte traz insegurança. Em relação à eletricidade, por exemplo, as usinas hidrelétricas são responsáveis por quase 61% da sua produção e esta centralização é, no mínimo, preocupante, pois deixa o país à mercê das condições de um único fator climatológico: chuvas/estiagens (PDEE 2026, 2017). Ou seja, não proporciona segurança energética, o que traz vulnerabilidade a problemas de abastecimento, como o ocorrido em 2011.

Essa preocupação com a diversificação de fontes traz um cenário favorável à ampliação das energias renováveis, pois é através delas que se pretende alcançar a variação idealizada. O PDEE 2024 (2015) projeta que a participação das energias renováveis na matriz elétrica nacional sairá de 20,9% em 2018 para 27,3% em 2024, dos quais 3,3% serão de energia fotovoltaica.

Quanto à utilização da tecnologia fotovoltaica, o Brasil apresenta grandes vantagens em comparação com países europeus, pois dispõe de irradiação solar abundante e clima favorável, além de possuir uma das maiores reservas de silício do mundo, material usado na produção de células fotovoltaicas. De acordo com Varela e Gomes (2009), a região do Brasil que apresenta menor índice de irradiação solar ainda é maior que a região da Alemanha de maior insolação.

Apesar dessas melhores condições climatológicas, quando se compara as condições de mercado e de regulamentação, percebe-se que o Brasil está em significativo atraso em relação aos países citados (SALAMONI; RÜTHER, 2007), o que influencia sobremaneira no fraco desenvolvimento dessa fonte no mercado nacional.

Analizando o histórico desse tipo de energia no cenário brasileiro, nota-se que inicialmente as principais aplicações da energia fotovoltaica se restringiram apenas a sistemas autônomos relacionados à telecomunicação, à eletrificação rural e ao bombeamento de água, que acumulados representavam apenas 20MW, dos quais 70% estavam localizados nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do país. Tais regiões tiveram o apoio do Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM), que foi responsável por 25% da capacidade instalada até 2001 (VARELLA; GOMES, 2009).

Já os sistemas conectados à rede (Grid) se baseavam em um volume quase que insignificante de 0,153 MW até 2008 (VARELLA; GOMES, 2009), devido aos elevados preços que variavam entre 800 a 900 R\$/MWh (ZILLES, 2008), sendo considerados por muitos como um sistema sem utilização comercial.

Quanto aos sistemas centralizados, até 2014, as únicas instalações em funcionamento consistiam em unidades utilizadas para desenvolvimento de pesquisa e estudos, ou seja, eram basicamente inexistentes.

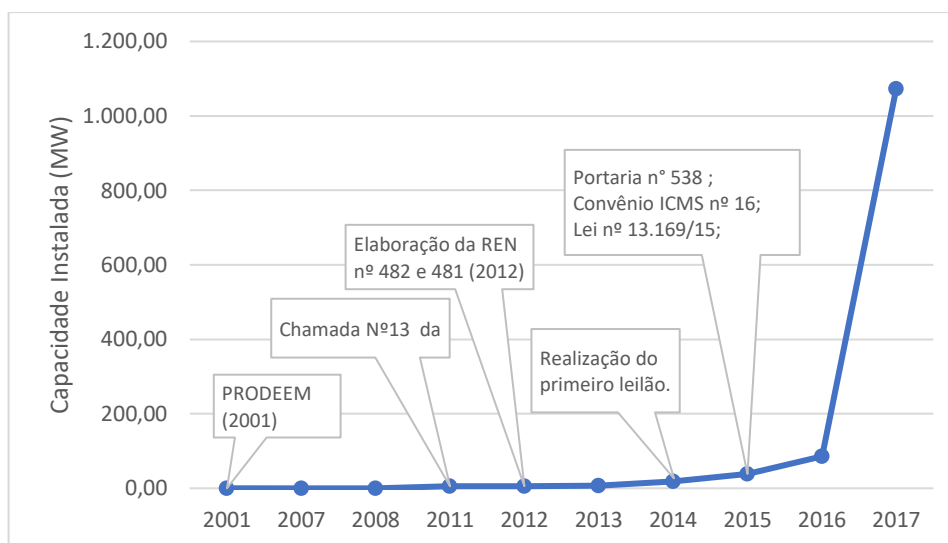
É de se ressaltar que foram implantados pouquíssimos programas de incentivos, e os que chegaram a ser lançados, em sua maioria, visavam apenas à eletrificação rural e o bombeamento de água. Ademais, a escassez de regulamentação na área também dificultava o interesse de investidores pela insegurança que tal situação gerava.

Foi apenas em 2011 que o Brasil deu início ao processo de inclusão da energia fotovoltaica através da Chamada Nº13 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), com o objetivo de convocar interessados a apresentarem propostas de projetos para a inserção dessa tecnologia, com capacidade entre 0,5 MWp e 3,0MWp, na matriz energética nacional, e de implantar estações solarimétricas para a análise do desempenho técnico-econômico dos projetos (ANEEL, 2011).

Em 2012, foi elaborada a primeira Resolução Normativa – REN nº 482/2012– que regulava a microgeração e a minigeração distribuída de energia elétrica, e criou o sistema de compensação de energia elétrica correspondente. Neste mesmo ano, foi publicada a Resolução Normativa – REN nº 481/2012 que, com o objetivo de promover viabilidade econômica do sistema fotovoltaico, favoreceu os sistemas com capacidade de até 30MW com um desconto de 80% nas Tarifas de Uso dos Sistemas de Transmissão e Distribuição (TUST e TUSD) ao longo

dos 10 primeiros anos de operação até o final de 2017, após esse período o desconto cai para 50% (CAMARGO et al., 2015). A figura 14 apresenta a evolução da capacidade instalada.

Figura 14 - Capacidade fotovoltaica acumulada entre os anos de 1992 e 2015



Fonte: ANEEL (2017)

Com o objetivo de reduzir o custo do sistema, em 2015, foi implantada uma série de incentivos tributários e financeiros, como o convênio ICMS nº 16 e a Lei nº 13.169/15, que autorizaram os Estados a conceder isenção de ICMS, PIS/PASEP e CONFINS sobre a energia elétrica. No mesmo sentido, o Projeto de Lei do Senado nº 371 previu a possibilidade do uso de recurso do FGTS para aquisição e instalação do sistema fotovoltaico e o Ministério de Minas e Energia, através da portaria nº 538, estabeleceu um valor anual de referência específica (VRES) de R\$ 454/MWh (NASCIMENTO, 2017).

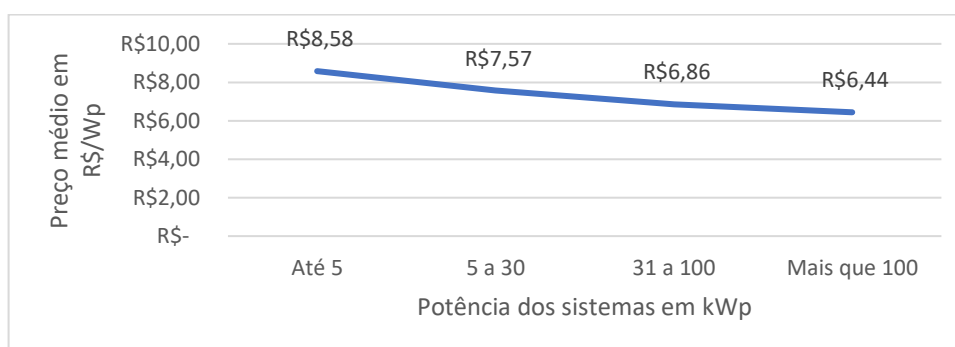
Quanto à geração centralizada, de acordo com o Ministério de Minas e Energia (2016), em 2014 foi realizado o primeiro leilão na modalidade de energia de reserva para a contratação de 890MW. Posteriormente, em 2015, foram realizados mais dois leilões que somaram 1.763 MW e, em 2016, no 1º leilão de energia de reserva (LER), foram contratados 295 projetos, totalizando 9.210 MW. Apesar de promissor, o 2º leilão de 2016 (com 419 projetos cadastrados e representando uma oferta de 13.439 MW) foi cancelado (EPE, 2016).

Embora os resultados obtidos com os leilões tenham sido relevantes para o desenvolvimento de uma cadeia produtiva no país, tal mecanismo ainda é insipiente no potencial que o país possui. De fato, para o desenvolvimento de uma indústria fotovoltaica nacional é necessário contar ainda com políticas públicas específicas para o setor, como incentivos fiscais e tributários, e linhas de financiamento com condições (taxas de juro, prazos

etc.) equivalentes às existentes em países mais competitivos na geração fotovoltaica (CAMARGO et al., 2015).

Além do bom desempenho dos leilões desde 2014, o que expressa o início do crescimento dos sistemas centralizados, as instalações fotovoltaicas distribuídas utilizadas por consumidores residenciais foram se tornando uma opção viável economicamente no Brasil, isso se deve a fatores como o alto índice de irradiação solar, aumento de mais de 35% nas tarifas de eletricidade apenas em 2015 e redução nos preços dos sistemas fotovoltaicos que ficaram em R\$ 8,58 para a faixa de 5kWp e conforme aumenta a faixa de potência o preço diminui, como demonstrado na figura 15 (IDEAL, 2016).

Figura 15 - Preços de sistemas FV em 2015 por faixa de potência informados pelas empresas instaladoras



Fonte: IDEAL (2016)

Até o final de 2017, o Brasil contava com cerca de 1,1 GW de potência fotovoltaica instalada, correspondentes a 19.955 instalações, dos quais 19.874 eram de instalações distribuídas e 81 centralizadas, representando respectivamente 165,74 MW e 907 MW de capacidade instalada respectivamente (ANEEL, 2017).

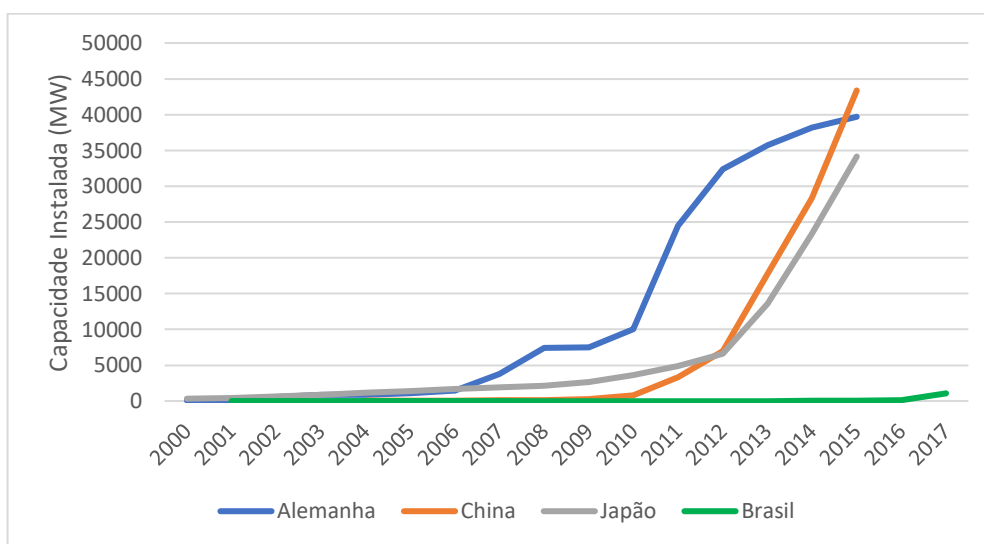
Na potência distribuída, cerca de 38% eram de instalações comerciais, seguido pelas residenciais com 38%, e o restante é dividido entre as instalações industriais, rurais e o poder público. Das 81 centrais geradoras, a maior parte deles encontram-se distribuídos em apenas três estados, são eles: Minas Gerais, Bahia, e Piauí, que somam 792,38 MW de potência instalada (ANEEL, 2017).

Segundo o Previsão do Portal Brasil (2016), até 2018 o Brasil estará entre os 20 países que mais geram energia solar no mundo e até 2024 a capacidade instalada alcançará 8,3 GW, similar as previsões do SolarPowerEurope (2016). Apesar desses números serem importantes, quando analisado o potencial disponível no Brasil percebe-se que as previsões de 2024 estão muito longe do ideal e, principalmente, do possível.

3.4 QUADRO COMPARATIVO

Infelizmente, promover a utilização de um sistema fotovoltaico não é tão simples. A sua inserção na matriz energética apresenta muitas barreiras, como as políticas, econômicas e até climáticas, o que tem dificultado o seu desenvolvimento ao longo dos últimos anos e tornado, em muitos casos, o sistema inviável. O gráfico a seguir mostra a evolução do uso da energia fotovoltaica por país entre os anos de 2000 a 2017.

Figura 16 - Evolução da capacidade instalada dos países analisados entre 2000 e 2015



Fonte: Dados da pesquisa

Podemos verificar uma significativa diferença de utilização, e nesse artigo o objetivo principal não foi entender todas as razões, na verdade foi verificar que ações de gestão energética nos países estudados influem no desenvolvimento de uso.

Assim, em adicional, para entender melhor a real diferença entre esses países, decidiu-se por desenvolver o quadro 03, onde foram descritas algumas das características que também poderiam ser consideradas essenciais para o crescimento dessa tecnologia.

Quadro 03 - Características dos países analisados

	Alemanha	China	Japão	Brasil
Irradiação solar horizontal (kWh/m ² .dia)	2,67	4,72	3,64	5,53
Capacidade instalada em 2016 (MW)	41111	77921	42947	86,26
Previsão da capacidade para 2021 (MW)	53611	197921	72547	6492
Crescimento da capacidade instalada entre os anos de 2016 e 2021 (MW)	12500	120000	29600	6405,74
Percentual da capacidade fotovoltaica instalada no mundo em 2016 (%)	13,40	25,30	14,00	0,018
Taxa de crescimento anual entre os anos de 2017 e 2021 (%)	5	20	11	125
Tipos de tarifas utilizadas	Feed-in Tariffs	Feed-in Tariffs	Feed-in Tariffs	Net-Metering
População (Milhões)	82.8	1375	127	206
PIB (Bilhões de US\$)	3466,76	11199	4939	1796
PIB per capita (US\$)	45551,51	6894	47608	10826
Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)	0,92	0,738	0,9	0,754
Salário mínimo (US\$/Hora)	10,4	2,0	8,23	1,66
Índice de educação	0,884	0,61	0,808	0,661

Fonte: SWERA (2017); YAMADA (2015)

Como pode ser observado no quadro 03, os motivos pelos quais o sistema fotovoltaico não progride em alguns países vai muito além da tecnologia, dos incentivos e das barreiras impostas pelo governo. Possivelmente, em alguns casos, fatores como salário mínimo, escolaridade, PIB e IDH podem interferir mais do que as barreiras e incentivos aqui discutidos. Da comparação entre os países percebe-se que onde o sistema fotovoltaico é mais utilizado há um maior nível de escolaridade, maior renda e melhores IDH.

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em um mundo cada vez mais afetado pelos efeitos do aquecimento global, causado em sua maioria pela emissão gases de efeito estufa, a utilização de meios que possam reduzir a queima de combustíveis fósseis tem um grande significado para a vida das gerações futuras.

A energia fotovoltaica é considerada atualmente a fonte mais limpa e com menos impactos ao meio ambiente, além disso, pode-se dizer que é a única a apresentar recurso inesgotável: energia solar. Até o final de 2016, esse tipo de energia apresentou uma capacidade

global instalada de aproximadamente 306.5 GW, ou seja, 33% superior a 2015. Quando se observa um prazo maior (2006-2016), nota-se que houve um crescimento de mais de 4.500%, quando analisado os 6.6 GW gerados em 2006 (SOLARPOWEREUROPE, 2017).

Esse crescimento na sua utilização foi incentivado dentro de ações de gestão energética, principalmente através de mecanismos como o *Feed-in Tariff*, o *net-metering* e os subsídios diretos que foram responsáveis, respectivamente, por cerca de 63,2%, 15% e 11,5% das instalações de 2016 (SOLARPOWEREUROPE, 2016), o que demonstra a importância desses incentivos para o crescimento das fontes renováveis de energia. Especialmente no que concerne à energia fotovoltaica, esses mecanismos foram utilizados na Alemanha, China e Japão aqui analisados apresentam perspectivas de gerar ainda em 2021, aproximadamente 18.8 GW, 160.4 GW e 40.2GW dos 935.5 GW (SOLARPOWEREUROPE, 2017).

Apesar do bom desempenho do mercado fotovoltaico nesses países, o mesmo não ocorre no Brasil que apresenta uma perspectiva para 2021 bastante singela, de apenas 8.3 GW (PORTAL BRASIL, 2016), ou seja, cerca de 1% do total de energia fotovoltaica gerada no mundo. Embora tenha apresentado bons resultados nos leilões de energia, o país ainda carece de políticas públicas eficientes, incentivos fiscais e linhas de financiamento que promova a indústria nacional nesse ramo específico.

4. AS BARREIRAS À UTILIZAÇÃO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NA PARAÍBA: A VISÃO DOS STAKEHOLDERS

RESUMO

Com o desenvolvimento tecnológico e sua repercussão nos âmbitos da vida moderna, a energia elétrica assume o papel de bem essencial na sociedade, interferindo desde as tradicionais questões econômicas até as questões de saúde pública. Sabe-se que fontes de energia fósseis têm potencial de denegrir o meio ambiente, entretanto apenas quando os resultados de décadas de degradação se tornam fatos concretos é que surge o interesse em buscar meios de produção alternativos, que sejam comprometidos com um desenvolvimento sustentável. Nesse contexto, há uma consciência ambiental na busca da utilização da energia fotovoltaica, onde os países europeus e asiáticos foram os pioneiros na sua geração. O Brasil, embora seja um país com características bem mais favoráveis para galgar grandes espaços na produção dessa energia, (condições climatológicas e de irradiação propícias), fica muito aquém do seu potencial. O objetivo desse artigo é analisar as principais barreiras inseridas na Paraíba, tendo como base a visão de *stakeholders* do porquê do atraso no desenvolvimento fotovoltaico nesse estado. O grupo de *stakeholders* foi formado por pesquisadores de energias solar e renováveis, proprietários de sistemas fotovoltaicos, técnicos e empresas do ramo e como caminho metodológico foi realizada (i) uma revisão sistemática para construção de um quadro de possibilidades de barreiras (ii) construção e aplicação de um questionário com os *stakeholders* (iii) aplicação da distribuição estatística de Wilcoxon e do teste de Kruskal-Wallis, o que possibilitou a análise e definição de um grau de importância para cada barreira. Concluiu-se que as barreiras que mais impactam nos resultados negativos da utilização dessa fonte de energia são: o alto custo de capital inicial, a falta de compromisso político e políticas governamentais adequadas.

Palavras-chave: Energia elétrica. Energia Fotovoltaica. Incentivos.

4.1 INTRODUÇÃO

Apesar do grande potencial energético disponível em fontes limpas e renováveis, como a energia solar e eólica, essas fontes não geram mais de 5% de toda energia do mundo, dos quais apenas 0,5% são de fontes solares (EPE, 2015). Enquanto isso, o petróleo, carvão mineral

e gás natural compõem respectivamente cerca de 31%, 29% e 21% da matriz energética mundial (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2016), sendo os grandes responsáveis pela elevada quantidade de CO_2 na atmosfera.

Neste trabalho, será enfatizada a energia solar e uma das formas em que se pode aproveitá-la é através de sistemas fotovoltaicos, que consistem na transformação direta da luz do sol em potencial elétrico por meio da absorção da radiação solar pelas células fotovoltaicas, que são compostas por materiais semicondutores e geram uma diferença de potencial entre as camadas que lhe formam (CHAIANONG; PHARINO, 2015).

De acordo com levantamento feito por Schmela (2016), em 2012, a capacidade acumulada de geração de energia fotovoltaica no mundo alcançou cerca de 102 gigawatts (GW), evitando que aproximadamente 53 milhões de toneladas de gás carbônico (CO_2) fossem lançados na atmosfera (NICOLETTI, 2013). Mais tarde, em 2016, a capacidade instalada subiu para 306,5GW (SCHMELA, 2017), três vezes mais que 2012. Apesar do impressionante crescimento, a energia gerada ainda é muito pouca em relação a toda disponibilidade de energia solar que chega à superfície terrestre, que é estimada em $9,4 \times 10^{13} kw$ por hora (PINHO; GALDINO, 2014).

Embora a irradiação solar seja um fator essencial para a utilização dessa tecnologia, muitos países que apresentam índices de irradiação relativamente desfavoráveis foram mais eficientes no seu desenvolvimento, a exemplo disso podemos citar a Alemanha e o Japão que, ao mesmo tempo em que foram responsáveis por 17,3% e 15% de toda energia fotovoltaica gerada em 2015 (SCHMELA, 2016), possuem os seguintes índices de irradiação: 2,53 e 3,52 KWh m^2 /dia (NREL).

Em comparação com países europeus e asiáticos, o Brasil apresenta grandes vantagens quanto à utilização dessa tecnologia, pois apresenta irradiação solar abundante e clima favorável (5,85 KWh m^2 /dia) (NREL), além de possuir uma das maiores reservas de silício do mundo, material usado na produção de células fotovoltaicas. De acordo com o Nascimento (2017), ao final de 2016 o Brasil apresentava uma capacidade instalada de aproximadamente apenas 81MW divididos basicamente em 24MWp de geração centralizada e 57MWp de geração distribuída, produção bem abaixo dos vinte maiores líderes mundiais, todos com mais de 1GWp.

Entre todas as regiões brasileiras, destaca-se a região nordeste que além de possuir irradiação solar que varia entre 5,3 a 5,7 KWh m^2 /dia, o que corresponde a mais que o dobro da região da Alemanha de maior insolação, é responsável por 21% da geração distribuída (ANEEL, 2017) e 61,7% da geração centralizada do país (EPE, 2017). Apesar do bom

desempenho, grande parte da sua produção provém apenas dos estados do Ceará e de Pernambuco, cada qual com 11 MW e 5 MW de capacidade instalada enquanto que no estado da Paraíba gera menos que 1,5 MW (ANEEL, 2017).

Diante disso, o presente trabalho tem por objetivo identificar e analisar os fatores que fazem o crescimento da produção da energia fotovoltaica na Paraíba ser tão inferior quando comparado com o restante do nordeste brasileiro e outros países.

4.2 METODOLOGIA

Nessa pesquisa, foi conduzida uma revisão sistemática baseada em uma metodologia dividida em seis etapas, que se relata a seguir. Primeiramente, foi feita uma pesquisa exploratória que permitiu aumentar os conhecimentos do pesquisador em relação ao tema e ao problema da pesquisa, especialmente no momento de construção da fundamentação teórica.

Na etapa seguinte, foram estabelecidas as palavras-chave (barreiras, obstáculos, impedimentos, energia renovável, geração distribuída e energia fotovoltaica) ligadas direta ou indiretamente ao assunto, caracterizando assim o primeiro filtro para a seleção dos artigos. Além disso, foram realizadas buscas em um período pré-definido (2000 a 2017), que corresponde a uma época de avanço significativo da tecnologia fotovoltaica. Também foram selecionadas teses, dissertações, monografias e trabalhos acadêmicos, servindo de plataforma teórica para a pesquisa.

Com o intuito de filtrar ainda mais as informações, a terceira etapa consistiu na seleção dos periódicos com base no título. Logo após, na etapa seguinte, tais artigos tiveram seus resumos analisados, sendo separados aqueles que serviriam de base para esse trabalho, objetivando, com isto, analisar tão-só aqueles com alguma relevância para a pesquisa.

Por se tratar de uma pesquisa quantitativa e qualitativa, deparou-se com a dificuldade em implementar um método que pudesse, juntamente com as variáveis definidas ao longo do trabalho (barreiras), trazer respostas aos questionamentos efetuados na introdução.

Diante disso, nesta quinta etapa, optou-se por utilizar um levantamento *survey* através da aplicação de questionários estruturado em três grupos de *stakeholders*, formados por pesquisadores de energias solar e renováveis, proprietários de sistemas fotovoltaicos (residenciais e comerciais), e empresas do ramo.

Os entrevistados foram convidados a identificar as barreiras e a classificá-las de acordo com a sua importância em uma escala de cinco pontos, denominada escala de Likert. Onde o

“1” na escala indica as barreiras de nenhuma interferência (indiferente) e “5” as de maior interferência no sistema fotovoltaico.

Figura 17 - Escala de comparação de critérios

1	2	3	4	5
Indiferente	Não interfere	Pouco interfere	Interfere	Maior interferência
MENOS IMPORTANTE			MAIS IMPORTANTE	

Uma vez determinadas as variáveis a serem analisadas, que nesse caso são as barreiras à implantação da energia fotovoltaica, surge o questionamento de como estas serão processadas. As dificuldades associadas ao tema promovem a utilização de métodos e ferramentas que abordem uma visão mais ampla dos fenômenos. Para isso, todas as barreiras seguiram a distribuição estatística de Wilcoxon, uma vez que os dados são ordinais. Além disso foram utilizados os seguintes *softwares* para análise dos resultados: SPSS V.2.2, Excel e software R.

Como cada grupo de *stakeholder* apresentou quantidades de respondentes diferentes, o autor optou por utilizar também o teste de Kruskal-Wallis para promover a comparação entre cada grupo em relação à determinada barreira. Além disso, todos os intervalos de confiança foram calculados com 0,05 de significância.

Para entender os fatores que influenciam a tomada de decisão quanto à implantação de um sistema fotovoltaico, seja ele de tamanho reduzido, como as mini e micro geração distribuída (residenciais), ou de grande capacidade, como as usinas fotovoltaicas centralizadas, foi necessário analisar as barreiras do ponto de vista de vários setores considerados essenciais, como: comercial, acadêmico, residencial e empresarial.

Pensando nisso, optou-se por buscar os segmentos mais afetados com a existência dessas barreiras, que em regra é formado principalmente por pesquisadores de energias solar e renováveis, proprietários de sistemas fotovoltaicos, técnicos e empresas do ramo. Tal grupo compõe os denominados *stakeholders*.

Tabela 01 - A amostra da população

Detalhes	Proprietários de sistemas	Técnicos e empresas	Pesquisadores e acadêmicos
Nº de pessoas/ empresas convidadas	78	21	17
Porcentagem (%) de respondentes por categoria	32%	52%	94%

a) Para análise do setor residencial na Paraíba

Com um potencial instalado de 594 Kw, o setor residencial é considerado parte importante para o crescimento dessa tecnologia no Estado, uma vez que é responsável por cerca de 40% de toda a energia fotovoltaica na Paraíba (ANEEL, 2017), logo sua perspectiva das barreiras é primordial para entender as dificuldades impostas ao sistema.

Para a elaboração dessa pesquisa foram contatadas 78 famílias, das quais 25 responderam ao questionário. Aos inquiridos também foi questionada a qualificação educacional, já que a educação desempenha um papel importante na tomada de decisões. Quanto a isso, foi constatado que 36% dos entrevistados apresentava nível superior e 32% pós-graduação.

Além disso, foi questionada a renda familiar, de modo a identificar a faixa social que mais utiliza a tecnologia fotovoltaica e foi possível identificar que 44% apresentavam uma renda média acima de dez mil reais mensais enquanto que 24% possui renda inferior a cinco mil reais.

Apesar de o sistema fotovoltaico ser uma tecnologia relativamente nova, foi possível constatar que 84% dos proprietários apresentavam idade acima de 41 anos.

b) Para análise do setor comercial e técnico na Paraíba

No setor comercial e técnico, participaram da pesquisa empresas como revendedoras e manutenção de equipamentos além de profissionais projetistas, técnicos responsáveis pela instalação e outros profissionais que apresentam algum tipo de relação com o ramo desse trabalho. Dos 21 convidados a participar da pesquisa, 11 responderam ao questionário, cerca de 52% do total.

Além desses, foram convidados a responder o questionário professores do centro de energias renováveis da Universidade Federal da Paraíba, onde de um total de 17 professores, 16 concordaram em responder ao estudo, ou seja, 94% do total.

4.3 BARREIRAS

Nos últimos anos, a tecnologia fotovoltaica tem se deparado com uma forte redução nos preços dos equipamentos, principalmente dos módulos fotovoltaicos alcançando mais de

50% em países como China e Japão, que reduziram de 17,5 CNY/Wp em 2011 para 6,5 CNY/Wp em 2017, e de 1920 JPY/Wp em 1994 para 348 JPY/Wp em 2016 respectivamente (IEA, 2016). No mesmo caminho, o Brasil também apresentou reduções no valor do sistema residencial chegando em alguns casos a cerca de 6,44R\$/Wp em 2016 (IDEAL, 2016).

Apesar da situação atual ter demonstrado que o sistema fotovoltaico tem se tornado cada vez mais viável economicamente, algumas barreiras desencorajam a sua aquisição pelos consumidores. Dessa forma, compreendê-las é essencial para a inserção desse sistema no mercado nacional e paraibano.

Logo, através da revisão sistemática foi possível determinar, com base em periódicos de pesquisadores como: J. P. Painuly; S. Reddy; F. Beck; E. Martinot; e N. Enzensberger, as principais barreiras consideradas empecilho ao crescimento e desenvolvimento dessa tecnologia, são elas: técnicas; econômicas e financeiras; institucionais, política e regulamentar; mercados; sociais, culturais e comportamentais. Segue abaixo as definições das barreiras já citadas:

- Barreira técnica: Atualmente, a maioria das fontes renováveis possuem tecnologias estruturadas e sólidas. Ainda assim, é comum existir forte apreensão por parte dos consumidores quanto ao desempenho tecnológico desses sistemas. Além desses fatores propriamente ditos, outras barreiras se enquadram nessa categoria, como: falta de padrões e normas; falta de pessoal qualificado, baixo investimento em desenvolvimento e pesquisas.
- Barreiras econômicas e financeira: Apesar de cada vez mais viável, o sistema fotovoltaico ainda exige um investimento inicial muito elevado quando comparado com as tecnologias convencionais afastando grande parte dos consumidores. Não o bastante, as instituições financeiras consideram que esse tipo de tecnologia apresenta riscos elevados ao avaliar sua capacidade de crédito. Isso ocorre porque a tecnologia fotovoltaica é mais recente, possui longos períodos de retorno e fluxo de receita menor, o que implica em taxas financeiras mais elevadas para os projetos, afastando com isso os investidores em potencial.
- Barreiras institucionais, políticas e regulamentares: Trata-se de uma barreira oriunda da ausência de atuação do Estado, muitas vezes através de lacunas normativas e falta de políticas governamentais de incentivos, que acabam por dificultar a produção e comercialização da energia por produtores independentes. Além disso, a restrição de prioridade de acesso à rede de transmissão de energia pelas fontes renováveis e o

excesso de burocracia na instalação do sistema também interferem na sua implantação (MARTINOT, 2004).

- Social, cultural e comportamental: Para que a tecnologia ganhe espaço junto à população, há que se promover a sua aceitação por meio da divulgação de informações, pois poucos têm acesso sobre os benefícios do sistema, sendo a sua imagem principal muitas vezes associada apenas ao alto custo inicial que é demandado. Os benefícios secundários, como geração de empregos locais e possibilidade de incremento de renda exercem um forte papel na construção dessa aceitação. Outro meio de desenvolver a integração da sociedade com as energias renováveis é utilizando-se da participação cooperativa e de agências de energia locais, de maneira a educar, treinar e informar a população (COSTA; PRATES, 2005).
- Barreiras de mercado/ falhas de mercado: Falhas de mercado são observadas quando o mercado não se comporta da maneira prevista, quando os princípios que constituem um mercado ideal são transgredidos (ex. comportamento racional, transações sem custos e informações perfeitas). Quanto às barreiras do mercado, Sutherland (1991) aponta como sendo limitações que desestimulam possíveis investimentos em otimização de eficiência energética.

Dentro das categorias já citadas, decidiu-se por elaborar o quadro abaixo a fim de tornar mais visível quais as barreiras se enquadram em cada classe identificando quais foram mais abordadas ao longo dos periódicos estudados. Como o objetivo dessa pesquisa é analisar os fatores que interferem no desenvolvimento dessa tecnologia no estado da Paraíba, optou-se por avaliar barreiras que o autor entendeu ser importante mesmo não sendo tão abordado pelas referências desse trabalho.

Quadro 04 - Referência das barreiras

CATEGORIA	BARREIRAS	REFERÊNCIAS
TÉCNICA	Baixa eficiência energética	21; 5; 13; 2; 12; 3;
	Falta de padrão e códigos e certificação	6; 28
	Falta de pessoal qualificado / instalações de treinamento	17; 21; 5; 7; 6; 13; 2; 12; 3; 26; 28;
	Produto não confiável	21;
	Pouco incentivo em P&D	27; 21; 5; 6; 2;
ECONÔMICO E FINANCEIRO	Alto custo de capital inicial	17; 27; 22; 21; 5; 7; 6; 13; 2; 12; 3; 26; 1; 28
	Longo período para retorno de capital	27; 21; 5; 7; 6; 2; 28
	Alto custo de manutenção	12; 3;
	Inexistência de uma instituição financeira que apoie as fontes renováveis de energia.	27; 5; 6; 2;
	Falta de acesso ao crédito pelo consumidor	21; 7; 6; 28
	Mercado pequeno	22; 21
	Flutuação do preço do combustível fóssel	22; 11; 28;
	Falta de rentabilidade	26;
	Subsídios elevados para fontes concorrentes e poluidoras (Combustíveis fósseis)	7; 28;
INSTITUCIONAL, POLÍTICA E REGULAMENTAR	Falta de instituições / mecanismos para divulgar informações	6; 1;
	Falta de um quadro legal / regulamentar	27; 21; 6; 28
	Choque de interesses	6;
	Falta de instituições profissionais	21; 6;
	Excesso de Burocracia: Restrições quanto à localização, construção e interconexão	21; 11; 13; 16; 28
	Falta de políticas governamentais adequadas	27; 22; 5; 7; 13; 2; 3; 25
	Falta de compromisso político	5; 2;
SOCIAL, CULTURAL E COMPORTAMENTAL	Não aceitação do produto pelo consumidor	17; 21; 4; 6; 13; 2; 3; 1;
	Falta de informação e consciência do consumidor	17; 21; 5; 7; 4; 2; 3; 1
	Pobreza e baixa acessibilidade doméstica	21; 3;
	Falta de engajamento local	3; 26
MERCADO	Controle do setor energético	21; 6;
	Acesso restrito à tecnologia	21; 6; 3;
	Baixa concorrência	21; 6;
	Falta de infra-estrutura de mercado	21; 5; 6; 25; 28
	Excesso de impostos	21; 22; 6; 11;
	Barreiras comerciais	21; 6; 2;
	Falta de habilidades comerciais	28;

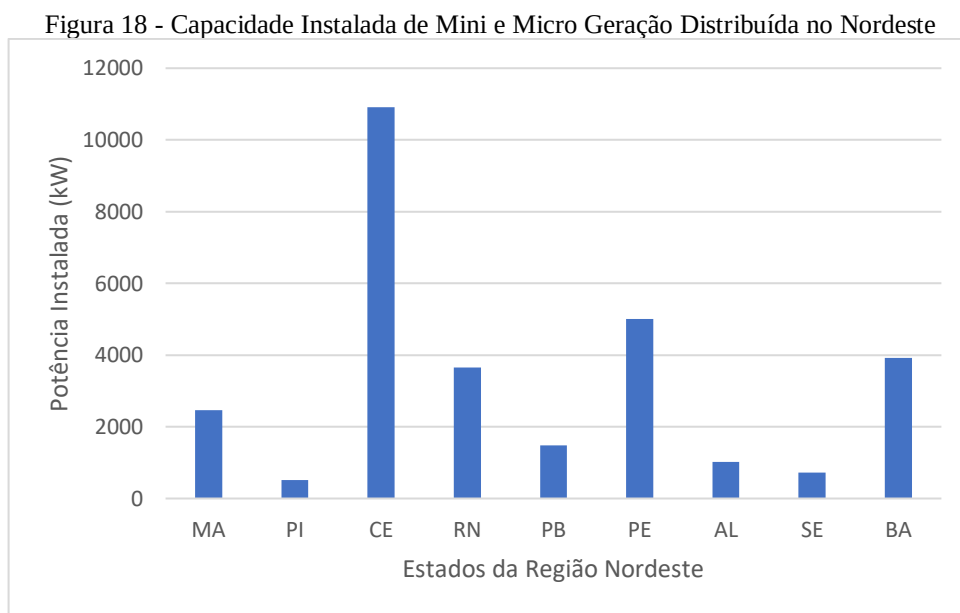
Fonte: [1] REDDY; PAINULY (2004); [2] SINDHU et. al (2016); [3] AHLBORG; HAMMAR (2014); [4] AZADIAN; RADZI (2013); [5] ANSARI et. al (2013); [6] PAINULY (2001); [7] KARAKAYA; SRIWANNAWIT (2015); [8] ENGELKEN et al (2016); [9] ZHANG et al (2015); [10] HANCEVIC et al (2017); [11] BROWN (2001); [12] BALCOMBE et al (2013); [13] CHAIANONG; PHARINO (2015); [14] MING et al (2015); [15] RAI et al (2016); [17] JAYARAMAN et al (2017); [18] YERBRUGGEN et al (2010); [19] OWEN (2006); [20] WALKER (2008); [21] KARATAYEV et al (2016); [22] WEE (2012); [23] FARIA et al (2017); [24] DINIZ et al (2011); [25] XIN-GANG et al (2014); [26] HERBES et al (2017); [27] ZHANG et al (2012); [28] BECK; MARTINOT (2004).

4.4 ENERGIA FOTOVOLTAICA NA PARAÍBA

Com uma área de 56.585 km² e uma população de 3,944 milhões de habitantes, o estado da Paraíba, localizado na região Nordeste do Brasil, apresenta uma das condições mais favoráveis para a captação de energia solar, uma vez que apresenta cerca de 5,7 KWh m²/dia (XAVIER, 2015), ficando atrás apenas do deserto do Saara no continente africano (CRUZ, 2013).

Devido à baixa densidade demográfica e pouca industrialização do estado, o consumo de energia elétrica é relativamente baixo quando comparado com outros estados, alcançando 1.812 GWh no setor residencial em 2016 (ANEEL, 2016). Pensando nisso, Cruz (2013) afirma que a instalação de 2,5 milhões de placas fotovoltaicas, capazes de gerar aproximadamente 633MW, poderia tornar a Paraíba autossuficiente na geração de energia elétrica.

Atualmente, com a construção de cinco usinas solares (geração centralizada) no sertão paraibano, com capacidade instalada de 144MW, incentivada principalmente pelos leilões de energia promovidos pela ANEEL, o Estado vislumbra um crescimento significativo nesse setor. Apesar da expectativa, três das cinco usinas já se encontram atrasadas nos seus cronogramas que previam seu início de operação em 2018, como é o caso das usinas de Angico I, Coremas III e Malta. As restantes estão em andamento com perspectiva para entrar em funcionamento em 2018 (ANEEL, 2017).



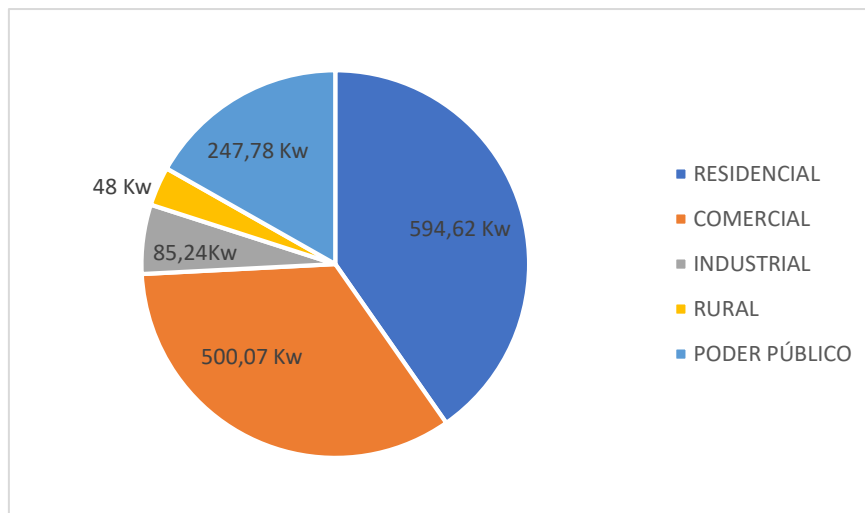
Fonte: ANEEL (2017)

Quanto à geração distribuída, considerando dados da ANEEL (2017), é possível identificar a potência instalada de 1478,11 KWp no Estado, que é cerca de 5% da energia fotovoltaica gerada no Nordeste, ficando na frente apenas do Piauí, Alagoas e Sergipe, cada qual com 507 kW, 1017 kW e 726 kW respectivamente como mostra a figura 18.

Do total instalado na Paraíba até 2017, a maior parte da energia provém dos setores residencial (594,65 Kw) e comercial (500,07 Kw) representando respectivamente cerca de 40% e 34%, enquanto que o restante se divide entre os setores industrial, rural e do poder público, como identificado na figura abaixo. Deve-se ressaltar que o crescimento na utilização dessa

tecnologia no Estado ocorreu principalmente no ano de 2017, onde foram instalados aproximadamente 1055,46 Kw, mais que o dobro das instaladas nos anos de 2014, 2015 a 2016 juntos (ANEEL, 2017).

Figura 19 - Identificação dos setores de geração fotovoltaico de energia



Fonte: ANEEL (2017)

Embora a Paraíba apresente condições climatológicas favoráveis, a viabilidade de um sistema fotovoltaico leva em consideração muitos outros fatores, a exemplo disso podemos citar o preço da tarifa de energia cobrada pela distribuidora local, o custo do ICMS e o tempo de retorno do capital investido que, na capital João Pessoa, aparece em 12º lugar no ranking das capitais brasileiras com melhor retorno econômico para projetos residenciais, com um tempo de retorno do investimento de 5,95 anos, ficando bem abaixo de Fortaleza (segunda colocada), Recife (quarto lugar no ranking) e de outras capitais nordestinas (NÓBREGA, 2016).

Logo, comparando a Paraíba com outros estados do Brasil e até mesmo do Nordeste, como Ceará e Pernambuco, percebe-se o grande atraso quanto ao desenvolvimento dos sistemas fotovoltaicos mesmo estes estados apresentando características climáticas, ambientais e estruturais semelhantes.

4.5 AS BARREIRAS PARA A ENERGIA FOTOVOLTAICA NA PARAÍBA

A avaliação buscou analisar todas as barreiras de forma a simplificar a compreensão dos dados. Neste item, serão apresentados os resultados dos intervalos de confiança, os quais foram calculados pela estatística de Wilcoxon, com 0,05 de significância e 95% de confiança.

A estatística de Wilcoxon é recomendada para analisar dados ordinais e que não seguem uma distribuição normal.

A partir dos resultados obtidos por meio do questionário, foram estabelecidos critérios de classificação do nível de interferência de cada barreira sobre o desenvolvimento fotovoltaico no Estado da Paraíba, os quais são:

- Se o **limite inferior (LI)** for menor que três ($LI < 3$): a barreira é pouco significativa e seu nível de interferência no desenvolvimento fotovoltaico no Estado da Paraíba é pouco representativo;
- Se o **limite inferior (LI)** for maior ou igual a três e menor que quatro ($3 \leq LI < 4$): a barreira é significativa e seu nível de interferência afeta no desenvolvimento fotovoltaico no Estado da Paraíba, porém, não é um fator limitante.
- Se o **limite inferior (LI)** for maior ou igual a quatro ($LI \geq 4$): a barreira é extremamente significativa e seu nível de interferência é um fator limitante no desenvolvimento fotovoltaico no Estado da Paraíba.

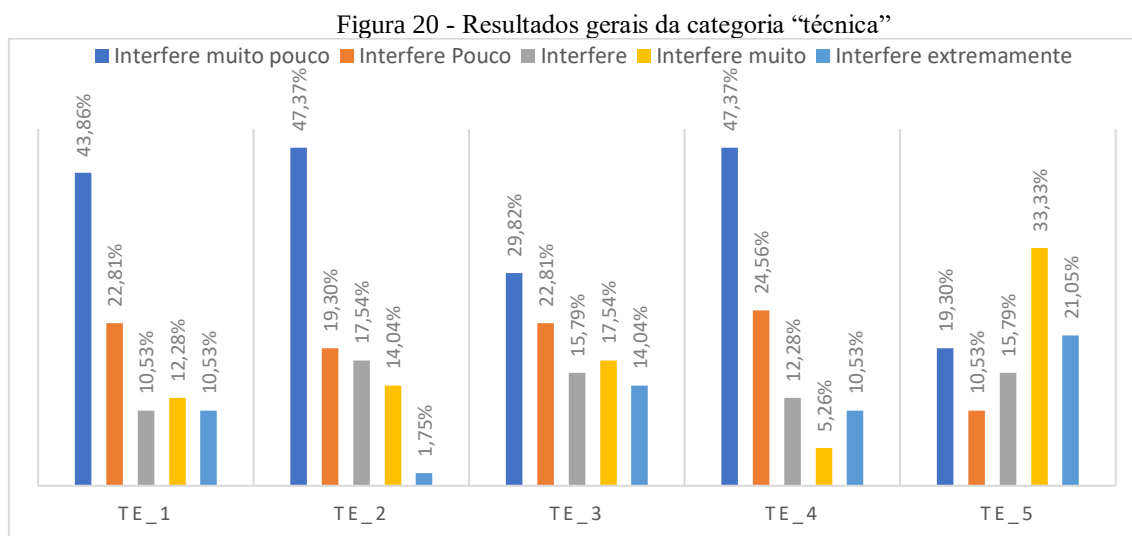
De acordo com as informações acima, foi feita uma análise individual de cada barreira e posteriormente de cada categoria, de modo a promover amplo entendimento do assunto abordado. Com isso, os seguintes resultados foram alcançados:

a) Barreiras Técnicas para o uso da energia fotovoltaica na Paraíba

Esta categoria foi avaliada por cinco barreiras, sendo elas: baixa eficiência energética (TE_1), falta de padrão e códigos e certificação (TE_2), falta de pessoal qualificado / instalações de treinamento (TE_3), produto não confiável (TE_4) e pouco incentivo em P&D (TE_5). A categoria “técnica” obteve média geral e desvio-padrão de $(2,45 \pm 1,42)$ indicando que a maioria dos respondentes percebe que as barreiras dessa categoria interferem no desenvolvimento fotovoltaico no Estado da Paraíba.

Porém, conforme o resultado do coeficiente de variação (CV) de 58,25%, houve uma dispersão dos dados, indicando uma divergência entre os grupos respondentes. Desse modo, foram calculados os intervalos de confiança com 0,05 de significância, dos quais o resultado para o limite superior (LS) foi de 2,70 e do limite inferior (LI) foi de 2,20. Tal dado mostra que, na análise geral da categoria, a percepção da maioria dos respondentes está no intervalo de

“pouco interfere a interfere” no desenvolvimento fotovoltaico no Estado da Paraíba. A Figura 20 apresenta os resultados das frequências para todas as barreiras da categoria “técnica”.



Fonte: Elaborado pelo autor

Para analisar a percepção de cada grupo de respondente em relação a cada barreira, de forma individual, utilizou-se do teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis que apontou diferenças entre as respostas dos stakeholders apenas nas seguintes barreiras: falta de padrão e códigos e certificação (TE_2) e pouco incentivo em P&D (TE_5). Tais resultados mostram que há diferenças estatísticas significativas entre as respostas dos empresários, proprietários e acadêmicos.

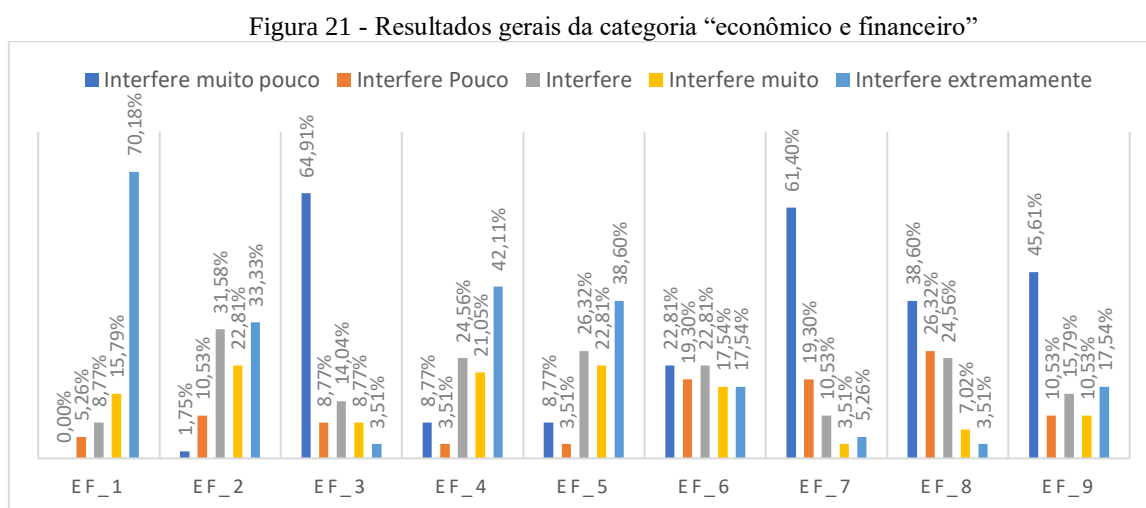
Apesar disso, em uma análise geral, pode-se verificar que a maioria dos respondentes percebem que falta de padrão e códigos e certificação e pouco incentivo em P&D interferem pouco no desenvolvimento da energia fotovoltaica no Estado da Paraíba.

b) Barreiras econômicas e financeiras para o uso da energia fotovoltaica na Paraíba

A categoria “econômico e financeiro” buscou avaliar como os empresários, proprietários e os acadêmicos percebem as barreiras ligadas às questões de custos, investimentos e formas de financiamentos para desenvolver e executar projetos que utilizem o potencial fotovoltaico no Estado da Paraíba. Esta categoria foi avaliada por nove barreiras, sendo elas: alto custo de capital inicial (EF_1), longo período para retorno de capital (EF_2), alto custo de manutenção (EF_3), inexistência de uma instituição financeira que apoie as fontes renováveis de energia (EF_4), falta de acesso ao crédito pelo consumidor (EF_5), mercado

pequeno (EF_6), flutuação do preço do combustível fóssil (EF_7), falta de rentabilidade (EF_8) e subsídios elevados para fontes concorrentes e poluidoras - combustíveis fósseis (EF_9).

Essa categoria apresentou média geral e desvio-padrão de $(2,98 \pm 1,56)$, indicando que a maioria dos respondentes percebem que as barreiras desta categoria podem interferir no desenvolvimento fotovoltaico do Estado da Paraíba. Contudo, pelo resultado do coeficiente de variação, que foi cerca de 52,22%, pode-se notar uma variação entre os níveis de interferência de cada barreira. A Figura 21 apresenta as frequências das respostas das barreiras contidas na categoria “econômico e financeiro”.



Fonte: Elaborado pelo autor

Na avaliação do teste de Kruskal-Wallis observa-se que na categoria econômica e financeira, apenas as barreiras alto custo de manutenção (EF_3) e subsídios elevados para fontes concorrentes e poluidoras - combustíveis fósseis (EF_9), apresentam divergências entre os grupos de respondentes. No entanto, em uma análise geral, pode-se afirmar que a maioria destes consideram tais barreiras como sendo de pouca interferência no desenvolvimento da tecnologia no Estado.

Por fim, nesta categoria, as barreiras “longo período para retorno de capital (EF_2)”, “inexistência de uma instituição financeira que apoie as fontes renováveis de energia (EF_4)” e “falta de acesso ao crédito pelo consumidor (EF_5)” foram classificadas como significativas enquanto que apenas a barreira “alto custo de capital inicial (EF_1)” foi classificada como muito relevante no desenvolvimento fotovoltaico do Estado. O intervalo de confiança para a categoria “econômico e financeiro” foi de 2,77 para o limite inferior (LI) e 3,12 para o limite superior (LS).

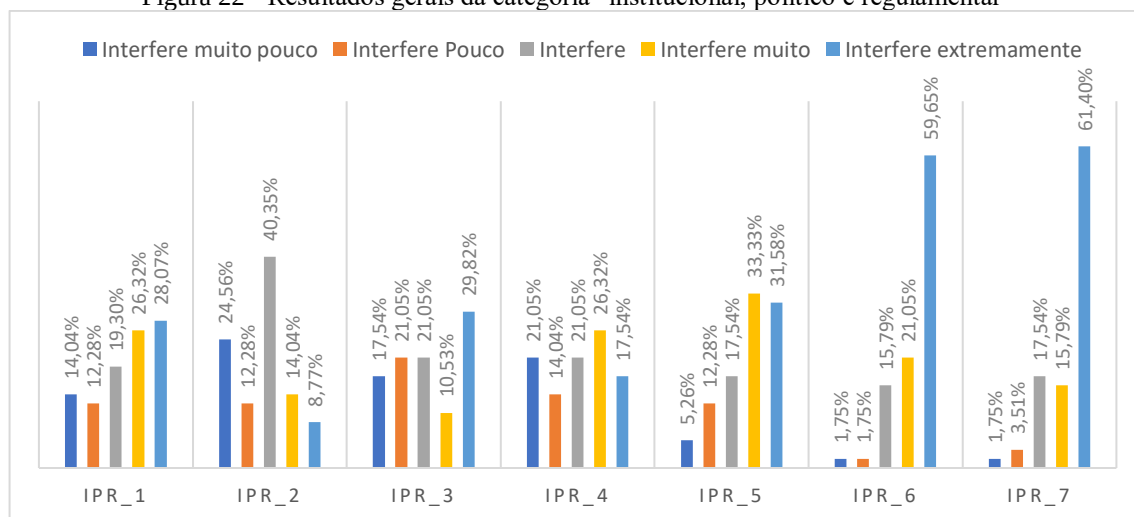
c) Barreiras Institucionais, Políticas e Regulamentares para o uso da energia fotovoltaica na Paraíba

A categoria “institucional, político e regulamentar” avaliou a percepção dos *stakeholders* sobre as barreiras ligadas às questões legais, regulamentares e institucionais que podem interferir no desenvolvimento fotovoltaico do Estado da Paraíba. Essa categoria obteve média geral e desvio-padrão de $(3,53 \pm 1,57)$. Essa categoria foi avaliada por sete barreiras, são elas: falta de instituições / mecanismos para divulgar informações (IPR_1), falta de um quadro legal / regulamentar (IPR_2), choques de interesses (IPR_3), falta de instituições profissionais (IPR_4), excesso de burocracia: restrições quanto à localização, construção e interconexão (IPR_5), falta de políticas governamentais adequadas (IPR_6) e falta de compromisso político (IPR_7).

Diferente das outras, a categoria “institucional, político e regulamentar” apresentou um coeficiente de variação de 44,47%, o qual indica que as respostas variaram dentro dos grupos pesquisados. Porém, de acordo com o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, nenhuma das sete barreiras apresentaram indícios de diferenças estatísticas significantes entre as respostas dos empresários, proprietários e acadêmicos ao nível de 0,05 de significância

Os dados apontam a convergência entre as respostas dos grupos, em que, na avaliação de cada barreira, o grau de interferência reportado pelos empresários, proprietários e acadêmicos tende para o mesmo nível. Na avaliação das frequências das respostas, contidas na Figura 22, estão os resultados da percepção dos respondentes sobre os níveis de interferência das barreiras dessa categoria.

Figura 22 - Resultados gerais da categoria “institucional, político e regulamentar”



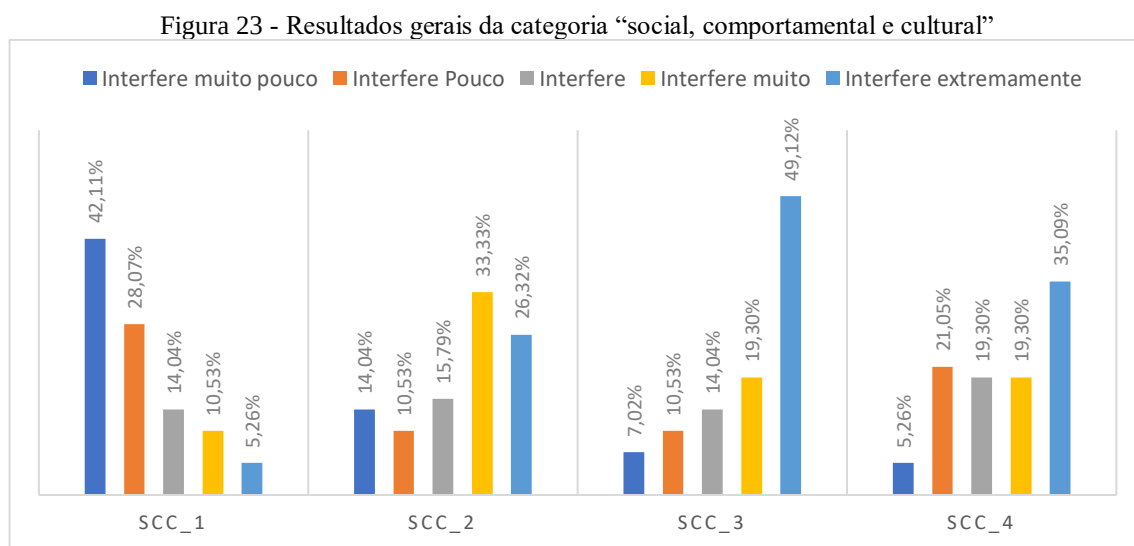
Fonte: Elaborado pelo autor

Na análise geral desta categoria, foi possível apontar que as barreiras falta de políticas governamentais adequadas (IPR_6) e falta de compromisso político (IPR_7) são as que mais interferem no desenvolvimento fotovoltaico no Estado. O resultado do cálculo das correlações, contido no Apêndice 1, corrobora com essa afirmação, dado que a correlação das citadas barreiras foi superior à 0,70, comprovando uma forte ligação positiva entre esses dois elementos. O resultado do intervalo de confiança desta categoria foi de 3,29 para o limite inferior (LI) e 3,79 para o limite superior (LS), o que possibilita afirmar que a categoria “institucional, político e regulamentar” é a mais influente, entre todas as categorias analisadas, no desenvolvimento fotovoltaico no Estado da Paraíba.

d) Barreiras Sociais, Culturais e Comportamentais para o uso da energia fotovoltaica na Paraíba

Esta categoria procurou avaliar a percepção dos respondentes a respeito das barreiras relativas ao comportamento dos consumidores, às questões culturais e sociais que podem interferir na adoção e desenvolvimento de tecnologias fotovoltaicas na Paraíba. A categoria obteve média e desvio-padrão de $(3,27 \pm 1,27)$ e foi avaliada por quatro variáveis, quais sejam: não aceitação do produto pelo consumidor (SCC_1), falta de informação e consciência do consumidor (SCC_2), pobreza e baixa acessibilidade doméstica (SCC_3) e falta de engajamento local (SCC_4).

Os resultados das frequências para todas as barreiras da categoria podem ser observados na Figura 23.



Fonte: Elaborado pelo autor

Quanto a estatística de Kruskal-Wallis, foi possível identificar que a única barreira da categoria que apresentou diferença estatística entre as respostas dos stakeholders foi a não aceitação do produto pelo consumidor (SCC_1). Ao analisar os dados, identificou-se que os proprietários têm a percepção de que a barreira SCC_1 interfere muito pouco no desenvolvimento fotovoltaico, já os empresários e os acadêmicos consideram que o grau de interferência dessa barreira está entre “interfere muito pouco à interfere pouco”. De forma geral, entende-se que tal barreira não constitui um empecilho para a energia fotovoltaica na Paraíba.

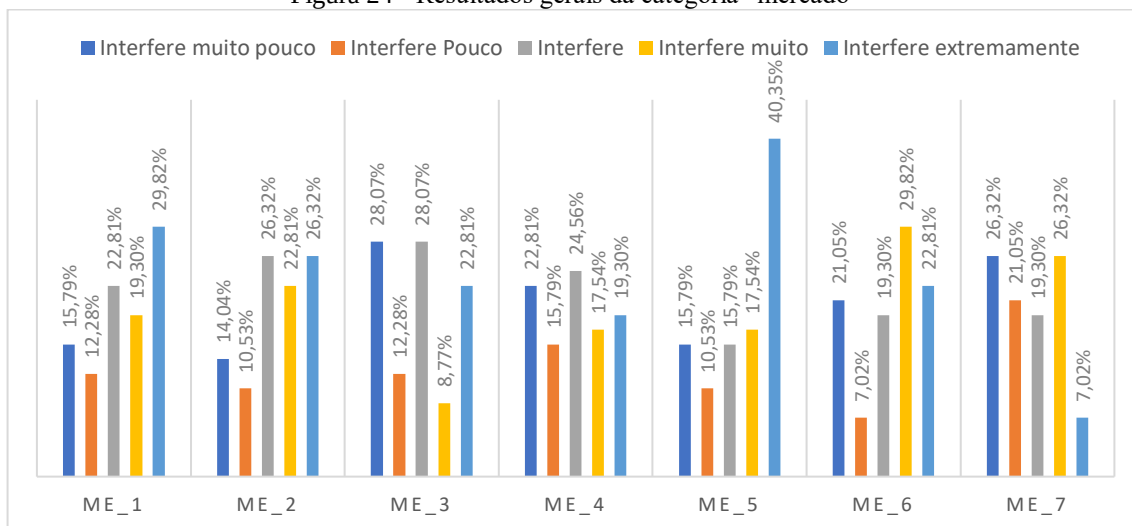
e) Barreira de Mercado para o uso da energia fotovoltaica na Paraíba

Aqui, buscou-se avaliar a percepção dos *stakeholders* sobre as barreiras relativas às variações de mercado, concorrência, agências de regulação e outros elementos mercantilísticos que podem interferir no desenvolvimento fotovoltaico. Esta categoria obteve média e desvio-padrão de $(3,15 \pm 1,45)$ e foi avaliada por sete barreiras, sendo elas: controle do setor energético (ME_1), acesso restrito à tecnologia (ME_2), baixa concorrência (ME_3), falta de infraestrutura de mercado (ME_4), excesso de impostos (ME_5), barreiras comerciais (ME_6) e falta de habilidades comerciais (ME_7).

Nesta categoria pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, nenhuma das sete barreiras apresentou indícios de diferenças estatísticas significantes na comparação das respostas entre os empresários, proprietários e acadêmicos.

Conforme os resultados, pode-se afirmar que as medidas descritivas como média, moda, mediana, desvio-padrão e variância das sete barreiras da categoria não apresentaram diferenças significativas na comparação entre as respostas dos empresários, proprietários e acadêmicos. Portanto, as respostas foram mais homogêneas entre os indivíduos pertencentes à grupos diferentes. Os resultados das frequências informadas pelos empresários, proprietários e acadêmicos sobre as sete barreiras que compuseram a categoria “mercado”, podem ser observados na Figura 24.

Figura 24 - Resultados gerais da categoria “mercado”



Fonte: Elaborado pelo autor

Na avaliação geral, os resultados mostraram que suas barreiras alcançaram níveis de interferência pouco expressivos no desenvolvimento fotovoltaico no Estado. O intervalo de confiança da categoria foi de 2,86 para o limite inferior (LI) e de 3,50 para o limite superior (LS). O resultado do cálculo das correlações, contidas no Apêndice 1, mostram que a maior correlação está entre a barreira baixa concorrência (ME_3) e a barreira falta de instituições profissionais (IPR_4), sendo um indício que algumas barreiras podem pertencer à outras categorias.

4.6 RESULTADO SISTEMICO DAS BARREIRAS

Os resultados dos intervalos de confiança das trinta e duas barreiras e a classificação de cada barreira, realizada conforme a descrição anterior e com base na percepção dos empresários, proprietários e acadêmicos estão apresentados na Tabela 02.

Tabela 02 - Classificação das barreiras

Categoria	Barreira	Estatística de Wilcoxon - Intervalos de confiança à 95%		Classificação das barreiras
		Inferior	Superior	
Técnica	TE_1	1,50	2,50	Pouco significativa
	TE_2	1,50	2,50	Pouco significativa
	TE_3	2,00	3,00	Pouco significativa
	TE_4	1,50	2,50	Pouco significativa
	TE_5	2,99	4,00	Pouco significativa
Econômico e Financeiro	EF_1	4,50	5,00	Extremamente significativa
	EF_2	3,50	4,00	Significativa
	EF_3	1,00	2,00	Pouco significativa
	EF_4	3,50	4,50	Significativa
	EF_5	3,50	4,00	Significativa
	EF_6	2,50	3,00	Pouco significativa
	EF_7	1,00	2,00	Pouco significativa
	EF_8	1,50	2,50	Pouco significativa
	EF_9	2,00	3,00	Pouco significativa
Institucional, Político e Regulamentar	IPR_1	3,00	4,00	Significativa
	IPR_2	2,50	3,00	Pouco significativa
	IPR_3	2,99	3,50	Pouco significativa
	IPR_4	2,50	3,50	Pouco significativa
	IPR_5	3,50	4,00	Significativa
	IPR_6	4,00	5,00	Extremamente significativa
	IPR_7	4,00	5,00	Extremamente significativa
Social, Cultural e Comportamental	SCC_1	1,50	2,50	Pouco significativa
	SCC_2	3,00	4,00	Significativa
	SCC_3	3,50	4,50	Significativa
	SCC_4	3,50	4,00	Significativa
Mercado	ME_1	2,99	4,00	Pouco significativa
	ME_2	3,00	4,00	Significativa
	ME_3	2,50	3,00	Pouco significativa
	ME_4	2,50	3,50	Pouco significativa
	ME_5	3,00	4,00	Significativa
	ME_6	2,99	4,00	Pouco significativa
	ME_7	2,50	3,00	Pouco significativa

Fonte: Dados da pesquisa

Foram classificadas como “pouco significativas” dezenove barreiras, as quais, segundo a metodologia de classificação, exercem baixa influência e não são consideradas como condições indispensáveis para o desenvolvimento fotovoltaico no Estado da Paraíba e dez barreiras foram classificadas como “significativas”, representando fatores importantes, porém, não limitantes para o desenvolvimento fotovoltaico no Estado.

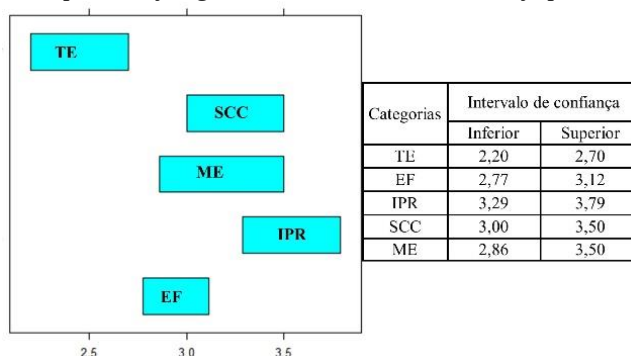
As barreiras classificadas como significativas foram: EF_2 (longo período para retorno de capital), EF_4 (inexistência de uma instituição financeira que apoie as fontes renováveis de energia), EF_5 (falta de acesso ao crédito pelo consumidor), IPR_1 (falta de instituições e/ou

mecanismos para divulgar informações), IPR_5 (excesso de Burocracia: Restrições quanto à localização, construção e interconexão), SCC_2 (falta de informação e consciência do consumidor), SCC_3 (pobreza e baixa acessibilidade doméstica), SCC_4 (falta de engajamento local), ME_2 (acesso restrito à tecnologia) e ME_5 (excesso de impostos).

Como extremamente significativas foram enquadradas apenas três barreiras, sendo consideradas de fato como fatores limitantes no Estado da Paraíba, segundo a percepção dos respondentes. As três principais barreiras foram: EF_1 (alto custo do capital inicial), IPR_6 (falta de políticas governamentais adequadas) e IPR_7 (falta de compromisso político).

De posse desses resultados, foi elaborada a representação gráfica das categorias, as quais tiveram os intervalos de confiança calculados por meio da estatística de Wilcoxon, com 95% de confiança, como pode ser observado na Figura 25.

Figura 25 - Representação gráfica e intervalos de confiança para as categorias



Fonte: Dados da pesquisa (*software R*)

Nota-se, a partir da Figura 25, que quanto mais perto o intervalo de confiança da categoria estiver do número cinco, maior será a interferência da categoria no desenvolvimento fotovoltaico no Estado da Paraíba. E quanto mais perto o intervalo de confiança estiver do número um, menor será o nível de interferência. Desse modo, nota-se que a categoria que exerce maior influência no desenvolvimento fotovoltaico no Estado da Paraíba é a categoria institucional, político e regulamentar (IPR) e a categoria que exerce menor influência é a técnica (TE).

4.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, constata-se que apesar das condições naturais da Paraíba serem favoráveis, pois têm um nível de irradiação solar elevado, não há um aproveitamento adequado desse potencial energético. Na concepção dos respondentes, 13 barreiras têm influência sobre

o desenvolvimento da energia fotovoltaica no Estado. No entanto, 03 delas têm um impacto determinante, segundo a análise estatística, quais sejam: a) alto custo do capital inicial; b) falta de políticas governamentais adequadas; c) falta de compromisso político. Sobre estas:

A respeito da barreira de alto custo do capital inicial, conclui-se que apesar dos custos inerentes à implantação dos sistemas fotovoltaicos terem reduzido em todo o Brasil, chegando a R\$ 8,58 para a faixa de 5kWp em 2015 (IDEAL, 2015), esse fator ainda continua sendo um dos grandes empecilhos para a sua popularização. Além disso, a existência de poucas instituições financeiras que promovem esse tipo de sistema acarreta muitas vezes um monopólio de mercado, com o emprego de juros altos e burocracia em excesso, o que dificulta o acesso por parte do consumidor final.

De fato, podemos citar apenas o Banco do Nordeste e o BNDS que apresentam, respectivamente, taxas de juros de 9% e 7,5% aa para pessoas jurídicas (exclusivamente) e o Banco do Brasil os juros de 12,75%aa para o Agronegócio, e a Caixa Econômica com juros são de 26% aa para o programa Construcard, que é destinado a pessoas físicas.

Com base no observado, fica claro que os programas de financiamento não são atrativos para pessoas físicas que desejam instalar o sistema em sua residência, tendo estas muitas vezes que adquirir os equipamentos através de pagamento à vista, o que demanda além do poder aquisitivo uma percepção real das vantagens que instiguem a disposição em investir. Tanto é assim que 44% dos entrevistados residenciais detinham uma renda acima de 10 mil reais.

Mas isso não é uma situação constatada apenas no Brasil, em países como Alemanha, China e Japão, também houve dificuldades iniciais relativas ao alto custo do aparelhamento em instalações fotovoltaicas, mas que puderam ser superadas por meio da facilitação de crédito, financiamento e subsídios, de maneira a torná-los mais atrativos para o consumidor final, sendo ele residencial ou comercial.

Quanto à barreira institucional, político e regulamentar, durante a pesquisa, é notória a inexistência de instituições e mecanismos que promovam e disseminem informações sobre esse sistema. Pouca ou nenhuma publicidade limita a sua abrangência, de maneira que grande parte dos proprietários possuem um nível de instrução que os permitem obter informações por conta própria, a exemplo disso, cerca de 70% dos proprietários possuem nível superior, dos quais 33% possuem pós-graduação. Para superar essa barreira, muitos países iniciaram programas informativos para promover as fontes renováveis de energia. As partes interessadas são educadas e apresentadas às ferramentas adequadas para avaliar e implementar tais fontes.

As campanhas são de natureza geral e também têm como alvo a promoção de produtos específicos de fontes renováveis de energia.

Outra barreira significativa, e que foi muito citada entre os proprietários, é o excesso de burocracia necessária para a instalação do sistema. De acordo com relatos dos proprietários, a Energisa, distribuidora de energia da Paraíba, exige uma vasta gama de documentos, várias visitas ao local e seus operadores e atendentes apresentam falta de conhecimento técnico sobre o assunto.

No que se refere à falta compromisso e de políticas governamentais adequadas apontadas pelos respondentes, nota-se que a escassez de políticos que se comprometam e lutem por ideias de caráter renovável limitam o progresso da realidade prática sobre o tema, pois é mínimo o interesse em criar uma pauta que discuta uma estratégia efetiva de estímulo à energia solar, seja através de subsídios, incentivos fiscais ou mecanismos de facilitação do crédito.

Nos países onde os governos são os principais atores do setor de energia, sua participação na elaboração de planos para a promoção das energias renováveis é essencial. Apesar de observar isso na implantação de leis como a Lei nº 10.848/2004, na resolução normativa da ANEEL nº 482/2012 e em outros projetos de leis, é uma causa sensível e carente de representação política.

Diante deste panorama, observa-se que os resultados apresentados quanto às principais dificuldades da Paraíba em desenvolver-se na inserção de sistemas fotovoltaicos refletem muitas dificuldades que o Brasil de uma forma geral enfrenta. Apenas quando se investir em programas informativos sobre a tecnologia, políticas de incentivos, por meio de financiamentos ou subsídios, e se tiver um compromisso firme do Estado com as metas traçadas é que se alcançará resultados significativos.

5. CONCLUSÕES

A geração de energia elétrica por sistemas fotovoltaicos já é uma realidade que vem galgando cada vez mais espaço mundo afora, no entanto, o potencial brasileiro para este tipo de energia vem sendo subaproveitado. Embora se tenha percebido nos últimos anos alguns esforços direcionados à inserção da energia fotovoltaica no país, como a realização de leilões e a criação de uma regulamentação de geração distribuída, ainda há muito o que se progredir para alcançar um resultado exitoso.

Constatou-se, segundo o consenso doutrinário, quais são as principais barreiras que podem se impor ao avanço da energia fotovoltaica. Estas barreiras estão enquadradas em cinco categorias, quais sejam: técnica; econômica e financeira; institucionais; mercados; social, cultural e comportamental. A partir dessas informações, explanou-se alternativas viáveis à superação das mesmas, que ocorre através de mecanismos de incentivos, brevemente abordados no capítulo 02.

Fez-se necessário, ao longo da pesquisa, observar os países que obtiveram sucesso no desenvolvimento da energia fotovoltaica, compreendendo como estes superaram suas dificuldades e se tornaram líderes no mercado, fazendo com isto um comparativo com a situação do Brasil.

Conforme observado, o fator comum entre todos os países analisados (Japão, Alemanha e China) é a interferência de políticas públicas com metas ambiciosas, programadas de forma a estimular uma nação a adotar um novo modelo de exploração. Os países citados comprometeram-se com suas metas e direcionaram a população para um novo modelo energético.

Não se observou um padrão específico de política bem-sucedida, foram vários os incentivos observados, uns adotaram o *net-metering*, outros subsídios e feed-in, e outros o sistema de financiamento, mas o que foi determinante foi a adequação à realidade nacional.

No Brasil, infelizmente, não há essa posição firme por parte do governo, de criar políticas engajadas, com compromissos sólidos a serem cumpridos. Os planejamentos objetivam, em sua maioria, resultados a longo prazo, como é o caso do sistema de leilões, que estimula grandes empreendimentos, mas desincentiva os sistemas residenciais.

Além disso, fatores como instrução, poder aquisitivo, excesso de burocracia, interferem diretamente no crescimento da energia fotovoltaica no país.

No capítulo 04, buscou-se apresentar os resultados de uma pesquisa de âmbito local, realizada com o objetivo de identificar quais seriam as principais barreiras ao desenvolvimento

da energia fotovoltaica no Estado da Paraíba, pois embora esta tenha um dos melhores níveis de irradiação solar do Brasil, tem resultados bastante inferiores quando comparada a outros estados nordestinos, como Ceará e Pernambuco.

Para tanto, foi aplicado um questionário a um grupo de *stakeholders* composto por proprietários de sistemas residenciais; empresas e técnicos atuantes no ramo; e professores da área. Para analisar os dados obtidos, utilizou-se o método estatístico de Wilcoxon e Kruskal-Wallis, que possibilitou identificar quais são as barreiras com maior nível de interferência para o progresso da energia fotovoltaica no estado da Paraíba. Além disso, observou-se se houve significativa variação de respostas entre as categorias de respondentes, de modo a extrair se os grupos apresentavam divergências entre si.

Constatou-se que, na visão dos stakeholders, as principais barreiras que limitam o desenvolvimento da energia fotovoltaica no Estado são: alto custo do capital inicial, falta de políticas governamentais adequadas e falta de compromisso político. De fato, observa-se que tal resultado reflete muito da realidade nacional, pois todos esses fatores dificultam a popularização dos sistemas fotovoltaicos de uma maneira geral.

O alto custo inicial é um grande desafio a ser superado. A maioria dos proprietários de sistemas solares no país e na Paraíba, hoje, são as famílias de média ou alta renda, que detêm imóvel de elevado valor e que busca na energia fotovoltaica uma forma de atenuar gastos com energia elétrica.

A inflação energética observado ano após ano, juntamente com o declínio nos custos dos sistemas solares, têm oportunizado o retorno do capital no período de 4 a 6 anos para os adquirentes de um sistema residencial. No entanto, possibilita uma economia ao proprietário por 25 anos, além de refletir em uma imediata valorização do imóvel, muitas vezes equiparando-se essa valorização ao próprio valor de compra do sistema.

Uma pesquisa recente do Datafolha (MANSUR, 2016) apontou que mais de 70% da população entrevistada demonstra interesse em comprar um sistema fotovoltaico, se houvesse a possibilidade de financiá-lo a baixos juros, o que evidencia que a popularização do sistema seria viável com alternativas de financiamentos a baixo custo e subsídios governamentais.

Para além dos benefícios econômicos, a utilização das fontes solares de energia auxilia no combate às fontes de combustíveis fósseis, que interferem diretamente nas mudanças climáticas e cujas consequências são umas das grandes bandeiras levantadas no Século XXI. Embora a matriz energética brasileira seja majoritariamente limpa, por advir em sua maioria das hidrelétricas, há uma dependência muito grande do elemento água. Em momentos de seca

e estiagem há imediato reflexo nas tarifas de energia, submetendo o usuário final a constantes oscilações nos valores de suas contas.

Nesse sentido, já há uma preocupação do governo em diversificar a nossa matriz e evitar esse tipo de situações, sendo a energia solar uma das alternativas viáveis para atingir tal fim. No entanto, essa é uma pauta que ainda carece da devida atenção. A falta de políticas governamentais e a falta de compromisso político, que estão diretamente associados, refletem uma ausência de iniciativa do governo em empenhar esforços para tornar este sistema factível. Afinal, como demonstrado ao longo dessa pesquisa, os países que obtiveram sucesso apresentaram uma atuação comprometida do Estado, tornando viável este modelo energético.

Desse modo, afirmamos que, dentre tantas, as principais medidas iniciais a serem firmadas para alavancar a energia solar como uma realidade acessível na Paraíba e também no Brasil como um todo, têm cunho econômico e principalmente político.

REFERÊNCIA

- ABOLHOSSEINI, S.; HESHMATI, A. The main support mechanisms to finance renewable energy development. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 40, p. 876-885, 2014.
- ABDMOULEH, Z.; ALAMMARI, R.; GASTLI, A. Review of policies encouraging renewable energy integration & best practices. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 45, p. 249-262, 2015.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA [ANEEL]. (2012). **Resolução normativa nº 481**, de 17 de abril de 2012.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA [ANEEL]. (2011). **Chamada no 013/2011 projeto estratégico**: “arranjos técnicos e comerciais para inserção da geração solar fotovoltaica na matriz energética brasileira”. Brasília, DF, Brasil.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA [ANEEL]. (2017). **Consulta ao cadastro de empreendimentos da ANEEL com os respectivos CEG**. Recuperado em 25 de dezembro de 2017, de http://www2.aneel.gov.br/scg/Consulta_Empreendimento.asp.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA [ANEEL]. (2017). **Geração distribuída**. Recuperado em 22 de dezembro de 2017, de <http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/VerGD.asp>.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. **Acompanhamento das centrais geradoras fotovoltaicas**. 2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. **Unidades consumidoras com geração ditribuída**. 2017. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/outorgas/geracao/-/asset_publisher/mJhnKli7qcJG/content/registro-de-central-geradora-de-capacidade-reduzida/655808?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Foutorgas%2Fgeracao%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_mJhnKli7qcJG%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D2. Acessado em: 20 de novembro de 2017.
- ALVES, J. (2010). **China- o imperativo das energias renováveis**, 2010. Recuperado em 03 de fevereiro de 2017, de http://www.leadership-bg.com/index.php?option=com_content&id=384&Itemid=18&lang=pt
- AHLBORG, Helene; HAMMAR, Linus. Drivers and barriers to rural electrification in Tanzania and Mozambique–Grid-extension, off-grid, and renewable energy technologies. **Renewable Energy**, v. 61, p. 117-124, 2014.
- ANSARI, Md Fahim et al. Analysis of barriers to implement solar power installations in India using interpretive structural modeling technique. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 27, p. 163-174, 2013.
- AZADIAN, Farshad; RADZI, M. A. M. A general approach toward building integrated photovoltaic systems and its implementation barriers: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 22, p. 527-538, 2013

BALCOMBE, Paul; RIGBY, Dan; AZAPAGIC, Adisa. Motivations and barriers associated with adopting microgeneration energy technologies in the UK. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 22, p. 655-666, 2013.

BECK, F.; MARTINOT, E. Renewable energy policies and barriers. **Encyclopedia of energy**, v. 5, n. 7, p. 365-383, 2004

BICALHO, R., & SOUZA, F. (2012). **A China e o futuro das energias limpas**. Recuperado em 05 de fevereiro de 2017, de <https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2012/05/a-china-e-o-futuro-das-energias-limpas/18876>.

BROWN, Marilyn A. Market failures and barriers as a basis for clean energy policies. **Energy policy**, v. 29, n. 14, p. 1197-1207, 2001.

CHEN, W., KIM, H., & YAMAGUCHI, H. (2014). Renewable energy in eastern Asia: Renewable energy policy review and comparative SWOT analysis for promoting renewable energy in Japan, South Korea, and Taiwan. **Energy Policy**, v. 74, p. 319-329.

CHOWDHURY, S., SUMITA, U., ISLAM, A., & BEDJA, I. (2014). Importance of policy for energy system transformation: diffusion of PV technology in Japan and Germany. **Energy policy**, v. 68, p. 285-293.

COSTA, R. C.; PRATES, C. P. T. **O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 21, p. 5-30, 2005.

DE FARIA, Haroldo; TRIGOSO, Federico BM; CAVALCANTI, João AM. Review of distributed generation with photovoltaic grid connected systems in Brazil: Challenges and prospects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 75, p. 469-475, 2017.

DINIZ, Antonia Sônia AC et al. Review of the photovoltaic energy program in the state of Minas Gerais, Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 6, p. 2696-2706, 2011.

DINCER, F. (2011). The analysis on photovoltaic electricity generation status, potential and policies of the leading countries in solar energy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 1, p. 713-720.

DICKSON, C. (2016). **Top markets report renewable energy**: a market assessment tool for U.S. exporters. International Trade Administration.

DUTRA, R. M. **Propostas de políticas específicas para energia eólica no Brasil após a primeira fase do PROINFA**. 2007. Tese do programa de pós-graduação em engenharia (Doutorado), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA [EPE]. (2016). **EPE cadastra 428 projetos com oferta de 10.195 MW para 1º LER 2016**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA [EPE]. (2016). **Retrato dos novos projetos solares fotovoltaicos no brasil**: base de projetos habilitados tecnicamente para o 2º Leilão de Energia de Reserva de 2016. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional 2017: Ano base 2016**. Rio de Janeiro, 2017.

ENGELKEN, Maximilian et al. Comparing drivers, barriers, and opportunities of business models for renewable energies: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 60, p. 795-809, 2016.

ENZENSBERGER, N.; WIETSCHEL, M.; RENTZ, O. Policy instruments fostering wind energy projects—a multi-perspective evaluation approach. **Energy Policy**, v. 30, n. 9, p. 793-801, 2002.

FINON, D.; MENANTEAU, P.; LAMY, M. Price-based versus quantity-based approaches for stimulating the development of renewable electricity: new insights in an old debate. In: **IAEE Conference "Innovation and Maturity in Energy Markets: Experience and Prospects"**. Aberdeen. 2002. p. 29.

FRANÇA, V. C. L. **Inserção da energia fotovoltaica no brasil**: uma avaliação de incentivos. 2016. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

FULTON, M., & MELLQUIST, N. (2011). **The German feed-in tariff for PV**: managing volume success with price response. Deutsche Bank Group—DB Climate Change Advisors.

GRAU, T., HUO, M., & NEUHOFF, K. (2011). Survey of photovoltaic industry and policy in Germany and China. **Climate Policy Initiative**. Berlin.

GRÜNDINGER, W. (2015). **What drives the Energiewende?** New German Politics and the Influence of Interest Groups. *Dissertação (PHD)*. Humboldt-Universität zu Berlin. Berlin, Alemanha.

HAMAKAWA, Y., & TOMA, K. (1993). **New sunshine program and recent advances in solar energy technologies in japan**. UNESCO. Paris.

HANCEVIC, Pedro I.; NUÑEZ, Héctor; ROSELLÓN, Juan. **Distributed Photovoltaic Power Generation: Possibilities, Benefits, and Challenges for a Widespread Application in the Mexican Residential Sector**. 2017.

HERBES, Carsten et al. Responding to policy change: New business models for renewable energy cooperatives—Barriers perceived by cooperatives' members. **Energy Policy**, v. 109, p. 82-95, 2017.

HE, Z. ET AL. (2017). Impact of urbanization on energy related CO2 emission at different development levels: regional difference in China based on panel estimation. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 1719-1730.

HIL INTERNATIONAL LAWYERS & ADVISERS. (2012). **Solar energy in China**: Legal knowledge portal. Recuperado em 26 de janeiro de 2017 de <http://legalknowledgeportal.com/2012/02/22/solar-energy-in-china/>.

HOVE, A. (2017). **Understanding china's latest solar five-year plan**. Recuperado em 06 de junho de 2017, de <http://www.paulsoninstitute.org/paulson-blog/2017/03/06/understanding-chinas-latest-solar-five-year-plan/>.

HUENTELER, J.; SCHMIDT, T. S.; KANIE, N. (2012). Japan's post-Fukushima challenge—implications from the German experience on renewable energy policy. **Energy Policy**, v. 45, p. 6-11.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY [IEA]. (2016). **Key world energy trends excerpt from: World energy balances, 2016**. Recuperado em 13 de outubro de 2016, de www.iea.org/statistics/topics/energybalances/.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY [IEA]. (2016). **Photovoltaic power systems programme: annual report 2016**. Recuperado em 20 de julho de 2017, de http://www.iea-pvps.org/index.php?id=6&tx_damfrontend_pi1=&tx_damfrontend_pi1%5BcatPlus%5D=&tx_damfrontend_pi1%5BcatEquals%5D=&tx_damfrontend_pi1%5BcatMinus%5D=&tx_damfrontend_pi1%5BcatPlus_Rec%5D=87&tx_damfrontend_pi1%5BcatMinus_Rec%5D=&tx_damfrontend_pi1%5BtreeID%5D=1190&tx_damfrontend_pi1%5Bid%5D=6.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). (2013). **Photovoltaic power systems programme: annual report 2013**. Suíça.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, IEA. **Key world energy trends excerpt from: World energy balances, 2016**. Disponível em: <
www.iea.org/statistics/topics/energybalances/>. Acessado em: 13 de outubro de 2016.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, IEA. **Photovoltaic power systems programme – annual report 2016**. Suíça, 2016.

INSTITUTO PARA O DESENVOLVIMENTO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS NA AMÉRICA LATINA [IDEAL]. (2016). **O mercado brasileiro de geração distribuída fotovoltaica**. Florianópolis, SC, Brasil.

INDEXMUNDI. **Petróleo bruto preço mensal**. Recuperado em 20 de julho de 2017, de <http://www.indexmundi.com/pt/pre%E7os-de-mercado/?mercadoria=petr%C3%B3leo-bruto&meses=300>.

JAFFE, A. B.; STAVINS, R. N. The energy-efficiency gap What does it mean? **Energy policy**, v. 22, n. 10, p. 804-810, 1994

JANET, L. et al. (2016). Renewables 2016: global status report. **Renewable Energy Policy Network for the 21th Century (REN21)**.

JAYARAMAN, K.; PARAMASIVAN, Lavinsaa; KIUMARSI, Shaian. Reasons for low penetration on the purchase of photovoltaic (PV) panel system among Malaysian landed property owners. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 80, p. 562-571, 2017.

JONES, L. **China's national solar subsidy programs**. China policy in focus. Recuperado em 25 de Janeiro de 2017, de <https://sites.google.com/site/chinapolicyinfocus/china-s-solar-subsidy-programs/china-s-solar-industry/china-s-national-solar-subsidy-programs>.

KARATAYEV, Marat et al. Renewable energy technology uptake in Kazakhstan: Policy drivers and barriers in a transitional economy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 66, p. 120-136, 2016.

KARAKAYA, Emrah; SRIWANNAWIT, Pranpreya. Barriers to the adoption of photovoltaic systems: The state of the art. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 49, p. 60-66, 2015.

LANG, M., & LANG, A. (n.d.). **Overview renewable energy source act**. Recuperado em 02 de Fevereiro de 2017, de http://www.germanenergyblog.de/?page_id=283.

MANSUR, A. **Pesquisa revela que brasileiros querem ter placa solar no telhado**. Época, 2016. Disponível em: <https://epoca.globo.com/ciencia-e-meio-ambiente/blog-do-planeta/noticia/2016/11/pesquisa-revela-que-brasileiros-querem-ter-placa-solar-no-telhado11.html>. Acessado em: 09/10/2018.

MARTINS, J. M. C. **Estudo dos principais mecanismos de incentivo às fontes renováveis alternativas de energia no setor elétrico**. 2010. Dissertação de mestrado acadêmico, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

MARTINOT, E. Global renewable energy markets & policies. **New Academy Review**, v. 3, p. 56-67, 2004.

MATEO, Carlos et al. Overcoming the barriers that hamper a large-scale integration of solar photovoltaic power generation in European distribution grids. **Solar Energy**, v. 153, p. 574-583, 2017.

MING, Zeng et al. Overall review of distributed energy development in China: Status quo, barriers and solutions. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 50, p. 1226-1238, 2015.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, MME. (2016). **Energia solar no Brasil e mundo: ano de referência – 2015**. 2016. Recuperado em 20 de julho de 2017, de [www.mme.gov.br /](http://www.mme.gov.br/).

NASCIMENTO, R. L. (2017). **Energia solar no Brasil: situação e perspectivas**. Câmara dos Deputados. Brasília, Brasil.

NAKATA, T., KUBO, K., & LAMONT, A. (2005). Design for renewable energy systems with application to rural areas in Japan. **Energy Policy**, v. 33, n. 2, p. 209-219.

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY, NREL. Disponível em: <https://maps.nrel.gov/swera/#/?aL=0&bL=groad&cE=0&lR=0&mC=49.84595314736933%2C-146.84051513671875&zL=9>. Acessado em: 03 de junho de 2017.

OWEN, Anthony D. Renewable energy: Externality costs as market barriers. **Energy policy**, v. 34, n. 5, p. 632-642, 2006

PAINULY, J. P. Barriers to renewable energy penetration; a framework for analysis. **Renewable energy**, v. 24, n. 1, p. 73-89, 2001.

PLANO DECENAL DE EXPANSÃO DE ENERGIA 2026 [PDEE]. (2017). Ministério de Minas e Energia. **Empresa de Pesquisa Energética**. Brasília, Brasil.

PLANO DECENAL DE EXPANSÃO DE ENERGIA 2024 [PDEE]. (2015). Ministério de Minas e Energia. **Empresa de Pesquisa Energética**. Brasília, Brasil.

PHILIBERT, C. et al. **Solar energy perspectives**. International energy agency. França, 2011.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL-CRESESB6., 2014. p 293-349.

PORTAL BRASIL. (2016). **Brasil estará entre os 20 países com maior geração solar em 2018**. Recuperado em 18 de julho de 2017, de <http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2016/01/brasil-estara-entre-os-20-paises-com-maior-geracao-solar-em-2018>.

PORTAL SOLAR. **Conceito de net metering: geração própria de energia e banco de crédito**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/incentivos-a-energia-solar/conceito-de-net-metering-geracao-propria-de-energia-e-banco-de-creditos.html>. Acessado em: 01 de fevereiro de 2018.

RAI, Varun; REEVES, D. Cale; MARGOLIS, Robert. Overcoming barriers and uncertainties in the adoption of residential solar PV. **Renewable Energy**, v. 89, p. 498-505, 2016.

REDDY, Sudhakar; PAINULY, Jyoti Prasad. Diffusion of renewable energy technologies—barriers and stakeholders’ perspectives. **Renewable Energy**, v. 29, n. 9, p. 1431-1447, 2004.

REZENDE, Marcelo Lacerda et al. Utilização da análise fatorial para determinar o potencial de crescimento econômico em uma região do sudeste do Brasil. **Economia e Desenvolvimento**, n. 19, 2007.

RUBENS NÓBREGA. **João Pessoa em 12º no ranking da energia solar**. 2016. Disponível em: <http://blogs.jornaldaparaiba.com.br/rubensnobrega/2016/08/24/joao-pessoa-em-12o-no-ranking-da-energia-solar/>. Acessado em: 05 de setembro de 2017.

SAWIN, J. L. et al. **Renewables 2017 global status report**. Renewables energy policy network for the 21st century. 2017.

SALAMONI, I., & RÜTHER, R. (2007). **Potencial Brasileiro da Geração Solar Fotovoltaica conectada à Rede Elétrica**: Análise de Paridade de Rede. In: IX ENCONTRO NACIONAL E V LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. [s.n.], 2007, Ouro Preto. Anais... Ouro Preto.

SCHMELA, M. et al. **Global Market outlook for solar power 2017-2021**. Solar Power Europe. Suécia, 2017.

SCHMELA, M. **Global Market Outlook for solar power 2016-2020**. SolarPowerEurope, Bélgica, 2016.

SHEN, J.; LUO, C. Overall review of renewable energy subsidy policies in China – Contradictions of intentions and effects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 41, p. 1478-1488, 2015.

SINDHU, Sonal; NEHRA, Vijay; LUTHRA, Sunil. Identification and analysis of barriers in implementation of solar energy in Indian rural sector using integrated ISM and fuzzy MICMAC approach. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 62, p. 70-88, 2016.

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

SORRELL, S. et al. **Barriers to energy efficiency in public and private organisations**. Environment and energy programme. 2000. Disponível em: <http://www.sussex.ac.uk/Units/spru/publications/reports/barriers/final.html>. Acessado em: 20 de setembro de 2017.

SOLAR POWER EUROPE. (2016). **Global market outlook for solar power 2016-2020**. Recuperado em 10 de setembro de 2016, de <http://www.solarpowereurope.org/home/>.

SOLAR POWER EUROPE. (2017). **Global market outlook for solar power 2017-2021**. Recuperado em 10 de setembro de 2017, de <http://www.solarpowereurope.org/home/>

SOLAR AND WIND ENERGY RESOURCE ASSESSMENT [SWERA]. (n.d). NREL **Maps**. Recuperado em 10 de agosto de 2017, de <https://maps.nrel.gov/swera/#/?aL=0&bL=groad&cE=0&lR=0&mC=40.21244%2C-91.625976&zL=4>.

SUTHERLAND, Ronald J. Market barriers to energy-efficiency investments. **The Energy Journal**, p. 15-34, 1991.

TAYLOR, M. et al. (2015). **Renewable power generation costs in 2014**. International Renewable Energy Agency.

TRADING ECONOMICS. (n.d.). Recuperado em 04 de outubro de 2017, de <https://pt.tradingeconomics.com>.

TIMILSINA, G. R.; KURDGELASHVILI, L.; NARBEL, P. A. A review of solar energy: markets, economics and policies. The World Bank development research group. **Policy Research Working Paper**, v. 5845, 2011.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). (2008). **New sunshine program**, 2008. Recuperado em 02 de julho de 2017 <https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=view&type=99&nr=178&menu=144>.

VARELLA, F., & GOMES, R. (2009). **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica no Brasil**: panorama da atual legislação. IEI - International energy initiative. Campinas, SP, Brasil.

VERBRUGGEN, Aviel et al. Renewable energy costs, potentials, barriers: Conceptual issues. **Energy policy**, v. 38, n. 2, p. 850-861, 2010.

WIRTH, H., & SCHNEIDER, K. (2015). **Recent facts about photovoltaics in Germany**. Fraunhofer ISE, p. 92.

XAVIER, G. A. et al. (2015). **Análise de externalidades da geração fotovoltaica distribuída no Brasil**. 2015. Tese do programa de pós-graduação em engenharia agrícola (Doutorado), Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

XIONG, Y.; YANG, X. (2016). Government subsidies for the chinese photovoltaic industry. **Energy policy**, v. 99, p. 111-119.

XIN-GANG, Zhao et al. The barriers and institutional arrangements of the implementation of renewable portfolio standard: A perspective of China. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 30, p. 371-380, 2014.

YAMADA, H. (2015). **National survey report of PV power application in Japan 2015**. International Energy Agency.

YU, H. J. J., POPIOLEK, N., & GEOFFRON, P. (2014). **Solar photovoltaic energy policy and globalization: a multiperspective approach with case studies of Germany, Japan, and China**. Progress in Photovoltaics: Research and Applications, v. 24, n. 4, p. 458-476.

ZILLES, R. (2008). **Geração distribuída com sistemas fotovoltaicos**. 1ª Reunião do Grupo de Trabalho GT-GDSF, v. 15.

ZHANG, Xiaoling; SHEN, Liyin; CHAN, Sum Yee. The diffusion of solar energy use in HK: What are the barriers? **Energy Policy**, v. 41, p. 241-249, 2012.

ZHANG, Fang et al. Analysis of distributed-generation photovoltaic deployment, installation time and cost, market barriers, and policies in China. **Energy policy**, v. 81, p. 43-55, 2015.

APÊNDICE 1 – QUESTIONARIO APLICADO AOS PROPRIETÁRIOS



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção



QUESTIONÁRIO

Estamos realizando uma pesquisa com fins acadêmicos, parte do projeto de dissertação de Rafael de Carvalho Cavalcante, que almeja identificar as principais barreiras para o desenvolvimento da energia solar fotovoltaica na Paraíba. Nesse âmbito gostaríamos de contar com a sua colaboração, respondendo as questões a seguir.

Nome:

1. Qual a sua idade?

() até 25 anos; () de 26 a 40 anos; () de 41 a 55 anos; () acima de 56 anos

2. Qual o seu grau de instrução?

() 1º grau completo; () 2º grau completo/nível técnico; () superior completo; () pós-graduação

3. Qual sua renda familiar?

() até R\$ 5.000,00; () entre R\$ 5.000,00 e R\$ 10.000,00; () entre R\$10.000,00 e R\$ 15.000,00; () entre R\$ 15.000,00 e R\$ 20.000,00; () acima de R\$ 20.000,00

4. Você está satisfeito com o sistema fotovoltaico implantado em sua residência?

() Sim () Não

5. Assinalar, em uma escala de 1 a 5, o grau de importância das barreiras abaixo. Onde o “1” na escala indica as barreiras de menor importância (interfere menos) e “5” as de extrema importância (interfere mais) no desenvolvimento da energia fotovoltaica na Paraíba.

CATEGORIAS	BARREIRAS	GRAU DE IMPORTÂNCIA				
		1	2	3	4	5
TÉCNICA	Baixa eficiência energética	()	()	()	()	()
	Falta de padrão e códigos e certificação	()	()	()	()	()
	Falta de pessoal qualificado / instalações de treinamento	()	()	()	()	()
	Produto não confiável	()	()	()	()	()
	Pouco incentivo em P&D	()	()	()	()	()
	Alto custo de capital inicial	()	()	()	()	()
	Longo período para retorno de capital	()	()	()	()	()
	Alto custo de manutenção	()	()	()	()	()
	Inexistência de uma instituição financeira que apoie as fontes renováveis de energia.	()	()	()	()	()

ECONÔMICO E FINANCEIRO	Falta de acesso ao crédito pelo consumidor	()	()	()	()	()
	Mercado pequeno	()	()	()	()	()
	Flutuação do preço do combustível fóssil	()	()	()	()	()
	Falta de rentabilidade	()	()	()	()	()
	Subsídios elevados para fontes concorrentes e poluidoras (Combustíveis fóssil)	()	()	()	()	()
INSTITUCIONAL, POLÍTICO E REGULAMENTAR	Falta de instituições / mecanismos para divulgar informações	()	()	()	()	()
	Falta de um quadro legal / regulamentar	()	()	()	()	()
	Choque de interesses	()	()	()	()	()
	Falta de instituições profissionais	()	()	()	()	()
	Excesso de Burocracia: Restrições quanto à localização, construção e interconexão	()	()	()	()	()
	Falta de políticas governamentais adequadas	()	()	()	()	()
	Falta de compromisso político	()	()	()	()	()
SOCIAL, CULTURAL E COMPORTAMENTAL	Não aceitação do produto pelo consumidor	()	()	()	()	()
	Falta de informação e consciência do consumidor	()	()	()	()	()
	Pobreza e baixa acessibilidade doméstica	()	()	()	()	()
	Falta de engajamento local	()	()	()	()	()
MERCADO	Controle do setor energético	()	()	()	()	()
	Acesso restrito à tecnologia	()	()	()	()	()
	Baixa concorrência	()	()	()	()	()
	Falta de infraestrutura de mercado	()	()	()	()	()
	Excesso de impostos	()	()	()	()	()
	Barreiras comerciais	()	()	()	()	()
	Falta de habilidades comerciais	()	()	()	()	()

APÊNDICE 2 – QUESTIONARIO APLICADO AOS EMPRESÁRIOS



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Tecnologia - Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Produção



QUESTIONÁRIO APLICADO JUNTO AOS STAKEHOLDERS

Estamos realizando uma pesquisa com fins acadêmicos, parte do projeto de dissertação de Rafael de Carvalho Cavalcante, que almeja identificar as principais barreiras para o desenvolvimento da energia solar fotovoltaica na Paraíba. Nesse âmbito gostaríamos de contar com a sua colaboração, respondendo as questões a seguir.

1. Quantidade de funcionários com carteira assinada e terceirizados?

- () funcionários com carteira assinada
() funcionários terceirizados

2. Quantidade de sistemas fotovoltaicos instalados?

- () Sistemas isolados
() Sistemas conectados à rede
() Sistemas mistos

3. Capacidade instalada?

- () kW de Sistemas isolados
() kW de Sistemas conectados à rede
() kW de Sistemas mistos

4. Assinalar, em uma escala de 1 a 5, o grau de importância das barreiras abaixo. Onde o “1” na escala indica as barreiras de menor importância (interfere menos) e “5” as de extrema importância (interfere mais) no desenvolvimento da energia fotovoltaica na Paraíba.

CATEGORIAS	BARREIRAS	GRAU DE IMPORTÂNCIA				
		1	2	3	4	5
TÉCNICA	Baixa eficiência energética	()	()	()	()	()
	Falta de padrão e códigos e certificação	()	()	()	()	()
	Falta de pessoal qualificado / instalações de treinamento	()	()	()	()	()
	Produto não confiável	()	()	()	()	()
	Pouco incentivo em P&D	()	()	()	()	()
	Alto custo de capital inicial	()	()	()	()	()
	Longo período para retorno de capital	()	()	()	()	()
	Alto custo de manutenção	()	()	()	()	()

ECONÔMICO E FINANCEIRO	Inexistência de uma instituição financeira que apoie as fontes renováveis de energia.	()	()	()	()	()
	Falta de acesso ao crédito pelo consumidor	()	()	()	()	()
	Mercado pequeno	()	()	()	()	()
	Flutuação do preço do combustível fóssil	()	()	()	()	()
	Falta de rentabilidade	()	()	()	()	()
	Subsídios elevados para fontes concorrentes e poluidoras (Combustíveis fóssil)	()	()	()	()	()
INSTITUCIONAL, POLÍTICO E REGULAMENTAR	Falta de instituições / mecanismos para divulgar informações	()	()	()	()	()
	Falta de um quadro legal / regulamentar	()	()	()	()	()
	Choque de interesses	()	()	()	()	()
	Falta de instituições profissionais	()	()	()	()	()
	Excesso de Burocracia: Restrições quanto à localização, construção e interconexão	()	()	()	()	()
	Falta de políticas governamentais adequadas	()	()	()	()	()
	Falta de compromisso político	()	()	()	()	()
SOCIAL, CULTURAL E COMPORTAMENTAL	Não aceitação do produto pelo consumidor	()	()	()	()	()
	Falta de informação e consciência do consumidor	()	()	()	()	()
	Pobreza e baixa acessibilidade doméstica	()	()	()	()	()
	Falta de engajamento local	()	()	()	()	()
MERCADO	Controle do setor energético	()	()	()	()	()
	Acesso restrito à tecnologia	()	()	()	()	()
	Baixa concorrência	()	()	()	()	()
	Falta de infraestrutura de mercado	()	()	()	()	()
	Excesso de impostos	()	()	()	()	()
	Barreiras comerciais	()	()	()	()	()
	Falta de habilidades comerciais	()	()	()	()	()

APÊNDICE 3 – QUESTIONARIO APLICADO AOS ACADEMICOS



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Tecnologia - Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção



QUESTIONÁRIO APLICADO JUNTO AOS STAKEHOLDERS

Estamos realizando uma pesquisa com fins acadêmicos, parte do projeto de dissertação de Rafael de Carvalho Cavalcante, que almeja identificar as principais barreiras para o desenvolvimento da energia solar fotovoltaica na Paraíba. Nesse âmbito gostaríamos de contar com a sua colaboração, respondendo as questões a seguir.

1. Qual seu nível de escolaridade?

() Técnico; () Superior; () Mestrado; () Doutorado; () Pós-Doutorado

2. Assinalar, em uma escala de 1 a 5, o grau de importância das barreiras abaixo. Onde o “1” na escala indica menor importância e “5” de extrema importância

CATEGORIAS	BARREIRAS	GRAU DE IMPORTÂNCIA				
		1	2	3	4	5
TÉCNICA	Baixa eficiência energética	()	()	()	()	()
	Falta de padrão e códigos e certificação	()	()	()	()	()
	Falta de pessoal qualificado / instalações de treinamento	()	()	()	()	()
	Produto não confiável	()	()	()	()	()
	Pouco incentivo em P&D	()	()	()	()	()
ECONÔMICO E FINANCEIRO	Alto custo de capital inicial	()	()	()	()	()
	Longo período para retorno de capital	()	()	()	()	()
	Alto custo de manutenção	()	()	()	()	()
	Inexistência de uma instituição financeira que apoie as fontes renováveis de energia.	()	()	()	()	()
	Falta de acesso ao crédito pelo consumidor	()	()	()	()	()
	Mercado pequeno	()	()	()	()	()
	Flutuação do preço do combustível fóssil	()	()	()	()	()
	Falta de rentabilidade	()	()	()	()	()

	Subsídios elevados para fontes concorrentes e poluidoras (Combustíveis fóssil)	()	()	()	()	()
INSTITUCIONAL, POLÍTICO E REGULAMENTAR	Falta de instituições / mecanismos para divulgar informações	()	()	()	()	()
	Falta de um quadro legal / regulamentar	()	()	()	()	()
	Choque de interesses	()	()	()	()	()
	Falta de instituições profissionais	()	()	()	()	()
	Excesso de Burocracia: Restrições quanto à localização, construção e interconexão	()	()	()	()	()
	Falta de políticas governamentais adequadas	()	()	()	()	()
	Falta de compromisso político	()	()	()	()	()
SOCIAL, CULTURAL E COMPORTAMENTAL	Não aceitação do produto pelo consumidor	()	()	()	()	()
	Falta de informação e consciência do consumidor	()	()	()	()	()
	Pobreza e baixa acessibilidade doméstica	()	()	()	()	()
	Falta de engajamento local	()	()	()	()	()
MERCADO	Controle do setor energético	()	()	()	()	()
	Acesso restrito à tecnologia	()	()	()	()	()
	Baixa concorrência	()	()	()	()	()
	Falta de infraestrutura de mercado	()	()	()	()	()
	Excesso de impostos	()	()	()	()	()
	Barreiras comerciais	()	()	()	()	()
	Falta de habilidades comerciais	()	()	()	()	()