

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI
GEORGES NAGUIB GIRGIS ELGAMAL

**AS BARREIRAS E PERSPECTIVAS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA
POR PAINÉIS SOLARES FOTOVOLTAICOS NA MATRIZ ENERGÉTICA
BRASILEIRA**

São Paulo
2016

GEORGES NAGUIB GIRGIS ELGAMAL

**AS BARREIRAS E PERSPECTIVAS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA
POR PAINÉIS SOLARES FOTOVOLTAICOS NA MATRIZ ENERGÉTICA
BRASILEIRA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Centro Universitário FEI, como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Mestre em Administração de Empresas, orientada pelo Prof. Dr. Jacques Demajorovic.

São Paulo

2016

Naguib Girgis Elgamal, Georges.

AS BARREIRAS E PERSPECTIVAS PARA GERAÇÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA POR PAINÉIS SOLARES FOTOVOLTAICOS
NA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA / Georges Naguib Girgis
Elgamal. São Paulo, 2016.

97 p. : il.

Dissertação - Centro Universitário FEI.

Orientador: Prof. Dr. Jacques Demajorovic.

1. Energia fotovoltaica. 2. Modelos de geração fotovoltaicos. 3.
Energia solar. 4. Políticas de energias renováveis.. I. Demajorovic,
Jacques, orient. II. Título.

Elaborada pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da FEI com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Aluno: Georges Naguib Girgis Elgamal

Matrícula: 321404-6

Título do Trabalho: "As Barreiras e Perspectivas para Geração de Energia Elétrica por Painéis Solares Fotovoltaicos na Matriz Energética Brasileira"

Área de Concentração: Gestão da Inovação

Orientador: Prof. Dr. Jacques Demajorovic

Data da realização da defesa: 10 / 08 / 2016

Avaliação da Banca Examinadora:

São Paulo, 10 / 08 / 2016.

ORIGINAL ASSINADA

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jacques Demajorovic Ass.: _____

Prof.^a Dr.^a Carmen Augusta Varela Ass.: _____

Prof. Dr. Arthur Henrique C. dos Santos Ass.: _____

A Banca Julgadora acima-assinada atribuiu ao aluno o seguinte resultado:

APROVADO

REPROVADO

VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO

APROVO A VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO EM QUE FORAM INCLUÍDAS AS RECOMENDAÇÕES DA BANCA EXAMINADORA

Aprovação do Coordenador do Programa de Pós-graduação

Prof. Dr. Edmilson Alves de Moraes

Dedico esta dissertação a minha esposa Mirtes Cristina e ao meu filho Victor Georges, responsáveis pela minha motivação, dedicação e inspiração para este Projeto de Mestrado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha esposa Mirtes Cristina pela sua força motivadora e grande apoio e ao meu filho Victor Georges pelo seu incentivo para a realização do Mestrado, sem os quais não teria trilhado mais um importante passo no meu caminho acadêmico.

Agradeço ao Professor Doutor Jacques Demajorovic pela sua dedicação, paciência, espírito crítico e inovador, orientando-me e conduzindo-me no aprendizado para a realização desta dissertação.

Agradeço ao Professor Doutor Edmilson Alves de Moraes pelo apoio dado e à instituição FEI para a realização do Mestrado.

Agradeço à Professora Doutora Carmen Augusta Varela e à Professora Doutora Maria Tereza Saraiva de Souza por me honrarem com a participação na banca examinadora e por suas importantes contribuições.

Agradeço aos professores do Programa de Pós-Graduação em Administração do Centro Universitário da FEI.

Agradeço a minha amiga Eryka Eugênia Fernandes Augusto pela troca de experiência e conhecimento para a realização desta dissertação.

Agradeço a Sra. Carmen da Silva Carlos por todo o apoio no dia a dia.

Agradeço a Patrícia Fernanda Braghin por sua orientação e ajuda na formatação desse trabalho.

RESUMO

A geração de energia solar fotovoltaica vem crescendo em vários países ao redor do mundo e o Brasil, mesmo apresentando inúmeras condições favoráveis para a sua utilização, como a extensa área territorial ensolarada e as ricas reservas do minério de silício para a fabricação das células solares fotovoltaicas, vem ignorando todas essas contribuições que poderiam trazer benefícios tanto na questão social, com inclusão social e geração de empregos, quanto na questão ambiental. Nesse contexto, a pergunta de pesquisa deste trabalho é: Quais são os fatores que explicam a baixa representação da energia solar fotovoltaica na matriz energética brasileira? Para tanto, o objetivo central da pesquisa é identificar os desafios e as oportunidades para a expansão da geração de energia elétrica por células solares fotovoltaicas em larga escala no Brasil. O procedimento metodológico adotado neste trabalho foi a realização de um estudo de caso sobre as barreiras e perspectivas para geração de energia elétrica por painéis solares fotovoltaicos na matriz energética brasileira. Para isso, foram efetuadas uma pesquisa qualitativa, de natureza exploratória, e uma revisão sistemática da literatura. A coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas com roteiro semiestruturado gravadas com múltiplos *stakeholders* envolvidos nesta temática no Brasil. No cenário mundial, destaca-se que nos países detentores da tecnologia de geração solar fotovoltaica em suas matrizes de energia elétrica, como a Alemanha e a China, entre outros, tanto as políticas públicas quanto a modelagem da tarifa *Feed-in Tariff* (FIT), bem como os incentivos com financiamentos atraentes, tributários e fiscais foram os principais motivadores para a sua rápida expansão. No caso brasileiro, observou-se que, ainda que as políticas públicas tenham avançado de forma a incorporar novos instrumentos para o estímulo da energia solar fotovoltaica, seus resultados ainda são bastante tímidos, com o atual patamar de incipiência de 0,02% na matriz energética do país. Entre as razões que explicam esse resultado destacam-se a falta de uma visão estratégica por parte do governo para a sua inserção no cenário nacional e a falta de políticas de reduções tributárias e fiscais e financiamentos atrativos para a sua aquisição.

Palavras-chave: Energia fotovoltaica. Modelos de geração fotovoltaicos. Energia solar. Políticas de energias renováveis.

ABSTRACT

The generation of photovoltaic solar energy is growing in many countries around the world, and Brazil even with many favorable conditions for its use, such as an extensive sunny land area and rich silicon ore reserves for the manufacture of photovoltaic solar cells, has ignored all these contributions that could benefit both the social issue, with social inclusion and job creation, as in environmental issues. In this context, the research question of this study is: What are the factors that explain the low representation of photovoltaic solar energy in the Brazilian energy matrix? Therefore, the central objective of this research is to identify the challenges and opportunities for the expansion of power generation by photovoltaic solar cells on a large scale in Brazil. The methodological approach adopted in this work was the completion of a case study on the barriers and prospects for generating electricity by photovoltaic solar panels in the Brazilian energy matrix. For this, we made a qualitative, exploratory, and a systematic review of the literature. Data collection was conducted through semi-structured interviews recorded with multiple stakeholders involved in this issue in Brazil. In the world scenario, it is emphasized that the countries possessing the solar photovoltaic generation technology in its energy matrix, such as Germany and China among others, the public policies, the tariff modeling *Feed-in Tariff* (FIT) and incentives with attractive tax and fiscal financing were the main reasons for its rapid expansion. In Brazil, it was observed that, although public policies have advanced to incorporate new instruments to stimulate the photovoltaic solar energy, its results are still quite modest, with the current 0.02% incipient level of the matrix of the country's energy. Some of the reasons for this result include the lack of a strategic view from the government for its inclusion in the domestic scenario and the lack of tax relief policies and attractive financing for its acquisition.

Keywords: Photovoltaics energy. Models of photovoltaic generation. Solar energy. Policies for renewable energy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 - Capacidade instalada de energia fotovoltaica mundial entre 1995 e 2014.....	16
Gráfico 2 - Capacidade instalada nos 10 maiores países geradores de energia fotovoltaica em 2014.....	17
Gráfico 3 - Percentual da produção de energia solar fotovoltaica em relação ao consumo total de energia elétrica dos 5 maiores países geradores nos anos de 2013 e 2014.....	18
Gráfico 4 - Quantidade mundial de postos de trabalho diretos e indiretos criados pela geração solar fotovoltaica no período de 2009 a 2014.....	19
Gráfico 5 - Instalação anual de sistemas de geração solar fotovoltaicos nos Estados Unidos no período de 2002 até 2014.....	24
Gráfico 6 - Os 10 estados dos Estados Unidos com maior participação acumulada em instalações de geração solar fotovoltaicas em 2014.....	26
Gráfico 7 - Instalação anual de sistemas de geração solar fotovoltaicos na Alemanha no período de 2000 até 2014.....	30
Gráfico 8 - Instalação anual de sistemas de geração solar fotovoltaicos no Japão no período de 1997 até 2014.....	33
Gráfico 9 - Instalação anual de sistemas de geração solar fotovoltaicos na Itália no período de 2000 até 2014.....	36
Gráfico 10 - Instalação anual de sistemas de geração solar fotovoltaicos na China no período de 2000 até 2014.....	38
Quadro 1 – Categorias de motivação, incentivos e desafios dos principais países e do Brasil quanto à tecnologia solar fotovoltaica.....	46
Quadro 2 – <i>Stakeholders</i> para entrevistas.....	52
Quadro 3 - Categorias de análise e matriz de perguntas.....	55

LISTA DE SIGLAS

ABINEE - Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica
BIPV - Building Integrated Photovoltaics
BMBF - Federal Ministry of Education and Research
BMU – Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety
BMWi – Federal Ministry for Economic Affairs and Energy
BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CCEE - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CE – Comunidade Europeia
CO₂ – Dióxido de Carbono
COFINS – Contribuição para o Financiamento de Seguridade Social
CONFAZ – Conselho Nacional de Política Fazendária
COP – Conference of Parties
COP15 – Fifteenth Session of the Conference of Parties
CSLL - Contribuição Social sobre Lucro Líquido
EPE - Empresa de Pesquisa Energética
FGTS – Fundo de Garantia do Tempo de Serviço
FIT – Feed in Tariff
GEE – Gases de Efeito Estufa
GSE – Gestore Servizi Energetici
GW – Giga Watt
ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IEA – International Energy Agency
IEE – Instituto de Energia e Ambiente
IPI – Imposto sobre Produtos Industrializados
IPTU - Imposto Predial e Territorial Urbano
IRENA – International Renewable Energy Agency
KfW – Kreditanstalt für Wiederaufbau
km² - Quilômetro quadrado
KW - Quilowatt
LER – Leilão de Energia de Reserva
m² - Metro quadrado

MME - Ministério de Minas e Energia
MWdc – Megawatt of direct current
ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico
NREL – National Renewable Energy Laboratory
ONU – Organização das Nações Unidas
PADIS - Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores e Displays
P&D – Pesquisa e Desenvolvimento
PIB – Produto Interno Bruto
PIS – Programa de Integração Social
PRODEEM – Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios
ProGD - Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica
REIDI - Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura
REN21 – Renewable Energy Policy Network for the 21st Century
SCE - Southern California Edison
SDG&E - San Diego Gas & Electric
SEIA - Solar Energy Industries Association
TUSD - Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
TUST – Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão
UE – União Europeia
UNSCEB – United Nations System Chief Executive Board for Coordination
W - Watt
WWF-Brasil – World Wide Fund for Nature – Brasil

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	15
3	AS EXPERIÊNCIAS EM PAÍSES DESENVOLVIDOS E EM DESENVOLVIMENTO	23
3.1	ESTADOS UNIDOS.....	23
3.2	ALEMANHA.....	27
3.3	JAPÃO.....	31
3.4	ITÁLIA.....	34
3.5	CHINA.....	37
3.6	BRASIL.....	40
4	METODOLOGIA	49
4.1	A NATUREZA DA PESQUISA.....	49
4.2	A COLETA DE DADOS.....	50
4.3	A ANÁLISE DE DADOS.....	53
5	DISCUSSÃO DO MODELO BRASILEIRO DE GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA	56
5.1	A APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	56
5.2	PRIMEIRO BLOCO - FATORES INDUTORES.....	56
5.2.1	Fatores internos	56
<i>5.2.1.1</i>	<i>Políticas públicas</i>	<i>56</i>
<i>5.2.1.2</i>	<i>Destaques adicionais</i>	<i>62</i>
5.2.2	Fatores externos	63
<i>5.2.2.1</i>	<i>Tendências mundiais</i>	<i>63</i>
5.3	SEGUNDO BLOCO – RESULTADOS, VANTAGENS E BENEFÍCIOS.....	63
5.4	TERCEIRO BLOCO - BARREIRAS E DESVANTAGENS.....	68
5.5	QUARTO BLOCO - CENÁRIOS FUTUROS E COMENTÁRIOS.....	73
6	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	75
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
7.1	RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS.....	85
	REFERÊNCIAS	87
	APÊNDICE A - Entrevistas com roteiro semiestruturado	93

1 INTRODUÇÃO

O acelerado crescimento econômico, populacional e tecnológico ocorrido no século XX aumentou exponencialmente o consumo de recursos para produção de bens e energia, assim como melhorou a qualidade de vida nas cidades. Esse avanço foi possível devido ao uso de energia elétrica, na sua maioria baseada em combustíveis fósseis (UNITED NATIONS SYSTEM CHIEF EXECUTIVES BOARD FOR COORDINATION (UNSCEB), 2014). O uso intenso dessas fontes de energia, não renováveis, contribuiu para o avanço da industrialização, mas também trouxe resultados negativos com a emissão de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera (UNSCEB, 2014).

Entretanto, a crise do petróleo, na década de 1970, fez com que os países dependentes desse combustível fóssil procurassem alternativas para geração de energia. O risco provocado pela emissão de CO₂ na queima de combustível fóssil e a necessidade de encontrar alternativas para o uso do carvão e petróleo na geração de energia dispararam a busca por sistemas de energia com fontes renováveis e limpas, como, por exemplo, a energia solar fotovoltaica. Essa fonte de energia utiliza uma tecnologia com boa desenvoltura comprovada na geração de eletricidade nos satélites espaciais (JANNUZZI; VARELLA; GOMES, 2009).

Moosavian et al. (2013) ressaltam que existe somente uma fonte de energia para nós aqui na Terra, que é o Sol, o qual irradia uma energia da ordem de 175.000 TW, energia essa que representa quatro vezes mais a potência que usamos mundialmente nos momentos de maior pico de energia.

O uso das células solares fotovoltaicas para a geração de energia elétrica teve um crescimento acentuado motivado principalmente para a redução da dependência dos combustíveis fósseis e com a maior visibilidade dos riscos associados à mudança climática.

A necessidade de energia renovável fez com que a indústria se empenhasse em desenvolver células solares fotovoltaicas de melhor performance, com custos acessíveis para a sua implantação na geração de energia elétrica para uso residencial e comercial. Isso também permitiria a sua utilização nos sistemas interligados com a rede principal de energia ou nos sistemas autônomos, ampliando o seu uso nas áreas rurais não eletrificadas (JANNUZZI; VARELLA; GOMES, 2009).

Outro fator importante foi a assinatura do Protocolo de Kyoto em 1997, sendo o primeiro tratado internacional legalmente assinado por países industrializados e com metas estabelecidas de redução de 5,2% dos Gases de Efeito Estufa (GEE) no período de 2008 a 2012 em relação aos níveis de 1990 (VALKILA; SAARI, 2010).

A Europa em 2008 propôs um acordo internacional de redução de 30% dos gases de efeito estufa até 2020 em relação aos níveis de 2005 e para mostrar seu compromisso nesse desafio assumiu unilateralmente reduzir em 20% as suas emissões. Para isso, a estratégia a ser adotada para alcançar a meta será com o uso de energias renováveis em 20% e um aumento da eficiência energética também em 20%, a fim de obter uma economia em energia nesse mesmo percentual (CARVALHO, 2012).

Por sua vez, Lehmann e Gawel (2012) destacam que a estratégia da União Europeia (EU) para combater as alterações climáticas está atrelada a uma série de instrumentos políticos junto aos seus estados-membros. A UE utilizou duas de suas medidas diretas para atingir esse objetivo por meio da “UE Emissions Trading Scheme (UE ETS)” que fixa um limite para as emissões de CO₂ no setor de eletricidade e de certos setores industriais de energia intensiva. Além disso, adotou uma estrutura para promover a geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis. Com isso, todos os estados-membros têm implementado fontes renováveis de energia, incluindo FIT, quotas com certificados verdes negociáveis, sistemas de concurso ou incentivos fiscais, sendo todas elas formas para incentivar as fontes de energia renováveis.

O crescimento do setor de energias renováveis se deu, de um modo geral, em função das políticas governamentais, nas quais o contexto das reduções das emissões do CO₂, a segurança energética e o estímulo da economia foram os motores chaves do sucesso (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), 2012b).

Entre os principais mecanismos de estímulo para a geração de energia elétrica por células solares fotovoltaicas, utilizados tanto nos Estados Unidos como na Alemanha, Japão, Itália e China, destacam-se as políticas públicas de apoio por meio de incentivos financeiros, tais como empréstimos a juros reduzidos, apoio ao investimento para fábricas e redução de tributos na compra de equipamentos (GRAU; HUO; NEUHOFF, 2012; TIMILSINA; KURDGELASHVILI; NARBEL, 2012).

Ganham também importância políticas de apoio governamental por meio de linhas de financiamentos para programas de P&D (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA (ABINEE), 2012; CHOWDHURY et al., 2014; GRAU; HUO; NEUHOFF, 2012). Destacam-se ainda as políticas de incentivo por meio dos sistemas tarifários diferenciados FIT e *net metering* (SCHAFFER; BERNAUER, 2014; ABINEE, 2012; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE), 2012; CUCCHIELLA; D’ADAMO, 2012; SPERTINO; DI LEO; COCINA, 2013), entre outras.

Mesmo assim existem alguns desafios para seu crescimento que devem ser considerados que são os custos dos subsídios distribuídos na conta de energia para todos os consumidores da rede elétrica, bem como a instalação de plantas de geração solar fotovoltaica em áreas cultiváveis (ANTONELLI; DESIDERI, 2014; IEA, 2010).

Apesar desses desafios, o ano de 2014 representou um marco mundial em energia solar fotovoltaica, batendo recorde de instalação de sistemas de geração, com capacidade de 40 GW (RENEABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY – REN21 (REN21), 2015). Países como Alemanha e Japão estão liderando o processo. Entretanto, recentemente a China, como maior emissor de carbono, vem ampliando seus investimentos nesse campo, de forma a reduzir de 40% a 45% suas emissões até 2020 em relação aos níveis de emissões de 2005 (LI; LIN, 2013).

Nesse cenário, o Brasil apresenta-se como um paradoxo. Com sua extensa área de 8,5 milhões de km², possui um grande potencial de energias renováveis, como a solar, a eólica, a hídrica e a biomassa. Entretanto, em 2013 sua matriz elétrica era composta de 70,6% por geração hidráulica, 11,3% por gás natural, 7,6% por biomassa, 4,4% por derivados de petróleo, 2,6% por carvão e derivados, 2,4% por nuclear e 1,1% por eólica. A energia por células solares fotovoltaicas não foi computada, por não ter instalações de geração relevantes (EPE, 2014).

A geração de energia elétrica por células solares fotovoltaicas no Brasil pode trazer inúmeras contribuições para a sociedade, desde o abastecimento energético às populações rurais e ribeirinhas distantes das redes de distribuição elétrica até a formação de uma indústria que mundialmente vem crescendo, gerando empregos e desenvolvendo polos de tecnologia avançada ao país (ABINEE, 2012).

Apesar de todos os potenciais benefícios discutidos, ainda existem diversas barreiras a serem analisadas, tanto no âmbito das políticas públicas existentes quanto no empresarial para a implantação dessa tecnologia na matriz de energia do país.

Nesse contexto a pergunta de pesquisa deste trabalho é: Quais são os fatores que explicam a baixa representação da energia solar fotovoltaica na matriz energética brasileira?

Para tanto, o objetivo central da pesquisa é identificar os desafios e as oportunidades para a expansão da geração de energia elétrica por células solares fotovoltaicas em larga escala no Brasil. Já como objetivos específicos destacam-se:

a) Discutir os modelos internacionais das implantações da geração de energia solar fotovoltaica com as políticas de apoio, avaliando os pontos positivos e negativos no seu crescimento no cenário mundial;

b) Apresentar a evolução da energia solar fotovoltaica no cenário brasileiro e as barreiras para seu crescimento na matriz de energia elétrica do país;

c) Comparar as características do cenário brasileiro com os modelos internacionais, identificando os gargalos e as oportunidades para o crescimento da geração de energia solar fotovoltaica na matriz energética do Brasil.

Para atingir os objetivos da pesquisa, o trabalho está estruturado da seguinte maneira, além da introdução:

A Seção 2 - Energia Solar Fotovoltaica aborda como se dá o efeito fotovoltaico para a geração de eletricidade e sua evolução tecnológica, como se desenhou o mercado fotovoltaico no cenário mundial, as vantagens e desafios em suas aplicações.

A Seção 3 - As Experiências em Países Desenvolvidos e em Desenvolvimento discute as experiências em países desenvolvidos e em desenvolvimento, até o ano de 2014, sendo eles Estados Unidos, Alemanha, Japão, Itália, China e Brasil. A pesquisa foi efetuada a partir de uma revisão estruturada da literatura, analisando as principais características dos modelos de geração de energia solar fotovoltaica no cenário internacional e os desafios para o Brasil.

A Seção 4 – Metodologia apresenta os procedimentos metodológicos, destacando a utilização de pesquisa qualitativa e de natureza exploratória, com abordagem de uma revisão sistemática da literatura e com a realização de um estudo de caso sobre as barreiras e perspectivas para a geração de energia elétrica por painéis solares fotovoltaicos na matriz energética brasileira, empregando como principal técnica de coleta de dados a realização de entrevistas por meio de roteiros semiestruturados com diversos *stakeholders* na temática.

A Seção 5 - Discussão do Modelo Brasileiro de Geração Solar Fotovoltaica apresenta os resultados obtidos nas entrevistas à luz dos modelos implantados nos 5 países estudados nesta pesquisa. Os resultados foram agrupados em quatro blocos de categorias: Fatores Indutores; Resultados, Vantagens e Benefícios; Barreiras e Desvantagens e Cenário Futuro e Comentários.

A Seção 6 – Discussão dos Resultados aborda as contribuições obtidas nas entrevistas, analisando-as com o referencial teórico.

A Seção 7 – Considerações Finais faz uma análise da revisão da literatura e dos resultados das entrevistas em relação às barreiras e perspectivas para a geração de energia elétrica por painéis solares fotovoltaicos na matriz energética brasileira.

2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

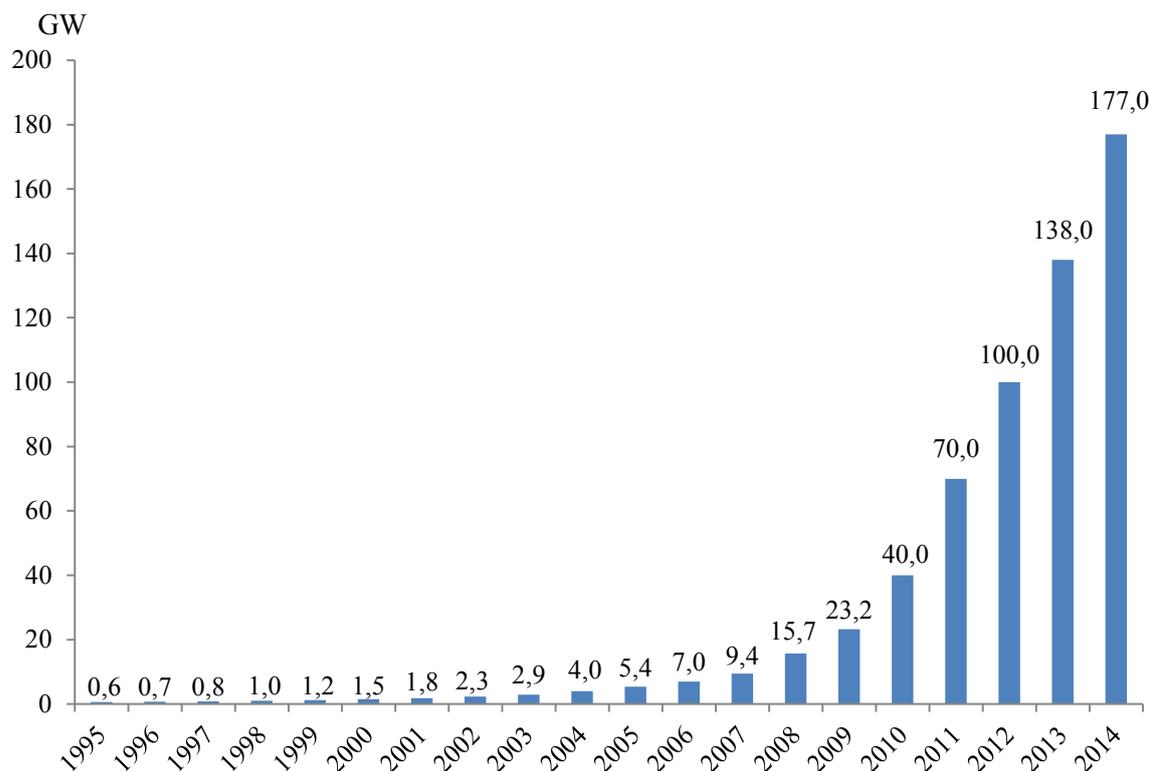
O efeito fotovoltaico para geração de eletricidade por meio da radiação solar foi observado pela primeira vez pelo físico francês Alexandre-Edmond Becquerel em 1839. O fenômeno foi constatado ao iluminar uma solução ácida que gerou uma diferença de potencial entre os eletrodos imersos na solução. Mais tarde, em 1876, efeito similar, por intermédio de dispositivo em estado sólido de selênio, foi observado por W. G. Adams e R. E. Day. As primeiras células fabricadas com selênio foram desenvolvidas por C. E. Fritts em 1883 (PINHO; GALDINO, 2014).

Somente na década de 1950 é que a primeira célula solar fotovoltaica de semicondutor de silício foi fabricada pelos cientistas dos laboratórios da Bell Telephone, nos Estados Unidos, e a sua aplicação, inicialmente, ocorreu na geração de eletricidade nos satélites espaciais americanos. Já na década de 1970, devido à crise do petróleo, os módulos de células solares fotovoltaicas tiveram a sua expansão global em escala comercial para geração de energia elétrica (MUNTASSER et al., 2000; PINHO; GALDINO, 2014).

As primeiras gerações de células solares fotovoltaicas comerciais são compostas por *wafers* com a tecnologia de silício cristalino ou monocristalino ou policristalino. Os filmes finos surgem logo após, compostos de silício amorfo e silício microcristalino, telureto de cádmio, seleneto de cobre e índio e disseleneto de cobre, índio e gálio. Existem ainda em fase de estudo as células solares fotovoltaicas orgânicas e pesquisas com novos materiais para aumento da eficiência das células solares fotovoltaicas na conversão da energia solar para energia elétrica, que atualmente não superam 22%, dependendo do tipo do material utilizado (ABINEE, 2012; INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA), 2015).

O mercado crescente de energias renováveis, principalmente a solar fotovoltaica, começa a se desenhar a partir do momento em que se estabeleceu o Protocolo de Kyoto e que se fixaram metas de redução do GEE para os países industrializados, entre eles os Estados Unidos e os países da Europa, em 11 de dezembro de 1997. No entanto, até o ano de 2007 a capacidade global de gerar energia elétrica a partir desse sistema se manteve bastante reduzida. A partir de 2008 o processo sofre uma rápida aceleração com um crescimento em 2014 de 18,83 vezes a carga instalada em 2007, como pode ser observada no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Capacidade instalada de energia solar fotovoltaica mundial entre 1995 e 2014.



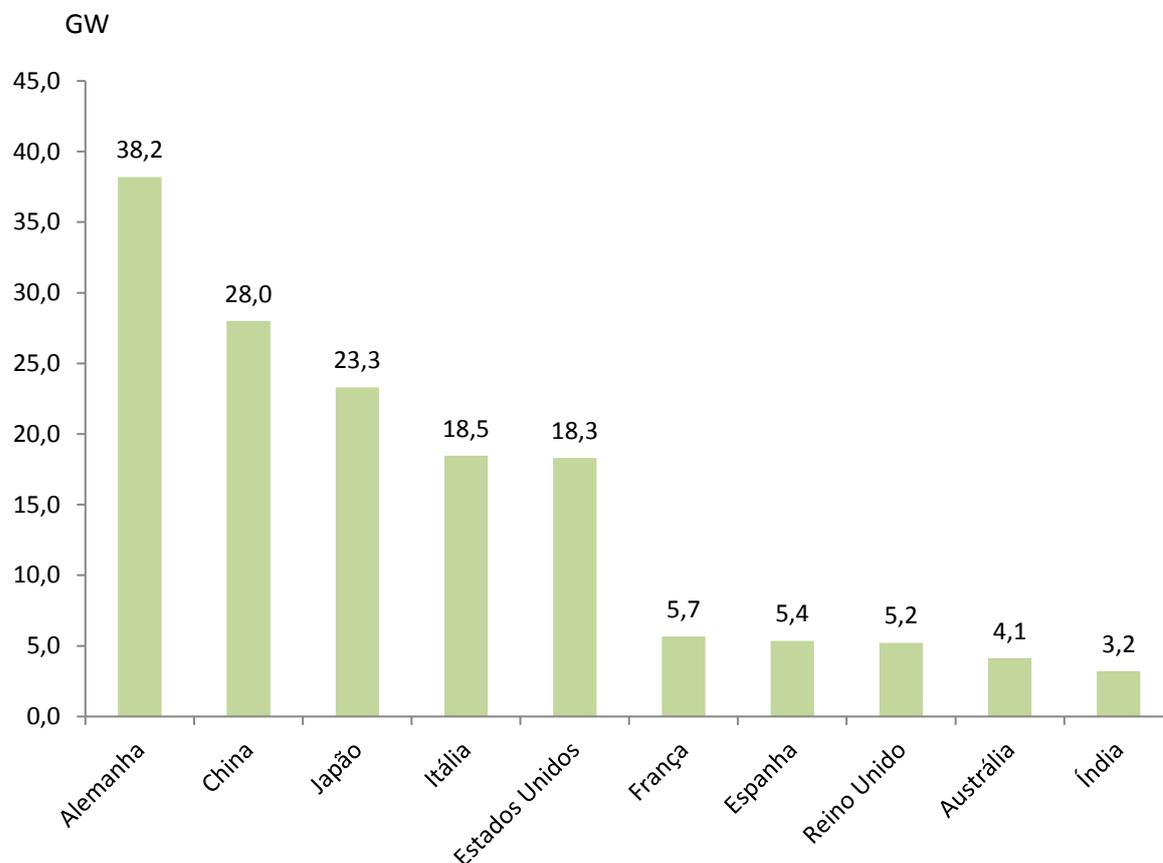
Fonte: Autor

Nota: Baseado em REN21, 2012, p. 48; REN21, 2015, p. 59.

O rápido crescimento mundial foi diretamente afetado pela ampliação em alguns países-chaves, como Alemanha, China, Japão, Itália, Estados Unidos, França, Espanha, Reino Unido, Austrália e Índia, que são os dez maiores geradores dessa fonte de energia em 2014 em GW.

O Gráfico 2, além de apresentar a capacidade instalada em 2014 da geração solar fotovoltaica em cada um dos dez países detentores desta tecnologia, permite observar que Alemanha, China, Japão e Itália têm a sua capacidade instalada superior à dos Estados Unidos, primeiro país a iniciar o uso dessa tecnologia em larga escala na década de 1980.

Gráfico 2 - Capacidade instalada nos 10 maiores países geradores de energia solar fotovoltaica em 2014.

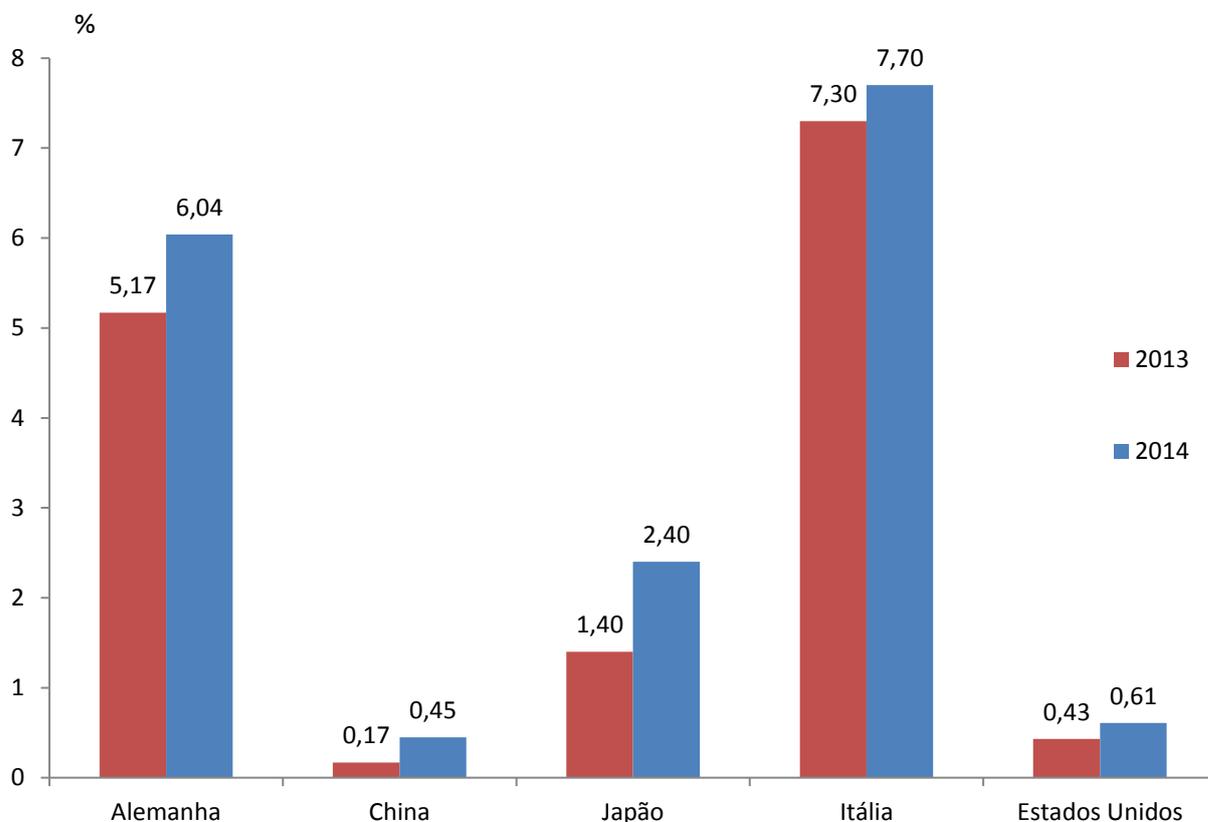


Fonte: Autor

Nota: Elaborado com informações baseadas em REN21, 2015.

Por sua vez o Gráfico 3 apresenta o percentual da produção de energia solar fotovoltaica em relação ao consumo total de energia elétrica dos 5 maiores e principais países detentores desta tecnologia nos anos de 2013 e 2014. Além disso, é possível observar que a parcela da geração solar fotovoltaica em 2014 tem uma representação significativa e importante na matriz de energia elétrica da Itália e da Alemanha. No caso do Japão, Estados Unidos e China nota-se que há um crescimento considerável da participação dessa tecnologia em 2014 em relação a 2013 em suas matrizes energéticas. Outro destaque é o crescimento da produção da energia solar fotovoltaica em 2014 em relação a 2013 nos 5 países em questão.

Gráfico 3 - Percentual da produção de energia solar fotovoltaica em relação ao consumo total de energia elétrica dos 5 maiores países geradores nos anos de 2013 e 2014.



Fonte: Autor

Nota: Elaborado com informações baseadas em INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA, 2014a, p. 8; IEA, 2014b, p. 10; IEA, 2014c, p. 7; IEA, 2014d, p. 5; IEA, 2014e, p. 6.

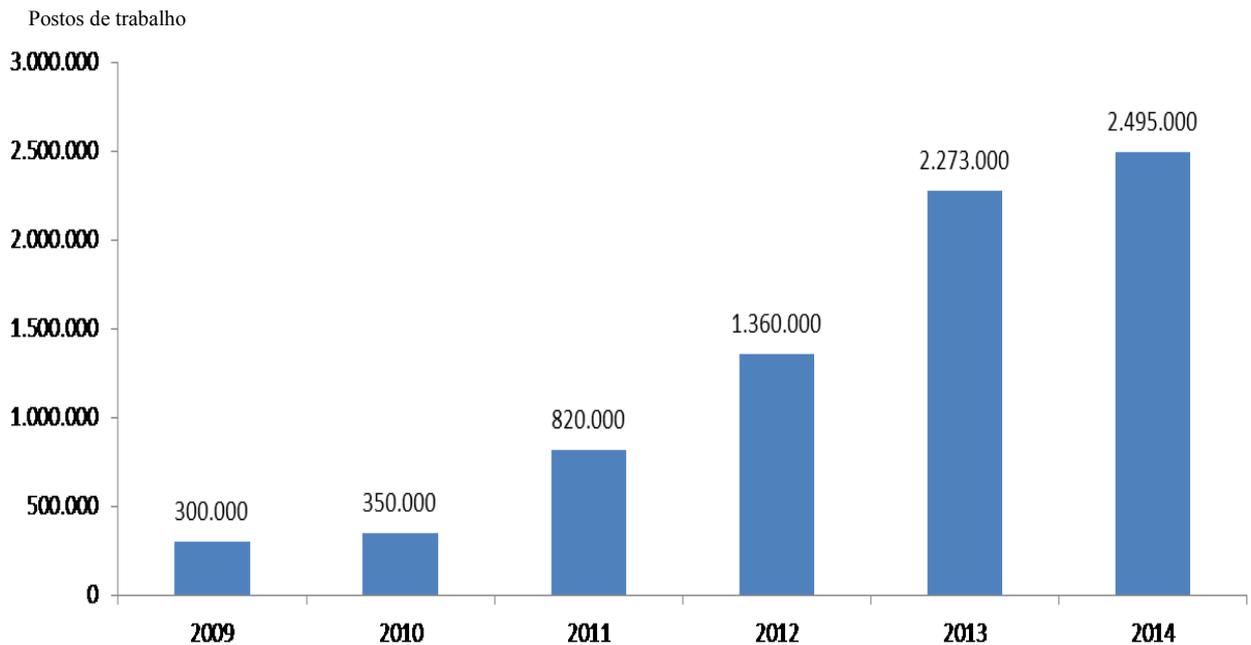
O crescente investimento em energia solar fotovoltaica fez com que essa tecnologia se tornasse a maior geradora de empregos entre as fontes renováveis ao redor do mundo em 2014. De um total de 7,7 milhões de postos de trabalho no campo das energias renováveis, a energia solar fotovoltaica tem uma parcela significativa de 2,495 milhões de empregos (excluindo-se os números referentes às usinas hidrelétricas), ou seja, um percentual de 32,4% do total de postos de trabalho gerados pelas fontes de energia renováveis (IRENA, 2015).

A ABINEE (2012) destaca que a energia solar fotovoltaica gera em média 30 novos postos de trabalho diretos e indiretos para cada MW instalado, sendo considerada como a mais alta taxa entre as demais fontes de energia .

Por sua vez, a WWF-Brasil (2015) apresenta em seu trabalho que a geração solar fotovoltaica está entre as fontes que mais geram emprego e que em 2013 nos Estados Unidos foram gerados 142 mil empregos diretos e indiretos para uma instalação de 3 mil MW, considerando instalação, fabricação de módulos e demais sistemas periféricos dessa fonte.

O Gráfico 4 apresenta a quantidade mundial de postos de trabalho diretos e indiretos gerados pela fonte solar fotovoltaica no período de 2009 a 2014. Vale destacar que em 2013 a geração de empregos foi bastante expressiva com um total de 913.000 novos postos de trabalho diretos e indiretos oriundos dessa fonte de geração de energia elétrica.

Gráfico 4 - Quantidade mundial de postos de trabalho diretos e indiretos criados pela geração solar fotovoltaica no período de 2009 a 2014.



Fonte: Autor

Nota: Elaborado com informações baseadas em REN21, 2015, p. 37; REN21, 2014, p. 63; REN21, 2013, p. 53; REN21, 2012, p. 27; REN21, 2011, p. 47; REN21, 2010, p. 34.

Além da geração de novos postos de trabalho, a energia solar fotovoltaica apresenta diversos benefícios, como a redução de emissão dos GEE, dos impactos socioambientais e dos riscos inerentes às fontes de origens fósseis. Ela também pode ser uma fonte de geração de energia complementar para atender à demanda de energia nos momentos de pico de carga ao longo do dia, quando conectada à rede de distribuição da concessionária. Outro fator a ser considerado refere-se aos impactos ambientais relativos aos módulos solares fotovoltaicos de silício, que são praticamente nulos, pois o vidro, o silício, a película de Acetato de Vinil-Etila (EVA) e o alumínio da estrutura dos componentes dos módulos das células solares fotovoltaicas podem ser reciclados. Ressalta-se ainda que há também o conceito arquitetônico de integrar os módulos nas novas edificações por intermédio da arquitetura *Building Integrated Photovoltaics* (BIPV). Outro ponto de destaque é que a vida útil dos módulos fotovoltaicos é de 30 anos e, mesmo assim, normalmente os fabricantes fornecem uma

garantia de capacidade de produção mínima de 80% da potência inicial após 20 anos, garantindo uma confiabilidade ao sistema (ABINEE, 2012).

Ainda que se considerem esses benefícios, os estudos apresentados por McDonald e Pearce (2010) destacam que o acelerado crescimento mundial da indústria da energia solar fotovoltaica e o seu uso cada vez mais intensivo no cenário energético trazem uma preocupação para um futuro próximo, com o fim de vida dos módulos solares fotovoltaicos, quanto aos seus descartes, pois alguns módulos solares contêm materiais perigosos, como o telúrio, chumbo, selênio e cádmio - principalmente no caso deste último elemento cujos compostos são regulados em muitos países devido à sua toxicidade a qual pode ser transmitida aos seres humanos pela cadeia alimentar por peixes e animais. Isso é preocupante se não houver políticas para reciclagem dos módulos fotovoltaicos após seu ciclo de vida estimado entre 25 e 30 anos, pois os custos envolvidos no processo de tratamento para reciclar a maioria dos tipos de dispositivos fotovoltaicos, até o momento ou dada a tecnologia atual, não compensam economicamente em comparação ao seu descarte em aterros, sendo a opção de reciclagem desfavorável sem incentivos adequados. Mas, por outro lado, alguns fabricantes dos módulos solares fotovoltaicos têm iniciativas próprias de reciclar os módulos, impulsionados pela responsabilidade ambiental, deixando o lado econômico à parte. Com a explosão do consumo de módulos fotovoltaicos, a expectativa é que a cada fim de ciclo de vida desses módulos haja maior necessidade de reciclagem, podendo causar uma reavaliação das iniciativas adotadas pelas empresas quanto ao seu processo voluntário de reciclagem, devido aos impactos econômicos que serão causados pela quantidade a ser descartada no mercado.

Conseqüentemente se não forem adotadas, em um futuro próximo, políticas apropriadas para a reciclagem dos módulos solares fotovoltaicos, as iniciativas voluntárias realizadas pelos fabricantes não poderão mais ser mantidas e o fluxo de descarte será direcionado para os aterros ou simplesmente para o fluxo dos resíduos locais.

Vale destacar que atualmente os cinco tipos de células solares com o maior volume comercializado são compostas por semicondutores produzidos com disseleneto de cobre, índio e gálio (CIGS), telureto de cádmio (CdTe), silício amorfo (a-Si), silício policristalino (p-Si) e silício monocristalino (c-Si). As células fotovoltaicas fabricadas com silício mono e policristalino são as mais comuns no mundo e consideradas como convencionais ou de primeira geração. Já as células compostas por semicondutores com disseleneto de cobre, índio e gálio, telureto de cádmio e silício amorfo são células solares de películas finas e de segunda geração.

Larsen (2009) apresenta em seu trabalho que a reciclagem de painéis solares fotovoltaicos de película fina pode ser mais vantajosa para os módulos com células compostas pelos semicondutores de seleneto de cobre e índio (CIS), disseleneto de cobre, índio e gálio (CIGS) e telureto de cádmio (CdTe), porque índio e telúrio são raros e não são encontrados em quantidades suficientes e há limitações para seu uso nessa tecnologia, diferentemente das células fotovoltaicas convencionais que utilizam o silício, que é uma matéria-prima abundante.

Vale destacar que o relatório elaborado por Flavin e Aeck (2005) para a REN21, referente à Conferência Internacional de Energias Renováveis de Bonn em 2004, aponta que a prestação de serviços modernos de energia com preços acessíveis é importante para o desenvolvimento econômico e para a erradicação da extrema pobreza, conforme apresentado nas Metas de Desenvolvimento do Milênio das Nações Unidas (United Nations Millennium Development Goals - MDGs). Os serviços modernos de energia são geralmente fornecidos por combustíveis líquidos e gasosos e que, assim como a eletricidade, são essenciais para o surgimento de empresas e criação de empregos, além de ser um ingrediente para melhorar a saúde e a educação. Nesse caso as fontes renováveis de energia, como eólica, solar, hidráulica, geotérmica e bioenergia, têm um papel importante ao lado dos combustíveis fósseis para atender os objetivos da MDGs. Cerca de 1,6 bilhão de pessoas no mundo não têm eletricidade, ou seja, um pouco mais de 25% da população mundial é privada das necessidades básicas como a refrigeração, iluminação e comunicação. A Agência Internacional de Energia estima que se a meta da MDGs de redução da pobreza for cumprida, os serviços modernos de energia terão de ser fornecidos para mais de 700 milhões de pessoas até 2015. Embora parte da população pobre tenha sido atendida por redes elétricas, outra parte não tem esse acesso por estar situada em áreas remotas e distantes das redes eletrificadas. As tecnologias das energias renováveis podem contribuir indiretamente no alívio da pobreza pelo fornecimento de energia para cozinhar e para o aquecimento do espaço, além do fornecimento de energia para escolas e postos de saúde e de água potável por sistemas de bombeamento.

As fontes de energias renováveis, como no caso a solar, por sua vez, permitem a geração de forma descentralizada, o que possibilita incorporar nesses serviços populações hoje fora do sistema, principalmente em países em desenvolvimento e de grandes dimensões territoriais, como no caso brasileiro (ABINEE, 2012).

Por outro lado, o uso dessa tecnologia em larga escala mundialmente vem enfrentando diversos desafios, como custo, baixa capacidade de armazenamento e vida útil das baterias, além da natureza intermitente de sua geração, na qual a produção de energia ocorre com a luz

do dia, ficando a noite sem produção e dependente de outras fontes ou baterias de armazenagem de carga (ABINEE, 2012). Outro ponto é a baixa eficiência da conversão direta da energia do sol em energia elétrica das células ou dos painéis solares fotovoltaicos comerciais que atualmente não supera 20% (EPE, 2012).

Nesse cenário, as experiências internacionais mostram como alguns países estão enfrentando os desafios da implantação e manutenção desse sistema.

Nesta seção apresentou-se um breve histórico sobre o efeito fotovoltaico, suas aplicações como células fotovoltaicas de geração de energia elétrica e os diferentes compostos utilizados nas células fotovoltaicas atualmente no mercado. Procurou-se destacar os principais fatores indutores da geração solar fotovoltaica para sua utilização e expansão no mercado mundial, a evolução da capacidade mundial instalada, principalmente nos dez principais países detentores dessa tecnologia. Ressaltou-se também a capacidade de geração de postos de trabalho ao longo dos anos e os novos desafios da reciclabilidade de seus componentes, assim como os aspectos positivos na sua capacidade de inclusão social para comunidades pobres em áreas isoladas e remotas do acesso a redes de eletricidade.

3 AS EXPERIÊNCIAS EM PAÍSES DESENVOLVIDOS E EM DESENVOLVIMENTO

Nesta seção serão apresentados os benefícios e os desafios da implantação da geração de energia solar fotovoltaica nos países desenvolvidos e em desenvolvimento para que a geração da energia elétrica pelo sistema fotovoltaico tivesse a sua implantação assegurada na matriz energética desses países, principalmente Estados Unidos, Alemanha, Japão, Itália e China, por possuírem uma grande representatividade no mercado mundial, além de deterem juntos 71,33% da capacidade total instalada em 2014. Apesar da França, Espanha, Reino Unido, Austrália e Índia completarem a outra parcela de representatividade dos dez países no ranking mundial de instalações dessa fonte de energia, eles totalizam apenas 13,32% do total das instalações. Adicionalmente apresenta-se o cenário brasileiro com suas evoluções, benefícios e incentivos, políticas e barreiras.

3.1 ESTADOS UNIDOS

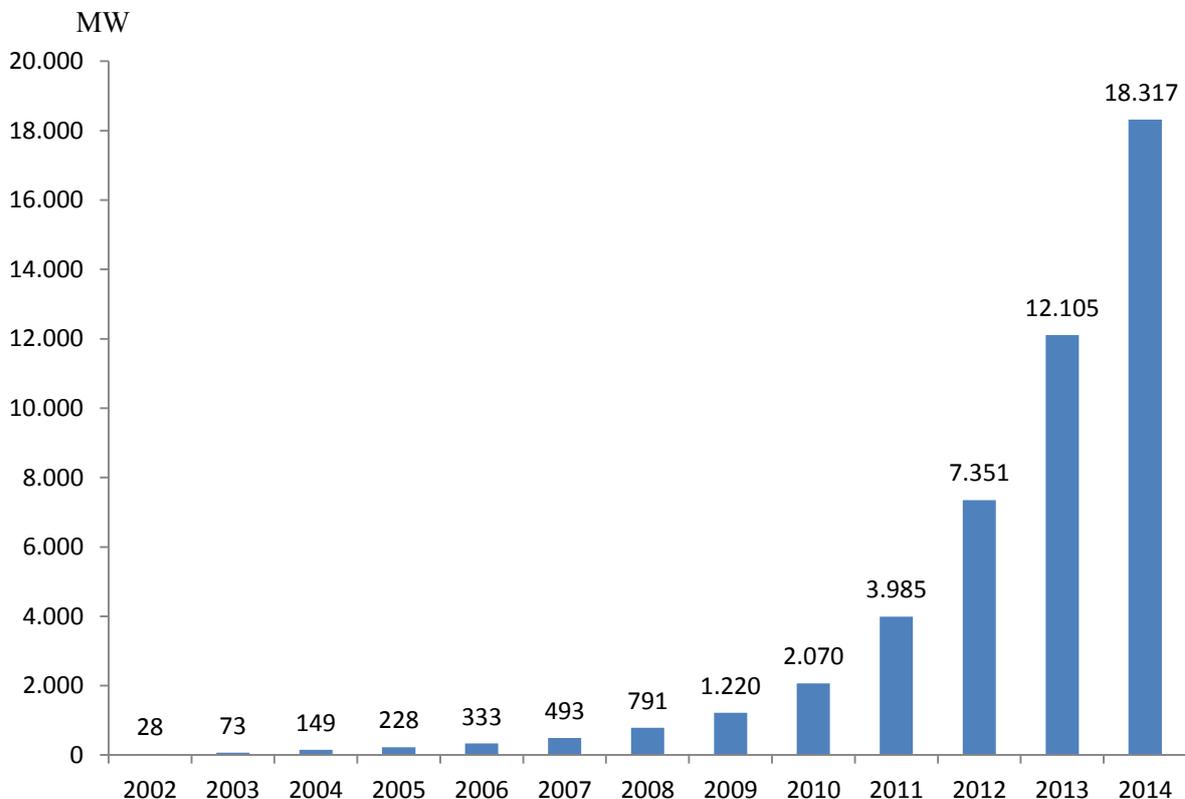
A partir da década de 1980 os Estados Unidos foram um dos primeiros países a investir na tecnologia solar fotovoltaica em larga escala, mas foram superados em 2000 pela Alemanha e voltaram novamente a ter um crescimento a partir de 2013. O crescimento do mercado de energia solar nos Estados Unidos ocorre devido a um mix favorável de políticas públicas (TIMILSINA; KURDGELASHVILI; NARBEL, 2012). Essas políticas se baseiam em investimentos no projeto “*Solar America Initiative*”, em pesquisa e desenvolvimento (P&D), para tornar a energia solar fotovoltaica competitiva até 2015. Os investimentos variam de estado para estado: a) por linhas de financiamento diferenciado para a compra de equipamento – benefício aplicado somente em cinco estados; b) pelas transferências diretas baseadas em desconto, empréstimos ou em desempenho, podendo chegar a cobrir até 50% do valor da instalação - utilizado em mais da metade dos estados; c) por meios fiscais/tributários com dedução dos impostos sobre a edificação - empregado somente em alguns estados; d) somente por meio fiscal, por desconto ou eliminação das taxas nos sistemas fotovoltaicos - também disponível em alguns estados; e) com o *net metering*, no qual a parcela da energia não consumida é utilizada pela concessionária e creditada para consumo futuro - utilizado por quase a totalidade dos estados americanos e f) ou por meio de crédito via redução do imposto de renda em 30% do custo da instalação (EPE, 2012; ABINEE, 2012).

Além desses instrumentos, os Estados Unidos se destacaram no cenário mundial por ter desenvolvido um novo modelo de negócio para a geração de energia solar fotovoltaica, o

denominado terceiro proprietário (third-party owner: tradução nossa) do sistema de geração solar fotovoltaico. Esse modelo permite um acordo de aluguel do sistema solar fotovoltaico ou a compra de energia gerada pelo sistema por meio de acordo de compra. Com isso, o terceiro proprietário se responsabiliza pela instalação, mantendo a posse do sistema solar fotovoltaico na propriedade do cliente. A remuneração do investimento do terceiro proprietário se dá pela venda de energia gerada pelo sistema ao próprio cliente. A vantagem desse modelo de negócio é que ele permite que o cliente tenha a energia elétrica do sistema sem os custos de aquisição, manutenção e de operação, além de se proteger das contas variáveis da energia do serviço público e reduzir os impactos ao meio ambiente (SEEL; BARBOSE; WISER, 2014; KOLLINS; SPEER; CORY, 2010).

O Gráfico 5 apresenta a evolução no período de 2002 a 2014 das instalações de geração de energia solar fotovoltaica nos Estados Unidos em MWdc (Megawatt of direct current). Observa-se no gráfico que do ano 2002 a 2009 a evolução das instalações solares fotovoltaicas foi pequena e somente a partir de 2010 seguiu um crescimento exponencial.

Gráfico 5 – Instalação anual de sistemas de geração solar fotovoltaicos nos Estados Unidos no período de 2002 até 2014.



Fonte: Autor

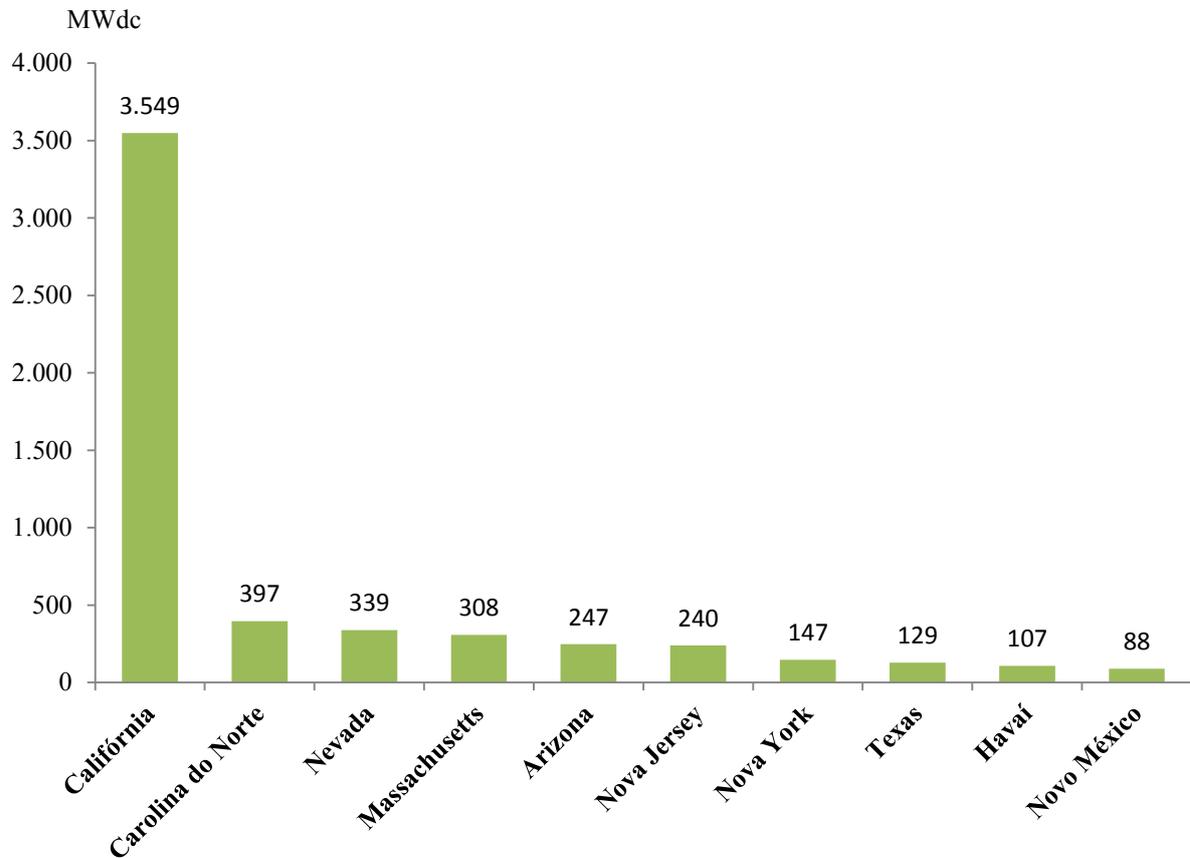
Nota: Elaborado com informações baseadas em IEA, 2012a, p. 9; IEA, 2015e, p.7.

O relatório da GTM Research e Solar Energy Industries Association – SEIA (2015) apresenta os três fatores fundamentais para o crescimento da energia solar fotovoltaica nos Estados Unidos: 1) a redução de custo do sistema solar fotovoltaico; 2) a cadeia de inovação e a expansão do mercado; 3) a estabilidade da política e regulamentação para a energia solar fotovoltaica. A queda dos custos dos sistemas solares fotovoltaicos ocorre devido à estabilidade dos preços dos módulos solares fotovoltaicos em 2014 e também à acentuada redução de preço dos seus equipamentos periféricos, acarretando uma redução média anual de aproximadamente 10% no sistema como um todo. Consequentemente, a cada redução de preço no sistema solar fotovoltaico novos potenciais mercados são viabilizados em muitos estados, tornando esta fonte uma alternativa em relação ao mercado de energia de varejo ou a novas instalações de gás natural de ciclo combinado. A cadeia de inovação e a expansão de mercado ocorrem pela criação pelas empresas de geração de solar fotovoltaica de novas maneiras de torná-la viável e atraente, trazendo: para o mercado residencial - soluções financeiras, acordos de venda de energia, locação do sistema e empréstimos aperfeiçoados para a geração solar fotovoltaica; para o mercado comercial - uma linha de produtos de múltiplos sites para o varejo e padronizando os contratos para financiamentos; e para o mercado de geração - mecanismos fora dos moldes regulatórios ou da legislação para a sua expansão. A política e a regulamentação para a energia solar fotovoltaica têm sido estáveis nos últimos anos, destacando-se que a indústria tem recebido uma atenção do governo federal por meio de taxas de crédito de financiamento de 30%, além das políticas estaduais cada vez mais claras, permitindo assim que as empresas possam se planejar estrategicamente e ter um horizonte para suas expansões.

O relatório aponta ainda que os dez estados com maior participação em instalações de sistemas de geração fotovoltaicos em 2014 em ordem crescente foram: Califórnia, Carolina do Norte, Nevada, Massachusetts, Arizona, Nova Jersey, Nova York, Texas, Havá e Novo México, totalizando 5.551 MWdc ou 89,5% da instalação total do território americano, que foi de 6.201 MWdc, sendo, além disso, 30% superior em relação ao ano anterior.

O Gráfico 6, além de apresentar as participações acumuladas até 2014 de geração solar fotovoltaica dos 10 estados dos Estados Unidos, destaca o estado da Califórnia que com as suas leis ambientais e políticas de incentivo para o uso cada vez maior da energia solar fotovoltaica no combate às emissões de CO₂ tem uma grande participação em instalações comparativamente aos demais estados.

Gráfico 6 – Os 10 estados dos Estados Unidos com maior participação acumulada em instalações de geração solar fotovoltaicas em 2014.



Fonte: Autor

Nota: Elaborado com informações baseadas em GTM Research e SEIA, 2015, p. 7.

O relatório da GTM Research e SEIA (2015) ressalta que a Califórnia foi mais uma vez o maior mercado residencial fotovoltaico nos Estados Unidos com uma participação em instalações de 928 MWdc, saindo de 2.621 MWdc em 2013 para 3.549 MWdc em 2014, representando um aumento de 35,4% em relação ao ano anterior e da ordem de 15 vezes superior em relação às instalações do estado da Carolina do Norte que foram de 62 MWdc, saindo de 335 MWdc em 2013 para 397 MWdc em 2014, segundo colocado no ranking de instalações acumuladas no mercado americano. A liderança absoluta da Califórnia como o maior mercado estadual residencial nos Estados Unidos fundamentou-se em três fatores-chave que alimentaram sua dinâmica de crescimento. O primeiro fator-chave foi a escala, com a diversificação geográfica, em que os instaladores atuaram nas vendas de um para dois territórios de serviços de distribuição de energia elétrica, principalmente os de longa data ou de presença exclusiva ou dos mercados da SCE (*Southern California Edison*) ou da SDG&E (*San Diego Gas & Electric*). A essa abrangência adicionaram-se mais de 70 vilas e cidades no sul da Califórnia, contabilizando um total próximo a 1 MW de energia residencial em 2014.

Outro fator chave foi o aumento da energia elétrica acima da média que contribuiu para a venda do sistema fotovoltaico, como uma opção aos consumidores, oferecendo um ganho de 10 a 20% na conta mensal de energia. O terceiro fator foi a padronização dos financiamentos e das instalações que também contribuíram no aumento de demanda. Por sua vez, as plantas de geração solar fotovoltaica dos serviços públicos de energia continuam, sem sombra de dúvida, a ser o alicerce do mercado fotovoltaico nos Estados Unidos e correspondem a 63% de toda a capacidade solar fotovoltaica em operação em 2014. Elas tiveram uma participação em 2014 de 3.934 MWdc, um aumento de 38% em relação ao ano anterior. Observa-se ainda que as plantas *First Solar's Topaz Solar* e *Desert Sunlight Projects* são consideradas os maiores projetos atualmente em operação no mundo - cada planta tem a capacidade de 550 MWdc - e entraram comercialmente em operação no final de 2014. Por sua vez, as instalações comerciais tiveram uma estagnação com queda de 6% em relação a 2013, devido a fatores como aperto da economia a dificuldades de investimentos em pequenas instalações comerciais. Existe uma expectativa no mercado que em 2015 haja um aumento na demanda em estados-chaves, incluindo a Califórnia, Nova Jersey e Nova York, o que poderia reacender o setor e trazê-lo de volta ao ritmo do mercado residencial.

Atualmente, no entanto, apesar dos incentivos relatados, a contribuição da energia solar fotovoltaica nos Estados Unidos é ainda bastante reduzida.

O informativo da EIA (2015) destaca os percentuais das principais fontes na geração de energia elétrica dos Estados Unidos em 2015 com as seguintes correspondências: 33% por carvão; 33% por gás natural; 20% por nuclear; 6% por hidroelétrica; 1% por petróleo; <1% por outros gases; 7% por renováveis, sendo: 4,7% por eólica; 1,6% por biomassa e 0,6% por solar fotovoltaica e 0,4% por geotérmica.

3.2 ALEMANHA

Jacobsson e Lauber (2006) argumentam que o movimento da opinião pública na segunda metade da década de 1980 fez a grande diferença junto aos parlamentares alemães por mudanças na matriz energética do país, na qual a energia nuclear e à base de carvão mineral eram predominantes. Isso se deu devido ao desastre de Chernobyl em 1986, à morte das florestas em função da chuva ácida, causada em grande parte pelo carvão, e ao surgimento da mudança climática como uma questão política. As maiores barreiras iniciais às fontes de energia renováveis foram as escolhas impostas, de forma autoritária, pelos chanceleres alemães pelas fontes a carvão e nuclear nas décadas de 1970 e 1980.

Por sua vez, em 1990, a Lei *feed-in* aprovada na Alemanha teve o principal objetivo de incentivar os geradores de energia renováveis com uma garantia de pagamento por unidade gerada durante um período fixo. A lei também estabelece os regulamentos para as interconexões com as redes elétricas locais para que os produtores possam vender a energia gerada por essas fontes renováveis (REN21, 2015). Vale destacar que este foi o primeiro sinal de mudança da estrutura tarifária, inicialmente para a energia eólica, e que possibilitou uma fase de rápida expansão. Enquanto isso, a energia solar fotovoltaica teve um conjunto de iniciativas internas de proteção para garantia de seu espaço de mercado e da sobrevivência da sua indústria (JACOBSSON; LAUBER, 2006).

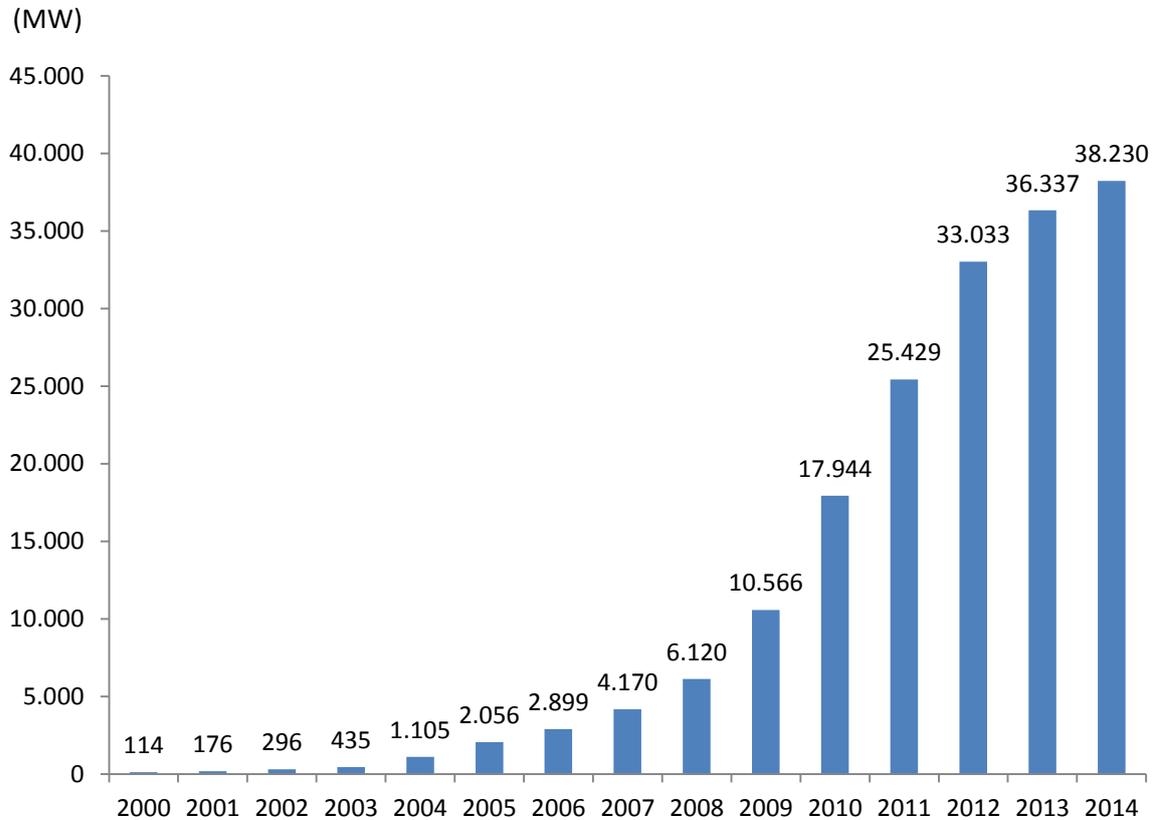
Desde 1991 os apoios governamentais para a geração solar fotovoltaica foram implementados na Alemanha, sendo o “*Electricity Feed-in Act*” a primeira política nesse sentido para a geração renovável de energia elétrica. Destaca-se que o programa “Iniciativa 1.000 Telhados Solares”, aplicado durante o período de 1991 a 1995, foi o primeiro apoio específico para a geração de energia por células solares fotovoltaicas, sendo repetido no período de 1999 a 2003 pelo programa “Iniciativa de 100.000 Telhados Solares”. Esses programas contaram com empréstimos a juros baixos, garantidos pelo banco de desenvolvimento alemão KfW (GRAU; HUO; NEUHOFF, 2012). Os autores ainda apontam que o mercado fotovoltaico encontrou suporte para a sua expansão com o Ato de Fontes Renováveis de Energia (*Renewable Energy Sources Act* - tradução nossa), aplicado para a geração de energia de fontes renováveis, promulgado em 2000 e alterado em 2004 e 2009. Ele estabeleceu os procedimentos de acesso de empreendimentos de geração de fontes renováveis à rede e o esquema da *feed-in tariff* (FIT), favoráveis aos investimentos nas instalações de geração de energia solar fotovoltaica.

A FIT, também conhecida como “tarifa prêmio”, segundo ABINEE (2012), é uma tarifa diferenciada como política de incentivo de promoção das energias renováveis. Esta tarifa garante um preço ao gerador para cada unidade de eletricidade alimentada na rede, fornecida a partir de uma fonte renovável de energia e os contratos são de longo prazo, normalmente de 20 anos (REN21, 2011). No caso da energia solar fotovoltaica essa tarifa tem um diferencial maior para cada unidade de eletricidade gerada e tem cláusulas de redução de preços ao longo do tempo (ABINEE, 2012). A Alemanha ao adotar a FIT mostra que o modelo de incentivo foi fundamental para aumentar a energia gerada por fontes de energia renováveis de 6,3% em 2000 para mais de 15% em 2008 (MENDONÇA; JACOBS, 2014).

Paralelamente aos incentivos, diversos programas com empréstimos bancários para compra de sistemas de geração de energia solar fotovoltaica foram implantados, visando estimular investimentos na indústria fotovoltaica e projetos de P&D (EPE, 2012; GRAU; HUO; NEUHOFF, 2012).

De acordo com Grau, Huo e Neuhoff (2012), os incentivos dados pelo governo alemão para a implantação do uso da energia solar fotovoltaica foram: apoio ao investimento para fábricas na Alemanha, por subsídios e incentivos em dinheiro por meio do programa de tarefa conjunta em nível federal e estadual e do programa de provisão de investimento na Alemanha Oriental; empréstimos bonificados em nível federal e estadual; garantias públicas para facilitar o financiamento de projetos de investimento pelo mercado de capitais em nível estadual e combinado estadual e federal; empréstimos a juros reduzidos pelo banco de desenvolvimento alemão KfW em nível federal e pelos bancos estaduais de desenvolvimento, no financiamento para P&D pelo Ministério Federal do Ambiente, Conservação da Natureza e Segurança Nuclear (Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU)) e pelo Ministério Federal da Educação e Pesquisa (Federal Ministry of Education and Research (BMBF)). Além disso, os autores afirmam que o acelerado desenvolvimento da tecnologia fotovoltaica nas últimas décadas reduziu o preço do sistema em 52% entre os anos de 2006 e 2011; no entanto, a maioria dos novos investimentos no setor fotovoltaico ainda é obtida por meio do apoio governamental. Embora essa situação represente um desafio, porque cria incerteza regulatória e requer um contínuo apoio público, ao mesmo tempo representa uma oportunidade, porque a decisão de política pública no apoio ao solar fotovoltaico pode ser a base para uma estratégia de inovação com programas de P&D e apoio à produção inovadora de tecnologia. O Gráfico 7 apresenta a visão da evolução crescente das instalações de geração de energia solar fotovoltaica no período de 2000 a 2014.

Gráfico 7 – Instalação anual de sistemas de geração solar fotovoltaicos na Alemanha no período de 2000 até 2014.



Fonte: Autor

Nota: Elaborado com informações baseadas em BMWi, 2014, p. 12; REN21, 2015, p. 198.

O relatório da BMU (2009) apresenta que a eletricidade é gerada principalmente em grandes centrais e com as fontes usuais, como o carvão e o linhito, o minério de urânio, bem como o gás e o óleo para aquecimento. Em 2008, com a participação crescente da energia renovável a sua participação na matriz energética do país já era de 14,8%, ante os 6,3% registrados em 2000. Embora a participação da energia solar fotovoltaica seja de 4% em relação ao total das fontes renováveis, tem 99% de suas instalações conectadas à rede e somente 1% está fora do sistema (SOLANGI et al., 2011).

Um dos fatores impulsionadores dessa dinâmica é o movimento do povo alemão junto aos seus parlamentares contra o aumento da geração nuclear e os impactos da energia à base de carvão mineral. Essas práticas fizeram da Alemanha um exemplo na comunidade europeia e internacional em energias renováveis, principalmente a solar fotovoltaica, gerando 38,2 GW de eletricidade em 2014, superando países líderes de mercado, como China, Estados Unidos e Japão, mantendo incentivos legais e financeiros para a sua estabilidade no mercado, com legislações claras e transparentes para os investidores e os consumidores em geral.

Cucchiella e D'Adamo (2012) mostram que a UE em 2010 foi o maior mercado de fotovoltaico do mundo, no qual, do total instalado, a Alemanha sozinha teve 50% dessa energia, a Itália veio em seguida com 17,5% e a República Checa com 11,2% e juntas representaram 84% da energia solar fotovoltaica instalada na UE.

O relatório da BMWi (2015) apresenta a participação percentual das fontes geradoras de energia elétrica na Alemanha em 2014 com as seguintes correspondências: 25,5% por lignito; 18% por carvão mineral; 15,9% por energia nuclear; 9,6% por gás natural; 0,8% por óleo mineral; 4,4 % por outros e 25,8% por renováveis, que se subdividem da seguinte forma: 8,6% por eólica; 7,0% por biomassa; 5,8% por solar fotovoltaica; 3,4% por água biogênica e 1,0% por resíduo doméstico biogênico.

3.3 JAPÃO

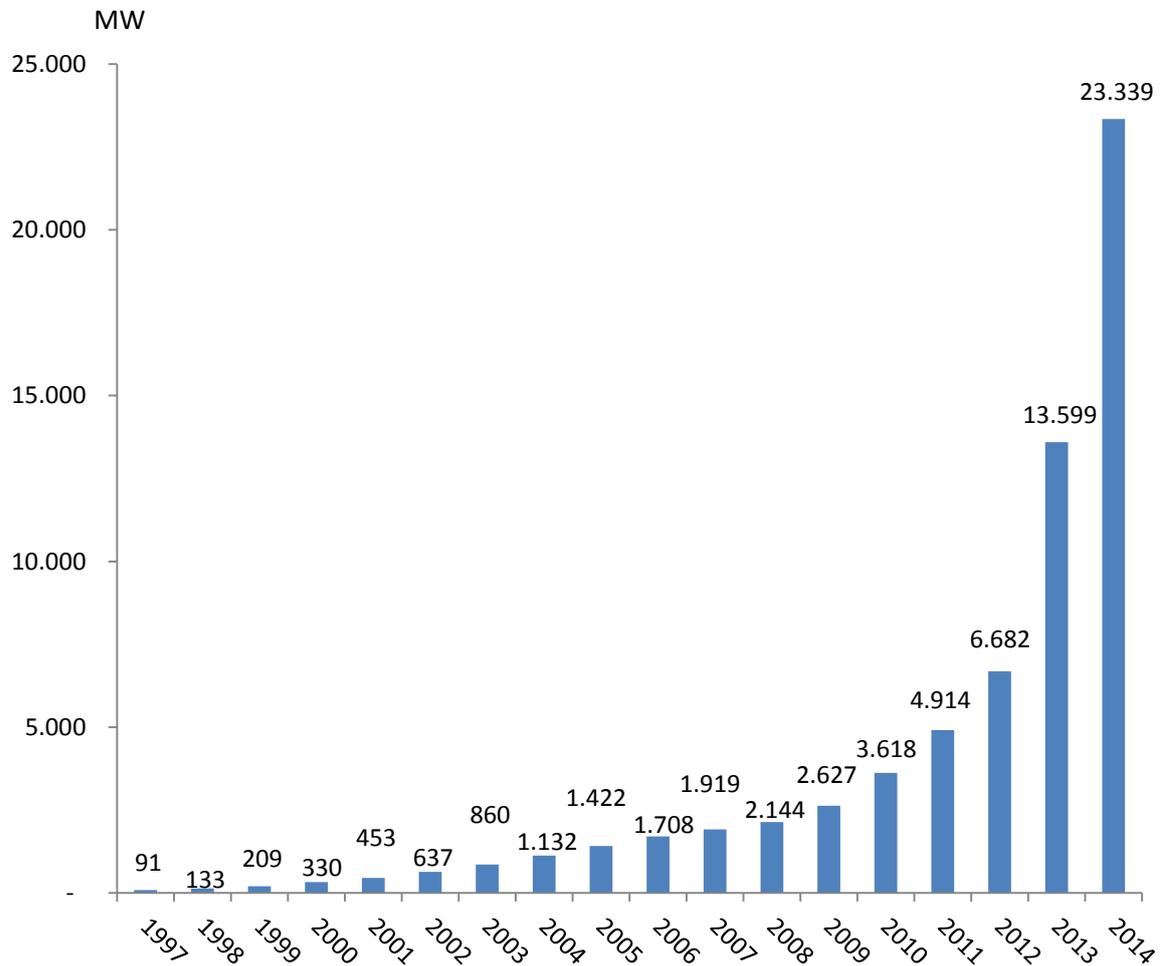
Até a década de 1970, o Japão tinha uma matriz energética baseada em combustíveis fósseis. Para diminuir a dependência dessa fonte de energia, ele diversificou a matriz com o aumento no uso do carvão mineral, gás e usinas nucleares. Esses processos de diversificação se deram em função das duas crises do petróleo, sendo a primeira em 1970 e a segunda em 1979. Logo após a primeira crise, o governo lançou o programa nacional de P&D, chamado Luz do Sol, com a finalidade de desenvolver fontes de energias não fósseis até o ano 2000. O programa se manteve de 1974 até 1981, envolvendo tanto as atividades públicas como as privadas no desenvolvimento de novas tecnologias energéticas. Após a segunda crise, em 1979, o programa exigiu mais investimentos do governo em desenvolvimentos de energias renováveis, pois os esforços até aquele momento não foram suficientes para evitar os desconfortos provocados pela crise. Em 1980, foi promulgada a Lei de Energia Alternativa, que se transformou no principal pilar do projeto para a energia solar, com um abundante e estável orçamento da ordem de 6 bilhões de dólares para o desenvolvimento da tecnologia fotovoltaica durante os anos de 1980 e 1990, estimulando as empresas a investirem no desenvolvimento desse tipo de tecnologia. O governo transferiu a responsabilidade da condução do projeto para a Organização de Desenvolvimento de Nova Energia, uma organização quase governamental (Quasi-Governmental Organization: tradução nossa). Em 1993, surge o Novo Projeto Luz do Sol pela fusão do Programa Luz do Sol com o Programa Luz da Lua e o Programa de P&D de Tecnologia Ambiental para a criação da indústria fotovoltaica japonesa e do mercado interno (CHOWDHURY et al., 2014).

Na 15ª. Conferência das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (COP15), realizada em setembro de 2009, o primeiro-ministro japonês proclamou o corte de 25% dos GEE aos níveis de 1990 até 2020 (AYOUB; YUJI, 2012).

Avril et al. (2012) apresentam em ordem cronológica os diversos programas de demonstração que foram lançados pelo governo japonês e administrados pela Fundação Nova Energia. Esses programas de demonstração permitem o controle do desenvolvimento das instalações com análise do tipo, local e quantidade do sistema fotovoltaico, enquanto a tecnologia não estava madura e sem forte apoio de P&D para melhorar a tecnologia. Os principais programas de demonstração implantados foram: o Programa de Disseminação do Sistema Fotovoltaico Residencial em 1994, com subsídios do custo da instalação. Em seguida, o Projeto Piloto de Promoção de Infraestrutura de Eco-Escola em 1997, que implementou o piloto da escola amiga do meio ambiente. Com o objetivo de promover a implantação de novas energias localmente, criou-se o Projeto de Apoio para os Esforços Locais em 1997, com subsídios de até 50% do valor da instalação para sistema com saída de 50 kW ou mais. Já para as empresas, para acelerar a nova energia junto a empreendedores privados, criou-se o Projeto de Subsídio Financeiro para Empreendedores, que introduz a Nova Energia em 1997, e o Projeto do Campo de Provas para uso Industrial em 1998, com subsídio de 50% da instalação. Em 2000, lançou-se o Projeto de Introdução e Promoção da Nova Energia em Nível Regional e o Programa de Apoio para Deter o Aquecimento Global em 2001. Em 2007 e 2008 houve uma redução de instalações em virtude da diminuição da ajuda do governo. Em 2009 com a promulgação da Lei sobre a Promoção do Uso de Fontes de Energia Não Fósseis e a Utilização Eficaz de Materiais de Fonte de Energia Fóssil por fornecedores de energia, o cenário começou a mudar, pois nesse período foi retomado o programa de subsídios para os sistemas fotovoltaicos residenciais e iniciado o programa para a compra da energia solar fotovoltaica excedente. A energia gerada e não consumida era enviada para a rede elétrica e era comprada pela fornecedora pelo dobro do valor em relação à geração convencional.

O Gráfico 8 apresenta a evolução crescente das instalações de geração solar fotovoltaicas no Japão no período de 1997 a 2014. No gráfico observa-se que a evolução acentuada das instalações se deu a partir do ano de 2009.

Gráfico 8 - Instalação anual de sistemas de geração solar fotovoltaicos no Japão no período de 1997 até 2014.



Fonte: Autor

Nota: Elaborado com informações baseadas em IEA, 2015d, p. 6.

Avril et al. (2012) apresentam que, devido à nova meta do governo em dobrar a capacidade instalada até 2020, a quantidade de instalações de geração de energia solar fotovoltaica em 2009 se ampliou mais que 100% em relação a 2008, isto é, a capacidade instalada em 2008 em relação a 2007 foi de 225 MW e a capacidade instalada em 2009 em relação a 2008 foi de 483 MW. Os autores apresentam que, devido ao terremoto de 11 de março de 2011, ao tsunami e ao seu desastre nuclear em Fukushima, o Japão irá incentivar ainda mais o desenvolvimento das energias renováveis, como a solar fotovoltaica, para reduzir as importações dos combustíveis fósseis.

Ainda assim, também no Japão, a participação da energia solar fotovoltaica ainda é restrita.

O informativo Energy Democracy (MATSUBARA, 2014) destaca as fontes e seus percentuais na geração de energia elétrica no Japão em 2013, correspondendo a: 37,4% por

gás natural liquefeito; 30,3% por carvão; 13,0% por óleo; 7,6% por outras térmicas; 0,8% por nuclear; 6,1% por grandes hidroelétricas e 4,7% por renováveis, que se subdividem da seguinte forma: 1,6% por pequenas hidroelétricas; 1,3% por solar fotovoltaica; 1,1% por biomassa; 0,5% por eólica e 0,2% por geotérmica.

3.4 ITÁLIA

O sistema de geração de energia por células solares fotovoltaicas na Itália iniciou-se em 2003 com o Decreto Legislativo 387 de 2003, atendendo à diretiva da Comunidade Europeia (CE) para fontes renováveis, Diretiva 2001/77/CE. O programa de geração de energia por célula solar fotovoltaica entrou em vigor com os decretos de 28 de julho de 2005 e 06 de fevereiro de 2006 e dava incentivos na tarifa por um período de 20 anos para a energia produzida pelos sistemas fotovoltaicos. Em 19 de fevereiro 2007 foi lançado o programa Segundo Conto de Energia que estabeleceu novos critérios para impulsionar a produção de eletricidade por sistema fotovoltaico e durou até 31 de dezembro de 2010. Suas principais alterações foram ampliações dos incentivos para toda a energia produzida, redução da burocracia para a obtenção da tarifa e as diferenciações das tarifas de acordo com o tipo de integração arquitetônica e tamanho da planta de geração, além da integração com a eficiência energética. O Terceiro Conto de Energia foi lançado em 06 de agosto de 2010, aplicável para novas instalações que entrassem em operação entre 01 de janeiro de 2011 e 31 de maio de 2011, e nele se definiram as diversas categorias de plantas de geração solar fotovoltaica. O Quarto Conto de Energia foi lançado em 05 de maio de 2011 e definiu o mecanismo de incentivos para a produção de energia pelos sistemas fotovoltaicos para as novas plantas que entrassem em funcionamento a partir de 31 de maio de 2011. Em 05 de julho de 2012 foi publicado o Quinto Conto de Energia que redefine o incentivo de geração de energia pelo sistema fotovoltaico e sua duração se dará até o trigésimo dia a partir da data que os custos cumulativos dos incentivos atingirem 6,7 bilhões de euros por ano (GESTORE SERVIZI ENERGETICI (GSE), [2015]).

Cucchiella e D'Adamo (2012) relatam que o rápido crescimento do mercado na Itália no período de 2008 e 2009 se deve às alterações no decreto sobre a FIT, ocorridas no início de 2007.

O relatório da IEA (2010) apresenta a Itália em 2010 como o segundo maior mercado fotovoltaico no mundo, resultado dos fortes incentivos internos do governo por meio do Programa Conto de Energia, que levou à grande participação e ao grande aumento das

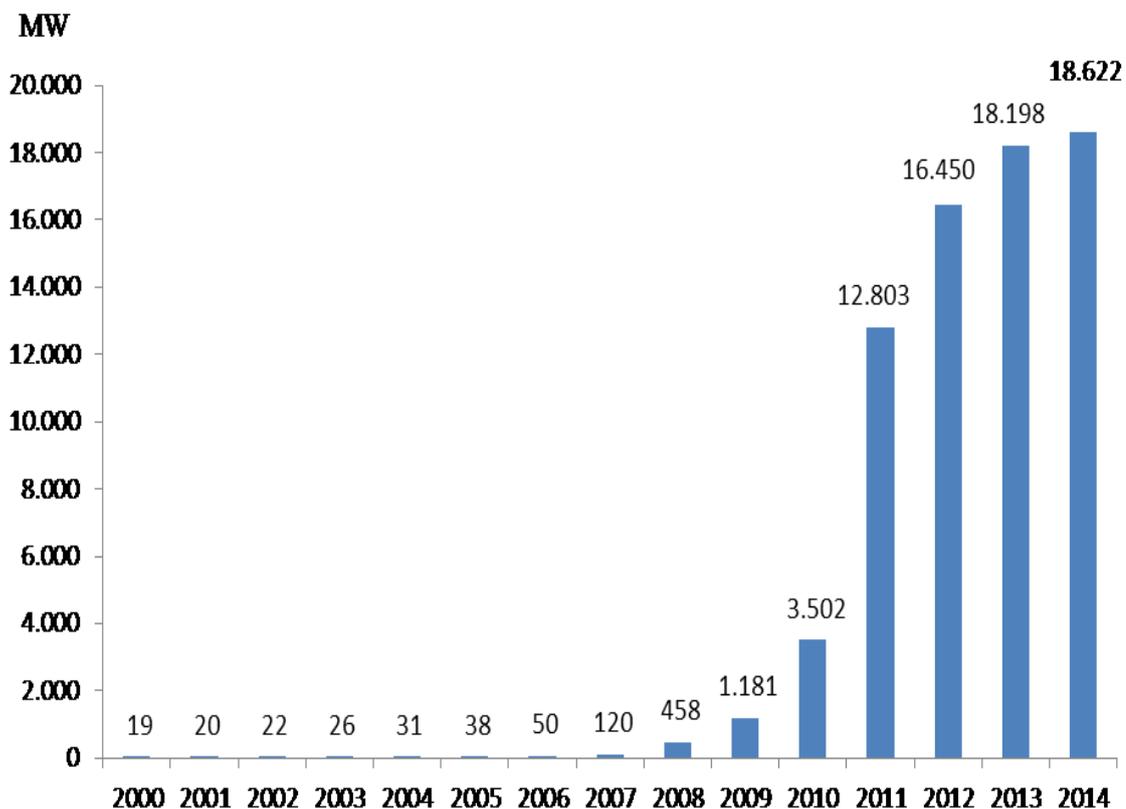
instalações solares fotovoltaicas. Por sua vez, Cucchiella e D'Adamo (2012) argumentam que o governo italiano teve um papel importante, com um regime de apoio muito atraente misturando *net metering* e um mix de FIT segmentado.

A FIT e a tarifa *net metering* foram fixadas no período de 2008 a 2010 e destinadas inicialmente para pequenas centrais elétricas integradas em telhados ou no ambiente da superfície terrestre. Entretanto, em 2011 foi proposto um novo esquema pelo governo, o qual reduziu fortemente os benefícios da FIT para as centrais geradoras acima de 200 kW, mesmo assim o mercado continuou em franca expansão para as instalações de sistemas de geração fotovoltaicos. A FIT era aplicada em qualquer região, independente da diferença geográfica em relação à radiação solar. Com isso, as regiões do norte têm um maior percentual de potência instalada em relação a sua superfície ou à irradiação solar no chão. Em relação à região central, o percentual de potência instalada é praticamente similar à irradiação na superfície. Finalmente, a região sul tem um percentual instalado menor que a superfície. As instalações de geração de energia solar fotovoltaica, tanto as de pequeno como as de médio porte, foram construídas nas regiões do norte, que são mais ricas, com investimento pessoal próprio por famílias ou pequenas e médias empresas, enquanto no sul, onde a irradiação solar é maior, os investimentos foram em grandes centrais de geração, geralmente efetuados por empresas de energia ou por empresas de investimentos (ANTONELLI; DESIDERI, 2014).

O crescimento das instalações solares fotovoltaicas na Itália ocorreu a partir de 2010 com o decreto *Salva Alcoa*, no Segundo Conto de Energia, com as taxas de incentivo FIT amplamente reconhecidas em todos os sistemas fotovoltaicos em que as instalações de estrutura e montagem dos componentes elétricos tenham sido concluídas até dezembro de 2010 e ligadas à rede até junho de 2011 (SPERTINO; DI LEO; COCINA, 2013).

No Gráfico 9 é possível visualizar o acentuado crescimento das instalações de geração solar fotovoltaicas a partir de 2010.

Gráfico 9 - Instalação anual de sistemas de geração solar fotovoltaicos na Itália no período de 2000 até 2014.



Fonte: Autor

Nota: Elaborado com informações baseadas em IEA, 2015c, p. 8.

Uma das barreiras apresentadas para o sistema fotovoltaico na Itália foi as redes elétricas de algumas regiões do sul que se tornaram inadequadas para atender tanto a rede de geração de energia eólica quanto a de energia solar fotovoltaica, pois ambas têm a mesma grandeza com a carga de pico, sendo necessário criar um plano especial de desenvolvimento da rede elétrica com o crescimento da geração solar fotovoltaica. Mas há também outros riscos, como os subsídios diminuírem antes do planejado ou algumas regiões criarem restrições ao uso da terra para a geração solar fotovoltaica para dar lugar à agricultura (IEA, 2010).

O Programa Conto de Energia foi encerrado em julho de 2013, quando se atingiu o valor de 6,7 bilhões de euros de incentivo para a geração solar fotovoltaica, valor definido no Quinto Conto de Energia, e as instalações dos sistemas fotovoltaicos remanescentes, inscritas nos registros *Gestore Servizi Energetici*, foram concluídas em maio de 2014 (IEA, 2015c).

Para Antonelli e Desideri (2014) o crescimento das instalações solares fotovoltaicas na Itália ocorreu por meio do incentivo que o governo aplicou na FIT e que resultou em um crescimento desordenado das instalações, pois não importava o tamanho ou o número das plantas de geração de energia solar fotovoltaica, desde que instaladas em um período de três anos ao longo de todo o país, independentemente do nível de irradiação solar das regiões do norte em relação às regiões do sul que são mais ensolaradas. Os encargos do custo de incentivo não são pagos pelos impostos nacionais, mas cobrados nas contas de energia elétrica e serão distribuídos para todos os cidadãos e empresas italianas como uma taxa adicional nas faturas nos próximos vinte anos.

Os dados disponíveis mostram uma evolução importante da participação da energia solar fotovoltaica na matriz energética italiana.

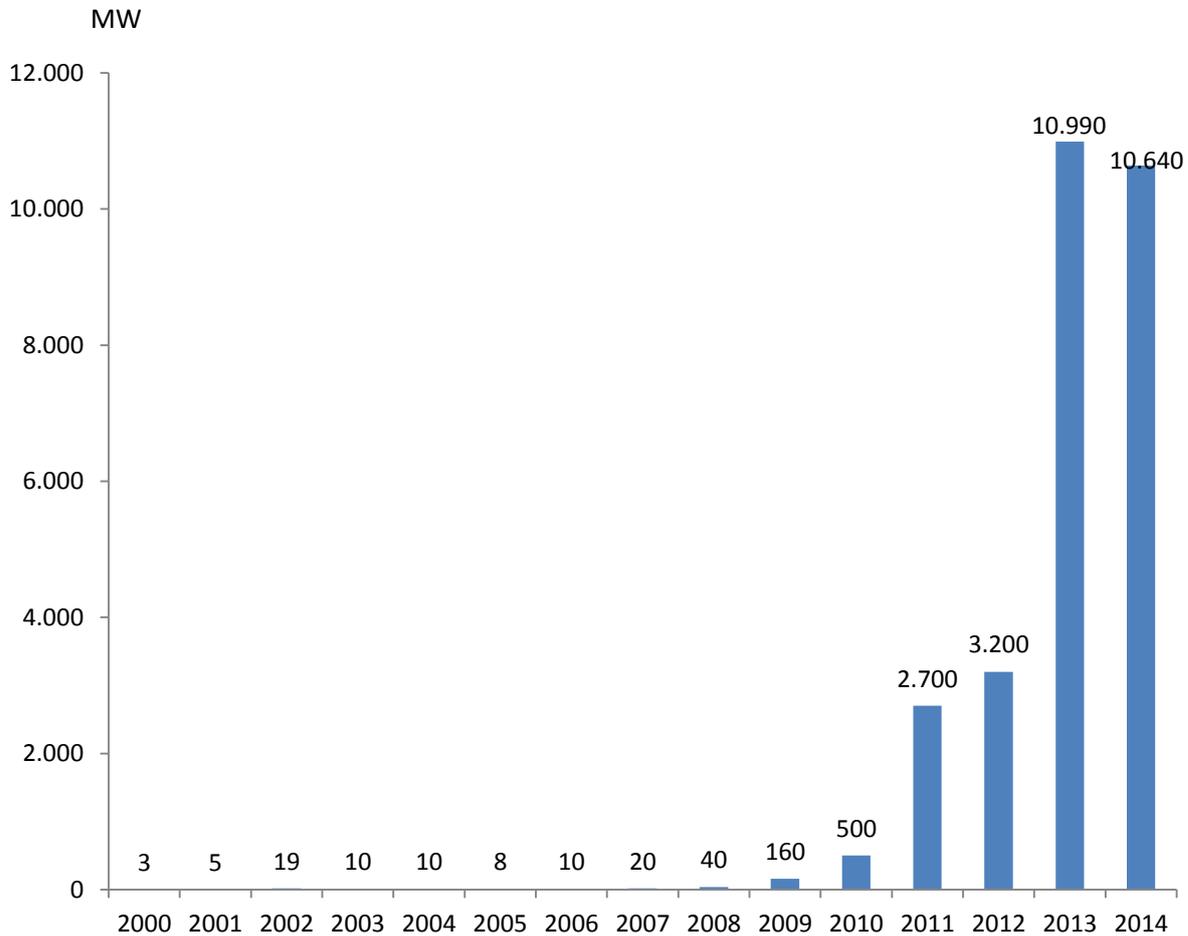
O relatório The Italian Regulatory Authority for Electricity, Gas and Water (2015) destaca a participação das fontes e seus percentuais na geração de energia elétrica na Itália em 2014, as quais correspondem a 56,4% por geração térmica, sendo: 16% por combustíveis sólidos, 34% por gás natural, 2% por óleo e 5% por outros tipos; e por 43,6% por fontes renováveis, sendo: 21% por hídrica, 5% por eólica, 9% por solar fotovoltaica, 2% por geotérmica e 6% por biomassa e resíduos.

3.5 CHINA

A conferência de Copenhague (COP15) em 2009 foi marcada pelo compromisso que a China assumiu perante o mundo com a redução das emissões de CO₂. A meta declarada foi de uma redução de CO₂ por unidade de PIB de 40% a 45% até 2020 em relação aos níveis de 2005. O seu plano para atingir o resultado foi o aumento de 15% das fontes de energia não fósseis na sua matriz energética. Com essa ambiciosa meta, a China atende às expectativas internacionais e à visão de longo prazo para seu planejamento econômico e social (YUAN; HOU; XU, 2012).

No Gráfico 10 é possível visualizar a instalação anual de sistemas de geração solar fotovoltaicos na China no período de 2000 até 2014 e o acentuado crescimento das instalações a partir de 2010.

Gráfico 10 - Instalação anual de sistemas de geração solar fotovoltaicos na China no período de 2000 até 2014.



Fonte: Autor

Nota: Elaborado com informações baseadas em IEA, 2015a, p.9.

Grau, Huo e Neuhoff (2012) apontam que a China em 2009 promoveu uma série de políticas de mercado para a geração de energia solar fotovoltaica e lançou o programa *Golden Sun*, além de alguns projetos em grande escala na grade de tarifas FIT. Todas as iniciativas têm o objetivo de um programa de médio e longo prazo de desenvolvimento de energia renovável com metas oficiais de instalação até 2020. Houve também incentivos por intermédio de subsídio para os investidores que adquirissem o sistema de geração fotovoltaico diretamente dos fabricantes. Esse subsídio corresponde a uma redução de 50% quando está interligado na rede de distribuição da cidade e de 70% quando fora da rede de distribuição, aplicado nas áreas rurais. Além disso, existe o apoio ministerial na implantação e inovação com alta tecnologia a pequenas empresas e um orçamento de apoio em P&D para instituições de pesquisa e empresas. Essas ações têm o objetivo de atender ao Plano Quinquenal, emitido pelo governo federal. Existem ainda outras facilidades para incentivar a indústria fotovoltaica,

como empréstimos e créditos oferecidos pelos bancos do governo e do estado aos fabricantes, investimentos e subsídios diretos aos fabricantes de equipamentos fotovoltaicos, com redução de impostos e empréstimos a juros reduzidos. Esses regimes de apoio à tecnologia para os sistemas fotovoltaicos são amplamente utilizados e permitiram a viabilização dos projetos de geração solar fotovoltaica e com redução de custos.

A fim de promover o desenvolvimento saudável da indústria a Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma em agosto de 2013 realizou o ajuste do preço de referência da central de energia solar fotovoltaica, definiu a nova política da FIT e enfatizou que o período do preço de referência da geração solar fotovoltaica e a FIT era de 20 anos. Com isso a política de preço de referência e a FIT tornaram-se uma das mais vantajosas da política de geração distribuída para motivar a geração solar fotovoltaica (IEA, 2014).

O relatório da IEA (2015a) apresenta que a China em 2014 atingiu a potência 28 GW em instalações acumuladas em geração solar fotovoltaica conectadas à rede de energia elétrica, atingindo o segundo lugar no ranking mundial, logo após a Alemanha e superando a capacidade instalada do Japão, Itália e dos Estados Unidos. Observa-se que a capacidade instalada em 2014 conectada à rede foi de 10,6 GW e que representa um percentual de 25% da capacidade instalada no mundo nesse ano. Além disso, há dois anos consecutivos a China é o maior mercado de aplicação fotovoltaico no mundo. Na escala industrial mantém a posição de liderança global, atingindo 35,6 GW de módulos fotovoltaicos produzidos, um aumento de 30% em relação ao ano de 2013, respondendo por 68,5% da produção total do mundo.

O crescimento significativo nos investimentos em energia solar fotovoltaica não foi suficiente para transformar essa alternativa em uma variável importante na matriz energética chinesa.

A Reuters (2015) apresenta o balanço da geração de energia elétrica na China em 2014 com um crescimento no consumo de 3,8% em relação ao ano anterior e uma capacidade total de geração de 1.360,19 GW, que corresponde a: 915,69 GW em térmicas (67,32%), 301,83 GW em hidroelétricas (22,19%), 19,88 GW em nuclear (1,46%); 95,81 GW em eólicas conectadas à rede (7,04%) e 26,52 GW em solar fotovoltaica conectada à rede (1,95%), ou seja, 122,33 GW ou 8,99% por fontes renováveis. No balanço, foram excluídas as unidades geradoras menores que 6 MW.

3.6 BRASIL

Pereira et al. (2012) defendem que o Brasil com uma extensa área de 8,5 milhões de km² e altos níveis de irradiação solar permite a implantação dos sistemas de geração de energia por células solares fotovoltaicas. A irradiação no território nacional apresenta valores superiores aos da Alemanha, país que tem a maior capacidade instalada de geração solar fotovoltaica no mundo e que possui uma irradiação mínima de 2,95 kWh/m²/dia e máxima de 3,42 kWh/m²/dia, enquanto no território brasileiro o valor mínimo da irradiação solar é de 4,25 kWh/m²/dia e o máximo de 6,75 kWh/m²/dia (WORLD WIDE FUND FOR NATURE–BRASIL (WWF-BRASIL), 2015).

A WWF-Brasil (2015) apresenta aspectos relevantes sobre a energia solar fotovoltaica, como a grande capacidade de geração de empregos associados à cadeia produtiva, a proximidade de suas instalações dos centros de demanda de energia, a capacidade de se somar com outras fontes renováveis e o reduzido impacto ambiental no seu processo produtivo.

Apesar das condições brasileiras favoráveis para tornar o país um grande produtor de energia elétrica a partir do uso intensivo de células solares fotovoltaicas, as iniciativas em curso são ainda bastante restritas. Em 1994 foi criado o PRODEEM (Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios) para aquisição de sistemas fotovoltaicos para geração de energia elétrica para as comunidades isoladas, instalando o equivalente a 5 MWp e atendendo a 7.000 comunidades em todo o país. A iniciativa foi incorporada ao Programa Luz para Todos que teve como objetivo atender às localidades remotas não eletrificadas no território nacional, no qual foram instalados 2.046 sistemas fotovoltaicos e cadastrados 70.451 projetos no Sistema de Gerenciamento de Projetos do Programa Luz para Todos, totalizando 319.259 projetos desde 2004, isso considerando somente os compromissos da Eletrobras (ABINEE, 2012).

A experiência do PRODEEM adquirida com as instalações de geração solar fotovoltaica no atendimento das comunidades isoladas, entre elas a dos sistemas de acionamento de bombas-d'água na irrigação, deu uma melhor visão das dificuldades existentes na sua implantação, começando com a logística, a licitação, a formação de mão de obra qualificada e a manutenção do sistema fotovoltaico (ABINEE, 2012).

Por sua vez, Silveira, Tuna e Lamas (2012) destacam que a energia solar fotovoltaica, tanto no Brasil como no mundo, depende de subsídios dos governos para ser viável economicamente, sem levar em conta os benefícios que essa fonte traz como energia limpa. Nesse trabalho, os autores efetuam um estudo comparando o uso do sistema de geração de

energia elétrica descentralizado das redes de distribuição nas comunidades isoladas, por meio de geradores a diesel, com o de geração solar fotovoltaica. Os apontamentos observados para o sistema diesel é que, apesar de necessitar de uma pequena área para sua instalação, o seu custo de aquisição ser baixo, ter uma disponibilidade no mercado e com baixo custo do combustível, que proporcionam uma grande vantagem para o sistema, ele tem suas contrapartidas, como necessidade de manutenções periódicas com mão de obra especializada, suprimento constante de combustível, com volatilidade do custo do combustível sujeito à elevação de mercado, além da geração de ruído e de emissão de CO₂. Por sua vez, o sistema solar fotovoltaico, apesar de ter uma limitação de viabilidade imediata no mercado, de apresentar um alto custo inicial e da necessidade de uma grande área para sua instalação, comparando-o com a mesma potência do sistema a diesel, o solar fotovoltaico traz vantagem de requerer baixa manutenção, de ser um sistema confiável e de apresentar uma fonte de energia solar disponível e livre de custo, destacando que o Brasil tem condições excelentes de irradiação solar em seu território. Com todas essas vantagens, soma a isso que a geração solar fotovoltaica é uma fonte limpa e sem poluição sonora e de emissão atmosférica.

Já informações da WWF-Brasil (2015) mostram que a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) promulgou algumas legislações para assegurar ao mercado as regras e normas para que a geração, aquisição e distribuição de energia fossem claras e objetivas a todos os interessados no processo. O Decreto nº 5.163/2.004 determina que a aquisição de energia elétrica proveniente de empreendimentos de geração distribuída seja precedida de chamada pública, promovida diretamente pelo agente de distribuição. Já a Resolução Normativa ANEEL 481/2012 permite que projetos fotovoltaicos de até 30 MW tenham desconto de 80% nas Tarifas de Uso dos Sistemas de Transmissão (TUST) e nas Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) ao longo dos 10 primeiros anos de operação, o que permite reduzir o preço final da energia. Só que os descontos valem apenas para projetos que entrarem em operação até o final de 2017. Por sua vez a Resolução ANEEL 482/2012, que estabelece as regras do *net metering* para a geração distribuída, determina que as concessionárias de distribuição passem a cobrar apenas o saldo líquido entre energia entregue ao consumidor descontada da energia gerada por ele e injetada na rede, além de definir outras condições, como medidores e requisitos de rede, para viabilizar essa troca. O termo geração distribuída é dado para sistemas de pequeno porte instalados em residências.

Em novembro de 2013 ocorreu o primeiro Leilão de Energia (A-3) para empreendimentos em geração solar fotovoltaica, para potências igual ou superiores a 5 MW, eólica e termoelétricas à base de biomassa ou a gás natural em ciclo combinado, para início de

suprimento a partir de janeiro de 2016. Os resultados do leilão foram bastante desanimadores para a expansão da energia solar fotovoltaica no país. O leilão só recebeu propostas de geração eólica com um total de 867,6 MW (PINHO; GALDINO, 2014). Já o sexto Leilão de Energia de Reserva (LER), realizado pela ANEEL em 31 de outubro de 2014, foi um acontecimento importante para a inclusão da energia solar fotovoltaica. O seu resultado foi uma contratação de 889,7 MW em projetos de energia solar fotovoltaica, que totalizaram 31 projetos (WWF-BRASIL, 2015).

A EPE (2014) relata que o estudo analítico efetuado em 2012 sobre a inserção da fonte solar na matriz energética brasileira analisou diferentes alternativas, tanto as de caráter centralizado como as de caráter distribuído, e que contemplou simulações considerando os efeitos de diferentes políticas de incentivo no custo nivelado da fonte e seus resultados de competitividade. A Resolução Normativa 482/2012 da ANEEL trouxe a necessidade de se realizar uma nova análise sobre a inserção da geração distribuída solar fotovoltaica. Observou-se também que a penetração deste tipo de geração ainda depende de sua própria competitividade, em virtude de não haver incentivos diretos e da existência de algumas limitações, como a restrição da compensação dos créditos às unidades de mesma titularidade deste modelo de negócio. Ressalta-se também que os incentivos diretos adotados em diversos países para esta fonte de energia são uma necessidade para a sua participação na matriz energética e que não ocorrem no Brasil.

O estudo levou em conta o potencial técnico de geração solar fotovoltaica em telhados residenciais e constatou o potencial estimado de 32 GW médios, ou seja, 2,3 vezes maior que o consumo elétrico residencial em 2013, podendo suprir a carga em questão e gerar um potencial de energia excedente para a rede. Além disso, observou-se que a adoção da fonte de energia solar fotovoltaica no Brasil se dará de forma mais autônoma, diferente dos outros países que tiveram fatores motivadores na sua adoção e se utilizaram de diversos incentivos diretos. Destaca-se, também, que o sistema tarifário *net metering* no Brasil não traz a mesma atratividade observada em outros sistemas tarifários empregados nos outros países, assim a solar fotovoltaica estará dependente da própria capacidade de se viabilizar economicamente e, em consequência, a sua expansão demandará um tempo maior para a sua efetiva participação no cenário brasileiro (EPE, 2014)

Por outro lado, as medidas orientativas do Convênio ICMS 6, do CONFAZ (Conselho Nacional de Política Fazendária), que tributa a compensação de energia, diminui a atratividade dos sistemas solares fotovoltaicos, reduzindo ainda mais esta fonte na matriz de energia do país. Vale destacar que, pela análise de sensibilidade realizada sem considerar a

tributação orientada pelo CONFAZ, o cenário projetado para 2023 da geração solar fotovoltaica seria por volta de 60% superior ao cenário atual. Segundo a análise, para os distribuidores e governo o impacto é de perda de receita, uma vez que as distribuidoras deixam de vender energia e o governo deixa de arrecadar tributos com a energia comercializada. Apesar deste efeito, a EPE identifica que a arrecadação com impostos sobre os investimentos realizados supera largamente a parcela advinda da venda de energia, tendo desta forma um aumento proporcional nos investimentos ao projetado da capacidade instalada, representando também um aumento de aproximadamente 60% até 2023 e também um aumento de 10% no saldo tributário, em virtude do volume dos investimentos. Com isso, a tributação orientada pelo CONFAZ diminui a atratividade da geração solar fotovoltaica e posterga a sua inclusão na matriz energética brasileira, além de reduzir os benefícios de desenvolvimento deste mercado no país e que também tende a acabar com o objetivo do sistema de *net metering* de viabilizar a geração distribuída de pequeno porte com garantia de confiabilidade (EPE, 2014).

A EPE (2014) ressalta também que a redução de receita ou o aumento de custo devem ser ponderados para que não haja penalização para a geração distribuída e a solar fotovoltaica em relação a custos e benefícios. Além disso, existe a necessidade de considerar a geração distribuída na formulação da matriz energética do país, propiciando assim uma rápida penetração da solar fotovoltaica no cenário energético. Vale ressaltar que o objetivo principal do estudo é o de entender a dinâmica da geração solar fotovoltaica que, além de trazer benefícios energéticos e ambientais, contribui também com benefícios econômicos e sociais e também dentro de um programa de desenvolvimento tecnológico. Apresenta-se a necessidade do desenvolvimento de um plano de ação para o setor, com um levantamento da cadeia industrial solar fotovoltaica, os benefícios de suas etapas produtiva no país, seus gargalos e as ações a serem desenvolvidas para esta base industrial, além da possibilidade de atender aos sistemas isolados com este tipo de fonte por meio de leilões.

A WWF-Brasil (2015) apresenta a necessidade de uma política de governo para que haja o desenvolvimento do setor fotovoltaico no país, como a isenção fiscal e tributária, tais como PIS, Contribuição para o Financiamento de Seguridade Social (COFINS), Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), Imposto de Renda e Contribuição Social sobre Lucro Líquido (CSLL). No âmbito da produção as células e os módulos solares fotovoltaicos e, inclusive, os diversos equipamentos envolvidos na produção da fonte de energia também demandam incentivos financeiros para as empresas do setor e para que isso seja viável é necessária a criação de uma demanda anual mínima de 1.000 MW de novas instalações da

geração solar fotovoltaica nos leilões de energia promovidos pelo governo, isso para garantir um desenvolvimento continuado no setor desta fonte energética. Outro fator importante apontado é a necessidade de criação de linhas de financiamento para o consumidor para a aquisição dos sistemas, além de uma maior divulgação dos benefícios dessa fonte de geração de energia renovável.

O Greenpeace Brasil (2015) relata em seu site no artigo “O sol nasceu para todos” que a Resolução 482 da ANEEL passou a permitir que todo cidadão use seu telhado para gerar a própria eletricidade e receber descontos em sua conta de luz, além de um potencial de geração de empregos, diretos e indiretos, da ordem de 6 milhões de novos postos de trabalho e de uma economia da ordem de R\$ 95 bilhões/ano para a população.

Outro destaque apresentado é a necessidade de uma participação maior do governo para incentivar o uso dessa tecnologia e o desenvolvimento da indústria nacional, além da necessidade da criação de linhas de crédito subsidiadas para a aquisição do sistema e a liberação do uso dos recursos do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS) ao trabalhador para a aquisição deste sistema (GREENPEACE BRASIL, 2015).

O Greenpeace, em parceria com a Market Analysis, realizou em 2013 um estudo para a avaliação e a percepção dos brasileiros sobre a energia renovável no país. O trabalho da Market Analysis (2013), intitulado “Os brasileiros diante da microgeração de energia renovável”, consiste em verificar qual é o nível de conhecimento da população sobre a microgeração de energia e da Resolução 482 da ANEEL e as percepções dos consumidores sobre os resultados que a implantação do sistema de microgeração de energia pode trazer, além de identificar o interesse que os consumidores têm em investir nesse sistema.

A pesquisa do Market Analysis (2013) aponta que a microgeração de energia ainda é pouco conhecida, destacando que quatro em cada dez brasileiros nunca ouviram falar no assunto. O conhecimento do tema se restringe apenas a 3 em cada 10 brasileiros que afirmam conhecer muito ou alguma coisa sobre o tema, sendo eles da classe AB, de alta escolaridade, entre os mais velhos e na região Centro-Oeste.

A maioria dos brasileiros diz ter algum conhecimento quando o assunto é tratado como microgeração de energia solar, mas se confunde com os sistemas de aquecimento solar. Um fator a ser observado é que a microgeração de energia gera curiosidade e atinge grande receptividade e a possibilidade de gerar a própria energia desperta reações positivas, tanto com relação ao meio ambiente quanto à expectativa de redução de custos com energia. Por sua vez, a pesquisa traz inúmeros questionamentos sobre a relação custo-benefício desse sistema de geração de energia, além da crença de que o custo de instalação seja alto e de que

esse sistema de geração resolveria os problemas de fornecimento de energia. Apesar de todas essas observações, a maioria dos brasileiros pesquisados afirma que instalaria o sistema se existissem linhas de financiamento apropriadas com juros baixos. O fato destacado é que o maior conhecimento sobre a microgeração de energia impulsiona a sua favorabilidade e a intenção de investimento nesse sistema.

A informação pode ajudar a mudar o cenário brasileiro para um melhor aproveitamento do potencial de energia solar no Brasil que, além de constituir não só mais segurança energética para o país, que ultimamente tem enfrentado uma grave crise elétrica e hídrica, também tem uma grande contribuição na geração de postos de trabalho e renda para os brasileiros, além do fato de ter uma forte contribuição nas alterações climáticas.

Vale destacar que a ANEEL não incluiu a geração de energia solar fotovoltaica no Plano Nacional de Energia 2030, indicando com isso o pouco peso estratégico dessa fonte energética na política pública brasileira o que se soma ao fato de ela ser incipiente no país (EPE, 2012). Por sua vez, o Ministério de Minas e Energia (2015) apresenta em seu boletim mensal de monitoramento do sistema elétrico que a capacidade instalada em junho de 2015 da energia solar fotovoltaica foi de 0,01%.

É interessante notar que a pouca relevância dada à geração da energia solar fotovoltaica contrasta com a pesquisa de Echegaray (2013) que, ao levantar a opinião de consumidores e formadores de opinião das comunidades de negócios, revelou que esses são receptivos às energias limpas e otimistas de que a energia eólica e a solar serão as responsáveis por uma maior parte da matriz elétrica.

A partir das discussões apresentadas, verifica-se que há uma série de características presentes nos diferentes modelos de gestão da energia solar fotovoltaica nos países analisados.

O Quadro 1 apresenta as categorias de motivação, desafios, incentivos, sistemas tarifários, participação dos atores e os resultados alcançados na implantação do sistema de geração de energia solar fotovoltaica pelos principais países da tecnologia e pelo Brasil. No quadro percebe-se a existência de vários pontos em comum entre os países estudados e diferentes no Brasil.

Quadro 1 – Categorias de motivação, incentivos e desafios dos principais países e do Brasil quanto à tecnologia solar fotovoltaica.

Categorias	Países					
	Estados Unidos	Alemanha	Japão	Itália	China	Brasil
Motivação e Benefícios para Implementação	Fontes de energia renovável para redução dos impactos ao meio ambiente, utilizando o sistema de geração fotovoltaico.	Mudança na matriz energética com redução das fontes nucleares, do carvão e do petróleo e aumento das energias renováveis com programas para geração de energia fotovoltaica.	Diminuição da dependência dos combustíveis fósseis. Desenvolver fontes de energias não fósseis e implementar novas tecnologias energéticas.	Decreto Legislativo 387 (2003) atendendo a diretiva da Comunidade Europeia para fontes renováveis.	Compromisso mundial na redução de CO2 com meta de 15% em energias renováveis até 2020.	Extensa área com altos níveis de irradiação solar. Inúmeras comunidades sem redes eletrificadas.
Desafios	Ampliação dos modelos de incentivo das políticas públicas existentes para outros estados.	Requer um contínuo subsídio financeiro público.	Dependência de investimento financeiro público.	Dependente de subsídio do governo nas tarifas de energia. Reforço das atuais redes elétricas para a expansão de carga de energia fotovoltaica no país. Uso da terra para gerar eletricidade versus agricultura.	Garantir o cumprimento das metas estabelecidas pelo Governo Central para o aumento em 15% com fontes renováveis em todo o território.	Requer políticas públicas de incentivo para a implantação de plantas de geração de energia fotovoltaica e para a implantação de instalações residenciais. Faltam campanhas informativas sobre as vantagens da energia fotovoltaica para os consumidores.
Leis / Incentivo Fiscal / Incentivo Financeiro / Incentivo Tributário	Mix de políticas públicas e tarifa diferenciada <i>net metering</i> . Estados com suas próprias leis de incentivos. Incentivo Federal. Projeto Federal "Solar America Initiative" em P&D para tornar a energia fotovoltaica competitiva até 2015.	Lei para Energia Renovável com políticas públicas de incentivos financeiro e fiscal. Lei <i>Feed-in</i> (1990). Programa 1.000 telhados (1991). Programa 100.000 telhados (1999). Ato de Fontes Renováveis de Energia (2000). <i>Feed-in Tariff</i> (2000).	Investimentos em P&D para fontes alternativas: Projeto Luz do Sol (1974). Lei de Energia Alternativa e políticas de incentivo fiscal e financeiro (1980) e Novo Projeto de Luz do Sol (1993). Projeto de Introdução e Promoção da Nova Energia em nível regional (2000). Programa de Apoio para Deter o Aquecimento Global (2001). Lei sobre a promoção do uso de fontes de energia não fósseis e a utilização eficaz de materiais de fonte de energia fóssil por fornecedores de energia (2009). Subsídios financeiros para consumidores e empresas.	Decretos de 2005 e 2006 promovendo incentivo na tarifa de energia de sistemas fotovoltaicos. Programa Conto de Energia (2007) com incentivos em tarifas para as instalações fotovoltaicas.	Programa Golden Sun (2009) com incentivos na FIT. Subsídios aos investidores para o mercado local. Empréstimos e créditos às indústrias e apoio governamental a P&D.	PRODEEM e Programa Luz para Todos. Desconto na TUSD e TUST pela Resolução Normativa ANEEL 481/2012 para projetos fotovoltaicos até 30 MW. Resolução ANEEL 482/2012 estabelece as regras do <i>net metering</i> para a geração distribuída. Primeiro leilão de energia fotovoltaica em novembro de 2013. Leilão de energia reserva com inclusão da energia fotovoltaica em novembro de 2014.
Sistema tarifário diferenciado ao consumidor	<i>Net metering</i>	<i>Feed-in Tariff</i> (FIT)	FIT	Mix de FIT segmentado e <i>Net metering</i>	FIT	<i>Net metering</i>
Participação Atores / Governo / Empresa / Consumidor	Governo: através de incentivos e mix de políticas. Empresas: através de financiamentos públicos e aumento do mercado. Consumidor: Preço da energia contratual e meio ambiente.	Governo: fornecimento de eletricidade em larga escala pelo sistema fotovoltaico e aumento da segurança de fornecimento de energia. Apoio com investimentos para fábricas e incentivos financeiros para aquisição de equipamentos. Empresas: em P&D e expansão industrial.	Governo: investimentos em P&D e para instalações de sistemas do sistema fotovoltaico. Empresas: em P&D e expansão industrial para uso do sistema fotovoltaico. Consumidor: financiamento e subsídios para instalação.	Governo: subsídio nas tarifas de energia para os sistemas fotovoltaicos. Empresas: investimentos em plantas de geração fotovoltaica. Consumidor: através de investimentos próprios.	Governo: subsídio e investimentos. Empresas: investimentos subsidiados pelo governo em P&D e expansão industrial.	Governo: em fase inicial de sustentação da energia fotovoltaica nos leilões de energia. Empresas: sem incentivo fiscal e com impostos altos para os sistemas fotovoltaicos. Consumidor: sem perspectiva de aquisição devido ao alto custo de aquisição e instalação.
Resultados Alcançados	Estados incentivando o uso da energia fotovoltaica com mix de políticas públicas de incentivo. Expansão do mercado no uso da energia solar fotovoltaica devido ao modelo de negócio do terceiro proprietário.	Incentivo federal muito forte para o uso da energia solar fotovoltaica. É o maior gerador mundial de energia solar fotovoltaica.	Ampliação das instalações fotovoltaicas devido aos investimentos e subsídios do governo.	País se torna o segundo maior gerador de energia solar fotovoltaica na Europa e o quarto no mundo.	Fortes incentivos do Governo Central para o uso da energia solar fotovoltaica. O país se tornou o maior produtor mundial de células e módulos solares fotovoltaicos.	Aguardando posição política de inclusão desta fonte na matriz energética nacional.

Fonte: Autor

Entre as principais motivações para o uso da geração de energia elétrica por células solares fotovoltaicas temos: as reduções dos níveis das emissões de CO₂ nos Estados Unidos, Alemanha, Japão, Itália e China, a diminuição da dependência de combustíveis fósseis para a Alemanha, Itália e Japão e a redução do uso da energia nuclear para a Alemanha. Para o Brasil, a motivação é a de levar a eletricidade para as inúmeras comunidades distantes das redes de distribuição de energia e a inclusão que foi encabeçada pelo Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM) e Programa Luz para Todos.

Quanto aos desafios do uso da geração de energia solar fotovoltaica, observa-se que nos Estados Unidos existe a necessidade da extensão das políticas de incentivos para outros estados, enquanto na Alemanha, Itália e Japão é necessário constante apoio em subsídio financeiro. Para a China o desafio está no cumprimento por suas províncias das metas estabelecidas pelo governo central. No caso do Brasil, nota-se a falta de políticas públicas de incentivo para as instalações residenciais e para as plantas de geração de energia solar fotovoltaica, bem como de há campanhas informativas sobre as vantagens da energia aos consumidores.

Em relação às leis e aos incentivos governamentais como subsídios fiscais, financeiros e tributários, os Estados Unidos apresentam um mix de políticas públicas e a tarifa diferenciada *net metering*. Há também o incentivo federal na parte tributária e em P&D para tornar a energia solar fotovoltaica competitiva. A Alemanha e o Japão também promoveram políticas públicas de incentivo financeiro e fiscal, além da tarifa de energia FIT e de programas para a implantação do sistema em todo o país. A Itália possui programas de incentivo para a instalação de sistemas fotovoltaicos e incentivos tarifários *net metering* e um mix de FIT segmentado.

Em relação ao Brasil, além do programa PRODEEM e Programa Luz para Todos, há a aplicação de descontos nas tarifas de uso do sistema de distribuição (TUSD) e na tarifa de uso do sistema de transmissão (TUST) para sistemas fotovoltaicos até 30 MW e a aplicação da tarifa *net metering* para a geração distribuída. Ocorreu o primeiro leilão de energia solar fotovoltaica em novembro de 2013 e também o sexto leilão de energia reserva, com a inclusão da energia solar fotovoltaica, em novembro de 2014.

Apesar de todo o apoio dado pelos governos dos Estados Unidos, Alemanha, Japão, Itália e China, o sistema de geração fotovoltaico de energia é muito dependente e requer um contínuo subsídio financeiro público para seu crescimento e futuras implantações. Quanto ao

Brasil, falta um forte apoio do governo federal para a inclusão dessa fonte na matriz energética nacional.

A EPE (2016) apresenta no Balanço Energético Nacional de 2016 a geração de energia elétrica no Brasil em 2015 por fonte com as seguintes correspondências: 64,0% por hidráulica; 12,9% por gás natural; 4,8% por derivados de petróleo; 4,5% por carvão mineral e derivados; 2,4% por energia nuclear; e 11,5% por renováveis, que se subdividem da seguinte forma: 8,0% por biomassa; 3,5% por eólica; 0,01% por solar fotovoltaica.

Nesta seção procurou-se destacar quais foram os fatores adotados como indutores e seus desafios para a implantação da geração de energia solar fotovoltaica nos Estados Unidos, Alemanha, Japão, Itália e China. Apresentaram-se também as políticas de incentivo utilizadas em cada país e as evoluções das capacidades instaladas. No caso do Brasil destacaram-se as evoluções das políticas internas e seus principais desafios para a inserção da geração solar fotovoltaica no cenário da matriz energética nacional, começando com a falta de incentivo por parte do governo e de políticas de financiamentos para a sua aquisição.

4 METODOLOGIA

Nesta seção serão apresentados a natureza e a estratégia da pesquisa e os procedimentos metodológicos adotados neste trabalho com o objetivo de responder à pergunta de pesquisa e atender aos objetivos principal e específicos declarados.

4.1 A NATUREZA E ESTRATÉGIA DA PESQUISA

Para atingir o objetivo deste estudo foi realizada uma pesquisa qualitativa, de natureza exploratória, pois procura-se compreender os agentes envolvidos e suas motivações para a implantação de sistemas de energia fotovoltaicos, entretanto, sem buscar regularidade, característica de estudos qualitativos (GODOI; BALSINI, 2010). Por sua vez, Vergara (2000, p. 47) afirma que a “investigação exploratória é realizada na área de pesquisa na qual há pouco conhecimento acumulado e sistematizado”, possibilitando o surgimento de hipótese durante ou ao final da pesquisa, devido à sua característica investigativa.

Como estratégia de pesquisa, optou-se por realizar um estudo de caso sobre as barreiras e perspectivas para a geração de energia elétrica por painéis solares fotovoltaicos na matriz energética brasileira. O objetivo central da pesquisa é identificar os desafios e as oportunidades para a expansão da geração de energia elétrica por células solares fotovoltaicas em larga escala no Brasil.

Yin (2010) define que o Estudo de Caso pode ser abordado por meio de um dos três propósitos básicos, isto é: o Explorar, o Descrever ou o Explicar. O Estudo de Caso é uma investigação empírica que explora um fenômeno contemporâneo no seu ambiente natural, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são bem definidas e no qual múltiplas fontes de evidências são usadas. Além disso, também é a estratégia de investigação quando se quer saber o como e o porquê de acontecimentos atuais, os quais se têm pouco ou nenhum controle. Nesse caso, a escolha do caso brasileiro do modelo de energia solar fotovoltaica se encaixa muito bem nesta descrição. Além de evento atual, é pouco explorado na literatura e apresenta um paradoxo, qual seja: apesar do imenso potencial apresentado pelo país para implantar seu uso em larga escala, pouco se avançou nesta direção na matriz energética brasileira. Assim, entender o porquê deste fenômeno pode representar uma contribuição para identificar caminhos para futuros trabalhos de pesquisa e de modo aplicado para a gestão pública na questão energética.

4.2 A COLETA DE DADOS

Os procedimentos metodológicos incluíram como passo inicial uma revisão sistemática da literatura. As bases de dados utilizadas foram CAPES, ProQuest, EBSCO, Science Direct e a seleção dos artigos se deu preferencialmente aos publicados após 2011, salvo algumas exceções de 2008 e 2009 em que alguns parâmetros foram necessários para o trabalho.

Para isso, adotou-se a escolha dos artigos e documentos técnicos relevantes produzidos recentemente, destacando-se as seguintes publicações: “Research Policy”, “Energy”, “Energy Policy”, “Renewable and Sustainable Energy Reviews”, “Applied Energy”. Também foram pesquisados artigos e informativos dos sites da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), do Ministério de Minas e Energia (MME), da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE), da “United Nations Environment Programme” (UNEP), da Gestore Servizi Energetici (GSE), da GTM Research, da Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi), da Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), da National Renewable Energy Laboratory (NREL) e da International Energy Agency (IEA) e os relatórios anuais da “International Energy Agency” (IEA), da “Renewable Energy Policy Network for the 21st Century” (REN21) e da “International Renewable Energy Agency” (IRENA). As bases de dados secundárias são obtidas por intermédio de pesquisa de artigos selecionados com as palavras-chave: Climate change, Climate policy, PV energy, PV cells, Photovoltaic energy, Photovoltaic energy policy, Photovoltaic energy in Brazil, Solar energy, Energia fotovoltaica e Energia fotovoltaica no Brasil.

Como principal técnica de coleta de dados optou-se pela realização de entrevistas em profundidade com alguns dos principais *stakeholders* envolvidos nesta temática no Brasil. Foram realizadas entrevistas com roteiros semiestruturados por se adaptar melhor aos objetivos deste estudo, pois as perguntas não são fechadas, permitindo surgir novos elementos a serem acrescentados nesta etapa, como, por exemplo, novos *players* a serem entrevistados, novos documentos para análise, entre outros fatores que possam ser identificados durante a entrevista com os *stakeholders*.

A seleção de entrevistados foi intencional de forma a representar os diferentes atores envolvidos. No entanto, alguns entrevistados foram incluídos a partir da técnica *snowball* ou bola de neve pela indicação do primeiro grupo de entrevistados escolhidos. Para Bailey

(1994), uma reduzida amostra não probabilística, ainda que não permita análise estatística, é bastante adequada para abordagens exploratórias que poderão ser seguidas por estudos quantitativos. Alguns *stakeholders* aceitaram realizar a entrevista com a condição de que não houvesse a identificação da empresa e do entrevistado. Em respeito a essa solicitação, adotou-se a identificação dos *stakeholders* por codificação conforme descrito em cada categoria de entrevistado.

O Quadro 2 apresenta a relação da pré-seleção dos *stakeholders* com o motivo de suas escolhas.

Quadro 2 - *Stakeholders* para entrevistas

Stakeholders / Entrevistados	Motivo da escolha
Setor de Geração e Comercialização de Energia Elétrica (GC)	Tem informações importantes para a localização dos pontos-chaves a serem tratados para a introdução dessa fonte na matriz de energia elétrica do país. As empresas selecionadas são multinacionais de geração e de comercialização de energia elétrica no Brasil.
GC1 Diretor de Comercialização de Energia e Serviços	A GC1 é uma empresa que atua como gerador e comercializador de energia elétrica, possui parques de geração de energia elétrica por hidroelétricas, pequenas centrais hidroelétricas (PCHs), centrais eólicas e térmicas a carvão e é comercializadora de energia no mercado livre de energia.
GC2 Coordenador de Desenvolvimento de Negócios	A GC2 possui um parque de geração de energia elétrica formado por hidroelétricas, pequenas centrais hidroelétricas, térmicas por biomassa, térmicas por carvão mineral, térmicas por gás natural, térmicas por óleo combustível, eólica e solar fotovoltaica. É também uma comercializadora no mercado livre de energia.
Setor de Associação Industrial e Empresarial (AIE)	As associações industrial e empresarial são <i>stakeholders</i> importantes que podem contribuir com informações atualizadas sobre o cenário da geração de energia fotovoltaica no país e por representar as indústrias passíveis de formar uma indústria de base para os equipamentos do sistema fotovoltaico e de desenvolver um mercado para o uso do sistema de geração de energia no país.
AIE1 Assessor de Coordenação da área de geração e transmissão de energia elétrica	Pode ajudar com informações mais detalhadas e atualizadas com referência à inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira. O objetivo da entrevista é verificar quais são as perspectivas do setor em relação à fonte de energia elétrica fotovoltaica, o quanto a fonte pode gerar para as indústrias brasileiras e para o mercado de trabalho, se existem alas políticas trabalhando junto à esfera governamental para a sua inserção na matriz de energia elétrica do Brasil.
AIE2 Presidente Executivo	Pode ajudar com informações mais detalhadas e atualizadas com referência à inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira. O objetivo da entrevista é verificar quais são as perspectivas do setor em relação à fonte de energia elétrica fotovoltaica, o quanto a fonte pode gerar para as indústrias brasileiras e para o mercado de trabalho, se existem alas políticas trabalhando junto à esfera governamental para a sua inserção na matriz de energia elétrica do Brasil.
Meio Acadêmico (MA)	Esses <i>stakeholders</i> têm avaliações sobre a fonte de energia e a sua inserção na matriz de energia elétrica do país.
MA1 Professor de Engenharia de Energia e Diretor e Sócio Fundador de Empresa de Consultoria	Esses <i>stakeholders</i> têm avaliações sobre a fonte de energia e a sua inserção na matriz de energia elétrica do país.
MA2 Pesquisador do Meio Acadêmico até dez./2015 e Diretor Técnico de empresa privada.	Esses <i>stakeholders</i> têm avaliações sobre a fonte de energia e a sua inserção na matriz de energia elétrica do país.
Órgãos Governamentais (OG)	Esses <i>stakeholders</i> têm um papel importante em propiciar informações quanto às perspectivas políticas para que a fonte de energia seja ou não introduzida massivamente na matriz de energia elétrica do Brasil.
OG1 Especialista em Regulação de Serviço de Distribuição	A entrevista visa coletar informações quanto às perspectivas políticas para que essa fonte seja introduzida massivamente na matriz de energia elétrica. Verificar se existe alguma barreira ou impedimento significativo de sua participação na matriz de energia do país.
OG2 Superintendente Substituto da Superintendência de Regulação dos Serviços de Distribuição	A entrevista visa coletar informações quanto às perspectivas políticas para que esta fonte seja introduzida massivamente na matriz de energia elétrica. Verificar se existe alguma barreira ou impedimento significativo de sua participação na matriz de energia do país.
Organizações Não Governamentais (ONG)	As Organizações Não Governamentais têm importante papel no debate e desenvolvimento de políticas públicas na área tanto no cenário nacional quanto internacional, além de contribuírem com dados atualizados sobre as perspectivas da evolução da energia fotovoltaica no cenário nacional.
ONG1 Coordenadora da Campanha de Energias Renováveis	Tem importante papel no debate e desenvolvimento de políticas públicas na área tanto no cenário nacional quanto internacional, além de contribuir com dados atualizados sobre as perspectivas da evolução da energia fotovoltaica no cenário nacional.
ONG2 Equipe da Estratégia de Energia e Estrutura Elétrica	Tem importante papel no debate e desenvolvimento de políticas públicas na área tanto no cenário nacional quanto internacional, além de contribuírem com dados atualizados das perspectivas da evolução da energia fotovoltaica no cenário nacional, as barreiras políticas existentes para a sua implantação na matriz energética do país e o seu papel no cenário político junto aos órgãos governamentais para que essa fonte renovável de energia não fique relegada a um segundo plano no cenário nacional.
ONG3 Secretário Executivo	Tem importante papel no debate e desenvolvimento de políticas públicas na área tanto no cenário nacional quanto internacional, além de contribuírem com dados atualizados das perspectivas da evolução da energia fotovoltaica no cenário nacional.
ONG4 Coordenador do Programa de Mudanças Climáticas e Energia	Tem importante papel no debate e desenvolvimento de políticas públicas na área tanto no cenário nacional quanto internacional, além de contribuir com dados atualizados sobre as perspectivas da evolução da energia fotovoltaica no cenário nacional.
Comercializadores e instaladores do sistema fotovoltaico (CI)	Estes <i>stakeholders</i> têm importantes informações da dinâmica desse mercado: quem são os consumidores dessa tecnologia, quais são as barreiras encontradas por esses consumidores, entre outros pontos de vista com relação ao consumidor desta tecnologia.
CI1 Sócio Diretor	Este <i>stakeholder</i> tem importantes informações da dinâmica desse mercado: quem são os consumidores dessa tecnologia, quais são as barreiras encontradas por esses consumidores, entre outros pontos de vista com relação ao consumidor desta tecnologia.
CI2 Sócio Diretor	Este <i>stakeholder</i> tem importantes informações da dinâmica desse mercado: quem são os consumidores dessa tecnologia, quais são as barreiras encontradas por esses consumidores, entre outros pontos de vista com relação ao consumidor desta tecnologia.

Fonte: Autor

As entrevistas foram agendadas por contato telefônico, sendo realizadas da seguinte forma: duas presenciais, três por contato telefônico e nove via contato Skype. Todas foram gravadas com prévia autorização dos entrevistados para posterior transcrição para a dissertação. As gravações foram transcritas.

4.3 A ANÁLISE DOS DADOS

Para a análise dos dados foi empregada a técnica de análise de conteúdo, que é definida por Vergara (2005, p. 15) da seguinte forma: "a análise de conteúdo é considerada uma técnica para o tratamento de dados que visa identificar o que está sendo dito a respeito de determinado tema".

A análise de categoria foi utilizada nesse processo a partir da revisão da literatura e do processo das entrevistas. No Quadro 3 são apresentadas as categorias relacionadas com os autores e com a matriz de perguntas aos entrevistados.

Ao todo foram 14 entrevistados que responderam a perguntas relacionadas a quatro categorias sobre a energia solar fotovoltaica, fatores indutores, políticas públicas, resultados e barreiras.

As gravações das entrevistas totalizaram 18 horas, com uma média de 77 minutos por entrevista e os entrevistados trouxeram informações valiosas e atualizadas sobre a energia solar fotovoltaica no cenário nacional, contribuindo inclusive com pontos de vista e informações até então não observados na pesquisa teórica sobre a energia solar fotovoltaica, como a existência de programas de incentivo para o uso desta fonte por alguns governos municipais, o fator da inclusão social em uma comunidade por meio de geração de empregos e de sua universalização na sociedade, os custos de externalidade não computados nas tarifas da geração de energia por fontes hídricas, térmicas e nucleares que trazem impactos nas comunidades e ao meio ambiente e que são absorvidos pelas próprias comunidades com os mais diversos prejuízos financeiros e sociais, como saúde, degradação ambiental, entre outros. Além disso, trazem informações sobre as políticas atuais existentes e suas falhas, a falta de uma visão estratégica por parte do governo na geração da energia solar fotovoltaica no cenário nacional e a perda de oportunidade do país no mercado mundial de ser um produtor ou exportador dessa tecnologia, entre outras.

As entrevistas foram transcritas e as informações foram selecionadas e fragmentadas para a coleta dos dados relevantes às quatro categorias de análise inicialmente propostas, que abrangeram: os fatores indutores para o uso da geração solar fotovoltaica no Brasil, como as

políticas públicas são avaliadas para o uso e incentivo desta fonte no país; os resultados efetivos, as vantagens e os benefícios no uso da geração solar fotovoltaica no Brasil; as barreiras e as desvantagens que impedem o mercado da geração solar fotovoltaica de crescer e se tornar parte significativa na matriz de geração de energia elétrica no país; e, finalmente, uma abertura para os entrevistados apresentarem comentários adicionais referentes ao mercado, às políticas públicas, entre outros que não foram abordados no questionário apresentado, além de sugerirem novos indicados para entrevistas complementares dentro ou fora daquela organização.

Todas as informações fragmentadas e selecionadas foram tabuladas e agrupadas em suas categorias correspondentes e são apresentadas na próxima Seção sobre a discussão do modelo brasileiro da energia solar fotovoltaica.

Quadro 3 - Categorias de análise e matriz de perguntas

Categorias de Análise	Referencial Teórico Autores	Matriz de Perguntas Perguntas relacionadas com as categorias de análise
1 - Fatores Indutores: A - Fatores internos: a) Políticas Públicas: - Pressão da Sociedade - Custo - Crise do Petróleo - Legislação b) Tecnologia c) Custo da energia: - Pressão dos consumidores - Sistema Tributário B - Fatores Externos: Tendências mundiais	JANNUZZI; VARELLA; GOMES, 2009. VALKILA; SAARI, 2010. IEA, 2010. CARVALHO, 2012. IEA, 2012b. GRAU; HUO; NEUHOFF, 2012. TIMILSINA; KURDGELASHVILI; NARBEL, 2012. ABINEE, 2012. CHOWDHURY et al., 2014. SCHAFFER; BERNAUER, 2014. CUCCHIELLA; D'ADAMO, 2012. SPERTINO; DI LEO; COCINA, 2013. EPE, 2012. JACOBSSON; LAUBER, 2006. REN21, 2011. CHOWDHURY et al., 2014. GESTORE SERVIZI ENERGETICI , [2015]. YUAN; HOU; XU, 2012. IEA, 2014. EPE, 2014.	1- Quais são os fatores que estão induzindo o uso da energia fotovoltaica no Brasil? Pressão da sociedade, problema de custo, uso do petróleo, legislação? 2- Quais são as vantagens e as desvantagens do uso da energia fotovoltaica no Brasil? 3- Quais são as principais aplicações da energia fotovoltaica atualmente no Brasil? 4- Como estão as políticas públicas para o uso da energia fotovoltaica no país? 5- Como é vista a legislação atual para geração da energia fotovoltaica no país? 6- A legislação atual é suficiente para atender ao mercado consumidor autônomo, isto é, residencial, comercial e industrial? Quais incentivos estão faltando para este mercado? 7- Os marcos regulatórios atuais abrangem as necessidades para as instalações dos grandes parques geradores de energia fotovoltaica? Por quê? O que está faltando para completar as necessidades dos geradores neste mercado? 8- A divulgação do uso de energia fotovoltaica existente é suficiente para atingir o mercado consumidor? O que é necessário? O que está faltando? 9- Que tipo de política pública de incentivo está faltando para a formação de uma base industrial no país? E para o consumidor em geral na instalação desta fonte de geração? 10- Existe alguma política pública para os estados e municípios de incentivo e programas para uso da energia fotovoltaica junto as suas comunidades? 11- Existe alguma expectativa de modelos tarifários diferenciados para o uso da energia fotovoltaica no país? Eles são aplicáveis no país como um todo? O que está faltando? 12- O sistema tarifário <i>net metering</i> é o mais adequado ao Brasil? O sistema tarifário <i>Feed-in Tariff</i> (FIT) se aplicaria no Brasil? Existe algum outro tipo de tarifa que se adeque melhor ao modelo brasileiro?
2 - Resultados, vantagens e benefícios: - Aumento do uso - Fabricação - Inovação	REN21, 2015. LI; LIN, 2013. ABINEE, 2012. IRENA, 2015. WWF-BRASIL, 2015. MCDONALD; PEARCE, 2010. LARSEN, 2009. FLAVIN; AECK, 2005. TIMILSINA; KURDGELASHVILI; NARBEL, 2012. SEEL; BARBOSE; WISER, 2014. KOLLINS; SPEER; CORY, 2010. GTM RESEARCH; SEIA, 2015. MENDONÇA; JACOBS, 2014. CUCCHIELLA; D'ADAMO, 2012. IEA, 2010. ANTONELLI; DESIDERI, 2014. IEA, 2015. PEREIRA et al., 2012. WWF-BRASIL, 2015. EPE, 2014. GREENPEACE BRASIL, 2015.	13- O que existe de resultados efetivos no uso da energia fotovoltaica no país, mesmo sabendo da sua participação de 0,01% na matriz energética do Brasil? 14- Existe algum plano nacional em estudo para incentivar a indústria local? 15- É possível visualizar um horizonte de investimento massivo nesta fonte de energia nas nossas plantas geradoras de energia elétrica? 16- De que forma poderemos ter um produto competitivo perante o cenário mundial? 17- É possível ter um cenário futuro das nossas condições de competir no mercado mundial desta fonte energética? 18- De que forma podemos acelerar o mercado fotovoltaico no Brasil?
3 - Barreiras e Desvantagens - Tecnológicas - Custos - Cultural - Legislação - Incentivos - Político - Interesse Privado - Conflito de Interesses	ANTONELLI; DESIDERI, 2014. IEA, 2010. EPE, 2014. MCDONALD; PEARCE, 2010. WWF-BRASIL, 2015. GREENPEACE BRASIL, 2015. MARKET ANALYSIS, 2013. EPE, 2012. MCDONALD; PEARCE, 2010. FLAVIN; AECK, 2005.	19- Quais são as principais barreiras que impedem este mercado de crescer e se tornar significativo na matriz energética brasileira? 20- Existe a barreira tecnológica neste cenário? 21- Esta barreira é uma questão de custo? 22- A barreira é uma questão de falta de sua divulgação ao mercado consumidor? É cultural? 23- É uma questão de falta de legislação? 24- É uma questão de falta de incentivos? E quais poderiam ser? 25- É uma questão política? De que forma? 26- Existe alguma interferência no setor privado neste cenário para a sua pequena evolução na matriz energética? 27- Existe algum conflito de interesse?
4 – Cenários futuros e Comentários finais - Comentários adicionais para serem acrescentados - Sugestões de novos <i>players</i> deste cenário		28- Você tem algum comentário adicional que gostaria de acrescentar nesta entrevista sobre esta fonte de energia seja mercado, política, entre outras, que não foram abordadas? 29- Sugestões de novos entrevistados dentro da organização? 30- Poderia indicar novos contatos ou empresas que podem somar com informações para esta pesquisa?

Fonte: Autor

5 DISCUSSÃO DO MODELO BRASILEIRO DE GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA

Nesta seção são apresentados os resultados coletados nas entrevistas em profundidade realizadas com os *stakeholders* envolvidos na temática as barreiras e perspectivas para geração de energia elétrica por painéis solares fotovoltaicos na matriz energética brasileira. Os resultados são inicialmente apresentados e posteriormente analisados com os modelos teóricos abordados.

5.1 A APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos nas entrevistas com os *stakeholders* foram agrupados em quatro blocos de categorias. No primeiro bloco temos a categoria dos fatores indutores que apresenta as motivações do uso da geração de energia elétrica por painéis solares fotovoltaicos, o segundo bloco com a categoria dos resultados, das vantagens e dos benefícios no uso da energia solar fotovoltaica, o terceiro bloco com a categoria das barreiras e das desvantagens da geração solar fotovoltaica e o quarto bloco com as recomendações e cenários futuros apresentados pelos entrevistados quanto à geração da energia solar fotovoltaica no país.

5.2 PRIMEIRO BLOCO - FATORES INDUTORES

A partir das entrevistas foi possível identificar os fatores internos e os externos no processo de indução da geração solar fotovoltaica.

5.2.1 Fatores internos

Em relação aos fatores internos foram apontadas pelos entrevistados as políticas públicas e destaques adicionais como a questão do preço da energia e a tecnologia que merecem ser observados.

5.2.1.1 Políticas públicas

Entre os fatores internos com maior relevância, que foram apontados pela análise bibliográfica e corroborados pela maior parte dos entrevistados, está a questão das políticas

públicas. Para 93% dos entrevistados, as políticas públicas evoluíram, trazendo novas resoluções e leis de isenções importantes para o setor fotovoltaico.

Nesse contexto, 57% dos entrevistados apontam a adoção do marco regulatório como o mais importante indutor para essa fonte. A partir da publicação da resolução da ANEEL 482 de 2012 começou a deslançar o conceito de micro e minigeração distribuída, permitindo que qualquer consumidor de energia elétrica pudesse gerar a sua própria energia, propiciando, além disso, a vantagem de que o excedente não consumido na instalação pudesse ser injetado na rede da distribuidora e ser compensado com seu consumo posterior. Esse mecanismo é chamado de *net metering* ou sistema de compensação de energia. Ressalta-se que até 2012 não era permitido pela maioria das distribuidoras de energia que os sistemas de geração solar fotovoltaicos se conectassem à rede de baixa tensão.

OG2 – “A 482, ela surgiu em 2012 com o objetivo de reduzir barreiras para este consumidor autônomo residencial, comercial e industrial, para que ele tivesse oportunidade de instalar a sua própria instalação. A rigor antes de 2012 muitas distribuidoras proibiam expressamente conectar a geração em baixa tensão”.

A importância da resolução 482 para a indução da ampliação do uso da energia solar fotovoltaica pode ser atestada a partir do crescimento dos consumidores cadastrados como geradores de energia para a rede de distribuição. O destaque é que em 2012 só havia 3 consumidores com microgeração, mas em fevereiro de 2016 o número saltou para 2.207 consumidores, sendo 2.148 só com energia solar fotovoltaica. Dessa forma, podemos concluir que a resolução 482 trouxe um crescimento exponencial no uso desse tipo de fonte. A ANEEL faz uma projeção do cenário para 2024: haverá 1.200.000 consumidores com geração distribuída solar fotovoltaica no país.

De todo o sistema de geração de energia elétrica da micro e minigeração distribuída, a energia solar fotovoltaica representa em torno de 97%. As demais fontes do sistema são compostas por eólica, biomassa, pequenos sistemas hidroelétricos ou sistemas híbridos, combinação de mais de uma dessas fontes.

AIE2 – “A partir de 2012 tivemos uma mudança importante regulatória que foi o estabelecimento da resolução normativa 482 de 2012 da ANEEL. Através dessa resolução, que foi de fato uma mudança de paradigma para o setor elétrico nacional, qualquer consumidor de energia elétrica, seja ele residencial, comercial, industrial ou mesmo do setor público pode gerar a sua energia por conta própria”.

OG1 - “Fechamos 2012 com 3 consumidores de microgeração. Fechamos 2014 com 424, saindo de 3 em 2012. Para 2013 foram 75. Começou muito devagar... 2014 já pulou para 424. Em dezembro de 2015, fechou com 1.748 e nós estamos em março

e os dados de fevereiro de 2016 fecharam com 2.207. Então em um gráfico ela é exponencial”.

Outro fator importante apontado por 71% dos entrevistados é o sistema de tarifação adotado na resolução 482 para a energia gerada e injetada na rede da distribuidora, conhecido como sistema de compensação de energia ou *net metering*. Esse sistema foi destacado como o modelo adequado para o cenário brasileiro em relação ao sistema tarifário *feed-in tariff* ou FIT.

A FIT como sistema tarifário foi um importante modelo incentivador utilizado pelos países europeus para a efetivação da energia solar fotovoltaica na matriz energética, mas que onera todos os consumidores de energia elétrica ao fazer o rateio do subsídio na tarifa de energia.

No cenário brasileiro, os entrevistados destacaram que a adoção da FIT oneraria também a tarifa de energia de todos os consumidores, que hoje já é muito alta. Já o sistema *net metering*, que já foi regulamentado, atende às necessidades do consumidor, pois a cada 1 kWh gerado e injetado na rede, esse mesmo 1 kWh é compensado no consumo.

AIE2 – “O modelo *feed-in tariff* foi importante no passado, mas ele é um modelo oneroso. Ele gera uma conta, porque você paga um prêmio de energia para o cliente final e gera uma conta que precisa ser rateada entre os consumidores”.

Outro problema contornado pela política pública federal para a expansão da energia solar fotovoltaica é a questão do pagamento de impostos sobre a energia que é gerada pelo microgerador. Em um primeiro momento, o CONFAZ – Conselho Nacional de Política Fazendária, por meio das medidas orientativas do convênio ICMS de 6 de abril de 2013, autorizava os estados a cobrarem ICMS sobre o consumo total da unidade residencial, sem considerar qualquer compensação da energia produzida pelo microgerador, e não sobre a energia efetivamente comprada da concessionária. Em abril de 2015, o próprio CONFAZ por meio do Convênio ICMS 16 autorizou a concessão da isenção do ICMS pelos estados.

Um segundo fator relacionado ao pagamento de impostos foi a isenção do PIS/PASEP e COFINS em outubro de 2015 para a energia gerada e injetada pelo consumidor na rede da distribuidora de energia.

Essas políticas públicas de isenção são um avanço importante para a geração da energia solar fotovoltaica no cenário nacional.

ONG1 – “Eu acho que a gente teve o fator desencadeante em 2012, que foi a regulamentação, a resolução 482 da ANEEL. Quando ela veio, permitiu a microgeração de energia no Brasil. Foi o fator que abriu as portas, foi o fator que permitiu que as pessoas gerassem a sua própria energia. [...] A questão da resolução da liberação pelo CONFAZ aos estados do ICMS para a eletricidade foi um avanço muito grande em termos de políticas públicas, depois o governo federal, fazendo a parte dele, retirando o PIS/COFINS da conta de luz do micro e minigerador”.

Nas entrevistas foi ressaltado também que a resolução 687, oriunda da revisão da resolução 482, publicada em novembro de 2015 e que entrou em vigor em 1º. de março de 2016, trouxe importantes aprimoramentos. Ela permite aos consumidores se organizarem, por meio de cooperativas ou consórcios, e instalar uma usina solar fotovoltaica compartilhada entre eles. O mesmo é válido para os condomínios residenciais e comerciais que podem instalar e usufruir da energia gerada no sistema solar fotovoltaico. Além disso, a resolução estabelece a modalidade do autoconsumo remoto, que internacionalmente é conhecida como *net metering* virtual ou *virtual net metering*. Com esses mecanismos, diversas barreiras foram quebradas.

OG1 – “Em novembro de 2015, a ANEEL publicou a resolução 687 que criou novas figuras que permitem, por exemplo, consumidores se organizarem em cooperativas ou consórcios e terem uma usina e eles compartilharem a geração daquela usina. Condomínios residenciais e comerciais também podem instalar e seus condôminos podem usufruir desta energia”.

Outro ganho também destacado pelos entrevistados é o incentivo dos descontos de 80% das tarifas TUSD e TUST aos geradores de energia solar fotovoltaica. O benefício só será válido para as instalações que entrarem em operação no final de 2017.

OG2 – “Hoje já existem algumas políticas implementadas que dão incentivos e benefícios para a geração solar fotovoltaica. O gerador, quando ele se conecta na rede da distribuidora ou da transmissora, ele tem que pagar uma tarifa de transporte. Ele está vendendo ali, que é a energia que ele gera. E para um custo de logística, que é a tarifa de transporte, que é a tarifa de uso, a TUSD ou a TUST. Hoje o gerador tem um desconto”.

No grupo de entrevistados, um deles ressaltou uma aplicação híbrida importante entre gerador de energia a diesel e solar fotovoltaica. Nas áreas isoladas, que utilizam o gerador a diesel para a geração de energia elétrica, a logística e o transporte para o abastecimento do combustível na localidade são muito complicados e é nesse cenário que o sistema solar fotovoltaico vem para somar na geração de energia elétrica e reduzir o consumo do óleo diesel.

MA1 – “Há outra aplicação nas áreas remotas onde não existe eletrificação”.

C11 – “Tem uma aplicação que é inclusive interessante que a gente tem feito algum estudo e que considero importante. No próprio sistema isolado brasileiro, o Brasil, lá no Norte, ainda tem algumas regiões que são atendidas hoje com geração a diesel. O problema é seríssimo. O sistema interligado ainda não chegou a alguns locais e tem os famosos sistemas isolados que são atendidos por usinas a diesel. E nós temos feito alguns estudos para a utilização do sistema fotovoltaico, não em substituição ao diesel, mas trabalhando de forma integrada ao sistema de geração a diesel, reduzindo o consumo e a necessidade do óleo nesse local, que inclusive é muito complicada a logística do óleo até esses pontos”.

Vale destacar a resposta dada por um entrevistado que ressalta a vinculação direta do desenvolvimento da energia solar no contexto brasileiro com a necessidade dos avanços das políticas públicas nos diversos níveis de governo.

AIE2 – “A política, ela tem um papel muito importante para o desenvolvimento de qualquer segmento de energia do país, porque é energia, é um setor regulado, então a política nela pesa com certeza, tanto do ponto de vista do executivo - aí é política de regulamentação, instruções normativas - quanto do ponto de vista do legislativo, através de incentivo de programas de fomento, de metas. Então a política, ela pode ajudar e muito no desenvolvimento da fonte e aí se percebe que não só o governo federal, mas os estados e municípios podem fazer muito para incentivar o uso da tecnologia nas suas regiões. É uma questão que beneficia com as políticas adequadas e que podem ser estabelecidas nas diferentes esferas do poder público”.

No âmbito das políticas públicas, um segundo indutor apontado pelos entrevistados, representando 43%, refere-se aos leilões realizados pelo governo federal para usinas de geração solar fotovoltaica. O destaque dado foi quanto ao primeiro leilão nacional ocorrido em 2014 que rendeu projetos totalizando uma capacidade de 1.048 MW de geração solar fotovoltaica. Em 2015 ocorreram 2 novos leilões com aprovação de projetos com uma capacidade total de 2.000 MW de potência. Para um dos entrevistados, esses leilões representaram um marco na gestão de energia no país e podem alterar significativamente os baixos índices de participação da energia solar fotovoltaica no cenário nacional.

AIE2 - “Em 2014 a gente já teve o primeiro leilão federal de energia solar fotovoltaica em outubro. Já contratou um volume expressivo, 30 projetos, 1.048 MW de sistemas fotovoltaicos conectados à rede que entrarão em operação até 2017. Ainda não estão construídos, foi o primeiro leilão nacional. Em 2015 tivemos 2 leilões nacionais contratando um pouco mais de 2 GW para serem construídos em 2017 e 2018. Com isso, o Brasil dá uma virada na sua participação na energia solar fotovoltaica, no nosso índice, que atualmente representa 0,02%”.

Os entrevistados apontaram dois incentivos federais que podem também beneficiar a indústria solar fotovoltaica, que são: o PADIS - um programa para apoio à indústria de semicondutores e que pode ser aplicado para a fabricação das células e painéis fotovoltaicos,

porque o seu componente principal é feito de silício, um semicondutor; e o REIDI - um programa de incentivo à infraestrutura e que abrange também o setor de energia elétrica. Além disso, também foi observado nas entrevistas que o Ministério de Minas e Energia formou um grupo de trabalho, por meio do ProGD, que tem o foco em estudos de incentivos para a geração solar fotovoltaica.

AIE1 – “O PADIS que é o plano de adensamento da indústria de semicondutores. Tanto a célula quanto o painel, eles são considerados produtos semicondutores e então eles podem ser incentivados pelo PADIS. E já tem alguém com a habilitação ao PADIS, apesar de que efetivamente não está produzindo no Brasil. O PADIS ele dá todas as desonerações tributárias para a empresa montar a fábrica no país”.

Nas entrevistas também foram mencionadas as políticas estaduais e municipais para o uso da energia solar fotovoltaica. Um exemplo apontado, no caso da política pública estadual, foi o leilão de energia solar realizado em 2013 pelo governo de Pernambuco, o primeiro leilão independente realizado no país para esse tipo de fonte de energia.

AIE2 – “A partir de 2013, tivemos o primeiro leilão estadual de energia solar fotovoltaica realizado pelo governo de Pernambuco que contratou 5 projetos, 92 MW em usinas de grande porte, e que vão entrar em operação. Nem todas foram construídas, algumas sim e outras deverão entrar em operação ao longo dos próximos meses e anos e essa foi a primeira grande contratação de energia solar conectada à rede”.

Pelo lado das políticas municipais, foi destacada por um dos entrevistados a implantação do IPTU Verde, que já existe em Salvador e em Camaçari, e que dá desconto no IPTU para quem usa a energia solar fotovoltaica.

MA1 – “A outra opção que tem acontecido é o IPTU Verde. Aqui hoje já tem vários municípios, incluindo Salvador, Camaçari etc., que permitem você fazer algum desconto no seu IPTU e aí inclui a geração solar fotovoltaica”.

Outros entrevistados apontaram individualmente ocorrências similares de incentivos municipais, como é o caso da cidade de Palmas em Tocantins com o Programa Palmas Solar, que concede desconto no IPTU para quem tem energia solar. O Distrito Federal tem o Brasília Solar que é uma iniciativa de longo prazo para promoção da energia solar voltada a prédios públicos, parques e áreas públicas e, também, para apoio à disseminação do uso residencial da energia solar fotovoltaica. Outro exemplo é Indaiatuba, que tem como incentivo a isenção da taxa do Habite-se para quem tiver na residência a geração solar fotovoltaica.

ONG4 – “O Brasília Solar, que o Distrito Federal tem, foi uma linha construída. A gente ajudou bastante o governo do Distrito Federal a estruturar uma iniciativa de longo prazo, de 3 a 5 anos, para promoção da energia solar aqui no DF. Tem uma linha voltada para prédios públicos, tem outra linha voltada para parques e áreas públicas e outra linha voltada para o fomento, ao apoio, para dar uma disseminação maior para a promoção da demanda residencial. Não tem incentivo econômico ainda. Eles criaram o programa e estão tentando buscar recurso agora, porque foi finalizado agora no final de 2015”.

Todas essas ações, apesar de isoladas e pontuais, são modelos que servirão de referenciais a serem seguidos por outros municípios e estados no fomento da energia solar fotovoltaica no cenário brasileiro.

5.2.1.2 Destaques adicionais

O preço da energia foi citado por 29% dos entrevistados. Para eles, a elevação da tarifa de energia elétrica ocorrida principalmente nos últimos anos, em decorrência da crise hídrica que o país atravessou, motivou alguns consumidores a procurarem alternativas como a própria geração de energia elétrica por meio da energia solar fotovoltaica.

ONG1 – “A gente tem outro fator que é a questão da crise elétrica e como consequência desta crise elétrica o aumento da conta de luz e o aumento da conta da luz tornou cada vez mais favorável o consumidor gerar a sua própria energia”.

CI2 – “O custo da energia tem feito com que as pessoas procurem outras alternativas no curto, ou no médio, ou no longo prazo para reduzir seus custos em energia”.

A tecnologia foi apontada por 29% dos entrevistados como um fator indutor para o uso da energia solar fotovoltaica, por ela já ser conhecida e dominada. A instalação dessa fonte é muito rápida, com baixo custo de operação e baixa exigência de manutenção.

Destaca-se também o fato dos sistemas distribuídos serem instalados próximos ao centro de utilização da carga energética e, como consequência, proporcionam: adiamento da necessidade de investimento em construção de uma nova usina geradora de energia elétrica, geralmente distante e fora do centro de carga; economia, em função de não se ter a necessidade de ampliação de linhas de transmissão e de distribuição de energia elétrica; e, além disso, redução das perdas de cargas que comumente ocorrem nas linhas de transporte de energia.

AIE1 – “E a vantagem do ponto de vista prático é que o fotovoltaico pode ser colocado bem próximo às cargas”.

OG1 — “Por outro lado, ela pode também adiar investimentos. Você coloca uma geração num ponto que tem muita carga, então você pode colocar a geração junto à carga. Estou minimizando a carga no uso da rede e, no longo prazo, isso vai gerar economia porque a distribuidora não vai precisar ampliar a rede para poder atender aquele consumidor”.

5.2.2 Fatores externos

Quanto aos fatores externos apontou-se durante as entrevistas a subcategoria tendências mundiais.

5.2.2.1 Tendências mundiais

Como fator externo, 29% dos entrevistados ressaltaram ser uma tendência mundial cada vez mais crescente o uso de tecnologia de baixo carbono e a energia solar fotovoltaica se insere nesse contexto. Devido ao grau de sua ampliação no mercado mundial, o custo dessa tecnologia se reduz sensivelmente, tornando-se uma opção cada vez mais vantajosa.

ONG3 – “Vantagens - é a geração de energia limpa e cujos custos caem globalmente e que tende a ser a energia mais barata em todo o planeta nos próximos 10 anos, e possivelmente antes disso, e também no Brasil”.

AIE2 – “Um outro fator importante que permitiu o avanço da geração distribuída e da energia solar fotovoltaica foi o aumento progressivo das tarifas de energia elétrica combinado com a redução gradual do custo da energia solar fotovoltaica, que nos últimos 10 anos caiu por volta de 70% no preço final dessa energia, dessa tecnologia no mundo. Essa redução fez com que a fonte solar ficasse cada vez mais competitiva frente aos custos de energia elétrica, em especial da população residencial e comercial. Isso também aumentou a atratividade da energia solar fotovoltaica”.

5.3 SEGUNDO BLOCO – RESULTADOS, VANTAGENS E BENEFÍCIOS

O segundo bloco trata da categoria dos resultados, na qual se busca identificar as vantagens e os benefícios potenciais, ou efetivamente alcançados, pela geração da energia solar fotovoltaica no país.

Em primeiro lugar, um conjunto de vantagens ambientais foi apontado pelos entrevistados, da ordem de 64%, no uso da geração solar fotovoltaica. Além de ser uma fonte de energia renovável, de geração limpa e cujos custos caem globalmente, ela tende a ser a energia mais barata em todo o planeta nos próximos anos e isso em razão de seu mercado crescente. Ela tem baixo impacto ambiental, não somente quanto às emissões de CO₂, como

também quanto ao impacto do uso da água, e não agride a biodiversidade como ocorre na construção de grandes hidrelétricas.

MA2 – “As vantagens - é justamente manter limpa ou com alto percentual de geração limpa, de geração de eletricidade. A principal vantagem é a ambiental”.

ONG2 – “A princípio ela provoca menos impacto ambiental, com menores impactos ambientais associados. Quando eu falo impacto ambiental, eu não estou só restrita a CO2, você tem também impacto no uso da água e assim por diante”.

ONG3 – “Vantagens - é a geração de energia limpa e cujos custos caem globalmente e que tende a ser a energia mais barata em todo o planeta nos próximos 10 anos e possivelmente antes disso, e também no Brasil”.

Outro grande benefício, apontado por 36% dos entrevistados, é que a energia solar fotovoltaica tem a capacidade de ser uma grande geradora de empregos diretos de qualidade e de qualificação técnica, geralmente na região de suas instalações. Destaca-se que a referência internacional de empregabilidade para a fonte solar fotovoltaica é alta, com uma média entre 25 e 30 empregos diretos para cada MW de potência instalada por ano.

AIE2 - “A fonte solar fotovoltaica é uma grande geradora de empregos, na média internacional, são aproximadamente 25 a 30 empregos gerados para cada MW instalado por ano. Empregos diretos nesse caso, o que é uma das mais altas médias entre as diferentes fontes de geração de energia elétrica que faz isso utiliza. Então é uma fonte de grande potencial de geração de empregos e a característica principal destes empregos é que são empregos de qualidade, e empregos locais, ou seja, empregos normalmente de nível técnico ou nível superior, e empregos que ficam na região, onde os sistemas são instalados, onde as empresas operam. E isso faz com que a geração distribuída solar fotovoltaica possua essa característica de ajudar a geração de empregos nos estados e municípios e que incentiva o seu desenvolvimento”.

A implantação da geração solar fotovoltaica em uma determinada região pode criar impactos positivos na cadeia produtiva, com tecnologia, com novos empregos, aquecendo a economia local e regional e ampliando ainda mais a sua penetração no cenário energético brasileiro.

A instalação da solar fotovoltaica gera oportunidades de empregos de montagem de equipamentos, de manutenção, de engenharia e de consultoria para sua aquisição e instalação, possibilitando até desenvolver uma indústria local. Acrescente-se a esse quadro o desenvolvimento econômico e social da região, com geração de renda e arrecadação para o município.

AIE2 – “Além disso, ainda na esfera econômica, temos o potencial de estruturação de uma nova cadeia produtiva no país, trazendo novas tecnologias, novos empregos e o desenvolvimento de um novo setor produtivo e apoiar o Brasil a aquecer as suas economias regionais, local e nacional”.

Um segundo grupo dentre os entrevistados, com o percentual de 29%, ressaltou que o consumidor que instala a sua própria geração de energia elétrica por meio da solar fotovoltaica, além de reduzir a sua conta de energia, tem certa independência energética. Apesar do custo ainda alto para a sua aquisição e de um retorno de seu investimento entre 6 e 8 anos, ainda assim se tem o benefício na ordem de 18 anos de geração de energia elétrica com custo zero, limpa e sustentável. A garantia dada pelos fabricantes dos módulos ou das células fotovoltaicas é de 25 anos e ainda existem inúmeros sistemas operando com mais de 25 anos. O consumidor que instala uma fonte solar fotovoltaica tem o benefício do custo zero do combustível de geração, que no caso é a irradiação solar, ou seja, custo zero da energia.

ONG3 – “É uma energia que, se associada a políticas públicas de instrumentos inteligentes, permite que o consumidor reduza seu gasto com geração de energia para atender as suas demandas e torna a independência para o consumidor, produtor de energia que ele consome”.

ONG4 – “Apesar de você ter um custo, que é o payback do sistema de geração, dependendo do tamanho, de 6, 7 a 8 anos, você ainda tem aí quase de 18 a 19 anos para ser beneficiado pelo sistema basicamente a custo zero, com energia boa”.

No cenário mundial foi destacado por 29% dos entrevistados que o Brasil apresenta vantagem única natural: seu grande potencial de irradiação solar ao longo de seu território. A menor incidência solar no território é pelo menos 30% superior à melhor região de incidência solar na Alemanha, país com a maior capacidade instalada de energia solar fotovoltaica e um dos maiores detentores da tecnologia.

GC1 – “A vantagem do Brasil é ser um país com alta incidência solar, ter uma área com grande extensão territorial e isso tudo favorece”.

ONG3 – “O Brasil é extremamente ensolarado, com muito potencial. A pior região de incidência de sol no Brasil é pelo menos 30% melhor que a melhor região de incidência de sol na Alemanha, por exemplo, que é, provavelmente, se não é o país com maior capacidade instalada, é o segundo. Se foi ultrapassado por alguém, foi ultrapassado pela China, que é justamente onde a gente vê um avanço rápido nessa fonte de energia”.

CII- “Outra vantagem que eu considero fundamental também é a facilidade, a facilidade de implantação desse sistema. Estamos falando de um sistema que a montagem é feita em uma semana”.

A implantação do sistema distribuído de geração solar fotovoltaica traz um conjunto de benefícios estratégicos e que foi apontado por 21% dos entrevistados. Eles destacaram: a possibilidade de diversificação da matriz energética do país, reduzindo a dependência da energia por fontes térmicas à base de combustíveis fósseis; a postergação de investimentos em novas ampliações de geração de energia, que geralmente são de grande porte; e o adiamento da ampliação das redes de transmissão e de distribuição, contribuindo para reduzir os custos envolvidos na distribuição de energia das concessionárias e, conseqüentemente, possibilitando a geração de uma energia mais barata para a população.

OG2 – “Mais de 90% do que é instalado no Brasil é fotovoltaica de pequeno porte e a geração junto da carga tem uma série de benefícios para o sistema elétrico: reduzir perdas no transporte, porque a geração ocorre no mesmo local de consumo, então não precisa ter uma linha de transmissão, uma linha de distribuição, então tem redução de perdas; reduz o carregamento da rede das distribuidoras, o que pode também ocasionar uma postergação de investimento da distribuidora; então uma rede estaria carregada em determinada hora, ela não vai estar se tiver geração naquele ponto, então isso facilita também, posterga também a construção de usinas de grande porte”.

AIE2 - “E a energia solar fotovoltaica pode somar de forma sinérgica com as demais fontes renováveis no país, trazendo esses benefícios para a matriz elétrica nacional: redução de consumo de combustíveis fósseis. Economia também com essa redução de combustíveis fósseis, gerando uma energia elétrica mais barata para a população e mantendo uma participação elevada de renováveis e ajudando a aumentar a segurança energética”.

Um dos entrevistados ressaltou a vantagem que o Brasil tem no cenário mundial de possuir grandes reservas de quartzo de alto teor de pureza (mineral do qual o silício é extraído), além de ser também um dos líderes mundiais na produção de silício de grau metalúrgico. No entanto, essa vantagem não é valorizada no mercado industrial interno para a produção das células solares fotovoltaicas, pois para isso é necessário dispor de uma base industrial para o beneficiamento do silício grau metalúrgico para o silício grau solar. Uma base industrial para a produção das células solares fotovoltaicas possibilitaria exportar não só o minério de quartzo, como também o silício de grau metalúrgico e o de grau solar, além dos próprios módulos solares fotovoltaicos, deixando o Brasil de ser o atual exportador de um produto de baixo valor agregado para se tornar um exportador de tecnologia e de produtos de alto valor agregado.

AIE1- “Você vê que o mundo todo briga muito por questões energéticas e nós temos a felicidade de não termos dependência energética em nenhuma fonte. Nós somos autossuficientes no petróleo, energia elétrica, em tudo o mais. E assim, do ponto de vista estratégico, em longo prazo ficar dependendo de um componente importado

não é do ponto de vista nosso, de indústria, algo interessante. Por outro lado, isso estou falando da célula, mas a célula é feita de silício e o maior produtor de silício é o Brasil. Nós exportamos o silício mineral a um preço baixíssimo e importamos depois a célula ou o silício purificado a um preço 100 vezes maior. Então, nós estamos assim hoje com essa desvantagem, mas podemos, justamente se agregarmos a cadeia produtiva toda no Brasil, nós vamos ter essa vantagem, de que temos, como falei, nas outras fontes. Autossuficiência, no caso de fotovoltaico com tecnologia de silício. Nós temos a cadeia toda, porque nós temos o silício no Brasil. Então esse seria o outro lado, compensar essa desvantagem”.

Na discussão dos resultados emergiu uma nova subcategoria associada às vantagens da energia solar fotovoltaica e que trata da questão da alta reciclabilidade dos módulos fotovoltaicos, que têm em média entre 90% e 96% de reciclabilidade de seus componentes, dos quais se reaproveitam o alumínio utilizado na estrutura do módulo, o silício das próprias células fotovoltaicas, a película de proteção de acetato de vinil-etila (EVA) e o vidro de proteção.

AIE2 – “É um sistema que opera de forma praticamente assistida com baixo impacto ambiental. São equipamentos que têm alto potencial de reciclabilidade. Normalmente o módulo fotovoltaico silício cristalino possui entre 90 e 96% de reciclabilidade de seus componentes. Significa que é de fato o módulo, assim como a cadeia do alumínio. O uso do alumínio, em que você pode reaproveitar a maior parte do material utilizado em outras aplicações, ou até mesmo voltando para a cadeia produtiva do alumínio. Você também pode fazer isso no caso do sistema fotovoltaico, em especial no módulo fotovoltaico. Isso é bastante positivo porque mostra que essa cadeia, se planejada adequadamente desde o começo, pode ter um baixíssimo impacto ambiental como é reportado pela academia e pelo setor produtivo ao redor do mundo”.

Dois entrevistados de ONGs apontaram três novas subcategorias que a geração solar fotovoltaica traz de positivo: a redução de processos de violação dos direitos humanos associados às construções de hidrelétricas; a inclusão social que o consumidor tem em fazer parte da solução da geração de uma energia limpa; e o custo da externalidade socioambiental, que não é considerado nos projetos de construção das usinas de geração de energia elétrica.

Os custos socioambientais gerados não são considerados nos preços da geração da energia elétrica pelas usinas hidroelétricas e pelas usinas termelétricas, com seus impactos ambientais e nas biodiversidades das regiões, bem como as consequências negativas das emissões dos gases de efeito estufa nas comunidades envolvidas nos projetos. Custos que são marginalizados e cobertos por outros programas governamentais para seus contornos socioeconômicos regionais - como um exemplo atual pode-se citar o caso da usina hidrelétrica de Belo Monte.

ONG1- “Migrando já para outro benefício que é social a gente evita, por exemplo, que tenha defeitos tão sistemáticos nos direitos humanos como os que a gente tem visto com as construções hidroelétricas na Amazônia, com as barragens de fio”.

ONG4 – “Acho que tem muita questão com inclusão social. Acho que a energia solar tem um grande potencial de fazer com que as pessoas se sintam parte da solução e isso é muito transformador. As pessoas sentem que eu estou gerando a minha energia. A minha energia é limpa e eu sou responsável por ela. Então essa importância de engajamento social das pessoas em busca de uma solução de um futuro de baixo carbono é uma aplicação fundamental para a sociedade civil. É questão da inclusão social que estava falando... O que eu estou falando é isso. É a gente incluir no preço da energia as externalidades relacionadas com este tipo de geração. Por exemplo, se pega uma hidroelétrica ou uma termoelétrica. Ela é uma energia que tem que ser mais cara, porque ela gera emissão, gera impacto ambiental. Então, assim, as externalidades socioambientais da geração deste tipo de energia, elas têm que ser incorporadas no seu preço”.

5.4 TERCEIRO BLOCO - BARREIRAS E DESVANTAGENS

O terceiro bloco trata da categoria das barreiras, no qual são apontadas as desvantagens da geração da energia solar fotovoltaica no cenário energético brasileiro.

O destaque entre as desvantagens é atribuído ao fator custo do sistema fotovoltaico, apontado por 93% dos entrevistados, cuja implantação é cara para o poder aquisitivo da maioria dos consumidores da classe média e baixa. A sua instalação fica, assim, atualmente restrita a uma camada de consumidores de alto padrão.

Esses entrevistados apontaram vários complicadores para a implantação da geração solar fotovoltaica, começando com a falta de uma política de financiamento adequada para essa fonte energética no cenário nacional. Normalmente os bancos privados e até mesmo os bancos públicos costumam oferecer financiamentos de cinco anos para sistemas fotovoltaicos, não sendo ainda o ideal para o consumidor, por se tratar de um equipamento com vida útil de pelo menos 25 anos, além de ter um *payback* alto, da ordem de 8 anos. Acrescenta-se ainda que a taxa de juros é bastante elevada. A proposta apontada para a viabilização seria a de uma taxa de juros utilizada em financiamentos imobiliários e não de financiamentos de bens de curta vida útil.

A tributação, que é bastante elevada, também foi apontada como uma desvantagem para a implantação da fonte de geração solar fotovoltaica, porque atinge os insumos, os maquinários e os equipamentos acabados do sistema, afetando o interesse dos consumidores por elevar o custo e, conseqüentemente, o seu tempo de retorno.

Esses entrevistados também destacaram a falta de uma política de incentivo para o sistema fotovoltaico por parte dos governos federal, estadual e municipal, que permita uma expansão considerável da geração solar fotovoltaica no cenário nacional.

Comparativamente à geração centralizada, foi lembrado que o custo da energia solar fotovoltaica é mais alto que o das outras fontes em termos de competição nos leilões e é necessário ter uma garantia de leilões contínuos exclusivos para a obtenção de escala, propiciando assim uma cadeia produtiva e o surgimento de uma indústria de base nacional.

Esses mesmos entrevistados ressaltaram ainda que há a falta de planejamento do governo na ampliação do sistema elétrico brasileiro e de como essa fonte se insere no cenário da matriz energética do país.

ONG4 - “Acho que tem a questão da viabilidade econômica. O principal ponto é que as vias de financiamentos que a gente tem hoje em dia, e que podem apoiar o sistema solar, elas não chegam a uma taxa de juros atrativa para as pessoas. Então esta questão de linhas de financiamento com juros diferenciados para energia solar é um dos maiores entraves que a gente ainda tem no Brasil”.

AIE2 - “Em primeiro lugar é a falta de financiamento adequado; em segundo lugar a tributação é excessiva sobre a cadeia produtiva e sobre os equipamentos fotovoltaicos; e em terceiro lugar a tributação de ICMS que ainda acontece em alguns estados sobre a energia da micro e minigeração”.

MA2 - “A desvantagem é em termos de competição com outras fontes. A energia fotovoltaica é mais cara que outras fontes”.

ONG2 – “A gente fala que existe uma barreira do planejamento. Então, para começar, o planejamento de ampliação do sistema elétrico brasileiro não é claro o suficiente e não mostra qual e como o governo entende essa fonte energética”.

Um grupo de entrevistados, da ordem de 79%, destacou que a divulgação do sistema de geração de energia por células ou módulos solares fotovoltaicos é muito pequena e não está atingindo o mercado consumidor, que carece de informações sobre sua tecnologia de funcionamento, dos seus benefícios em gerar a própria energia e da possibilidade de reduzir a sua conta de energia, além da vantagem de poder injetar a energia excedente gerada para futuro abatimento do seu consumo mensal.

Esses entrevistados apontaram também que existe a necessidade de uma melhora e uma abrangência maior na divulgação das informações sobre a grandeza dos custos envolvidos na instalação de um sistema fotovoltaico em uma residência, bem como sobre o elevado tempo de retorno ou *payback* do investimento, que na atualidade gira geralmente em torno de 7 a 8 anos, que é alto para o consumidor brasileiro, que não é adepto a investimentos dessa natureza.

Um dos entrevistados de ONG informou que foi realizada uma pesquisa de mercado em 2013 para conhecer quantas pessoas sabiam da possibilidade de poder gerar a própria energia e os dados obtidos apontaram que de cada 10 brasileiros somente 3 tinham

conhecimento da alternativa. Esse dado demonstra que existe a necessidade de programas de divulgação constantes pelos órgãos públicos, sejam eles federais, estaduais ou municipais, inclusive abrangendo as políticas públicas de incentivos existentes por esses órgãos para o uso da fonte solar fotovoltaica na comunidade.

AIE2 - “Ainda é necessária uma maior divulgação da fonte solar fotovoltaica, das suas qualidades, de seus benefícios, das suas características, do seu uso e de como contratar essa energia ou como instalar e planejar o sistema fotovoltaico para seu uso, porque na média a população brasileira, apesar de demonstrar um grande apoio e interesse nessa tecnologia, ela desconhece o detalhe de seu funcionamento e às vezes acaba confundindo a energia solar fotovoltaica com aquecimento solar”.

ONG1 – “Existe a falta de divulgação, as pessoas não conhecem as possibilidades, não conhecem os benefícios. Sem sombra de dúvida a divulgação é importante e acho também que é uma questão de cultura. Culturalmente o brasileiro, de maneira geral, não tem o costume de fazer investimento. Para a gente, de maneira geral, poupança é investimento. Comprar um carro é investimento. Então falta uma cultura de investimento e falta entender, por exemplo, que você comprar um sistema fotovoltaico pode ser investimento. Então assim é uma questão cultural, sim”.

Um conjunto de ressalvas importantes sobre as políticas públicas para a fonte solar fotovoltaica foi apontado por 71% dos entrevistados, como a falta de uma política de longo prazo no cenário nacional, a falta de uma política de financiamento para o consumidor poder comprar os equipamentos, a falta de políticas de incentivos tributários e fiscais para os equipamentos de geração solar fotovoltaica, a falta uma visão estratégica do potencial dessa fonte de energia, a falta de políticas de garantia de continuidade dos leilões anuais, a falta de uma política pública que seja bem desenhada, bem estruturada com visões de médio e longo prazo e, além disso, a falta de uma política de desenvolvimento do setor, inclusive o industrial. A legislação atual também foi considerada como espalhada e fraca e que as políticas de estados e municípios possuem ações isoladas e independentes.

Esses são exemplos de algumas políticas públicas apontadas como falhas e com extrema necessidade de serem analisadas e contempladas com ações corretivas para que a energia solar fotovoltaica se firme cada vez mais no cenário da matriz energética do país.

ONG3 – “A gente não tem política pública efetiva clara. A gente tem instrumentos de políticas públicas, que são utilizados de uma maneira fragmentada no meu entender, e que associados de uma lógica que enxergue a alternativa energética como estratégica e que enxerga o setor também como estratégico para a economia do país. Então a gente tem entre instrumentos de políticas públicas: os planos decenais, temos o plano nacional de energia, que é um plano de mais longo prazo, o que nós temos hoje que é o plano nacional de energia para 2030. Ele foi publicado há muito tempo no momento em que solar inexistia no Brasil. Então ele não tem praticamente nada, prevendo ou projetando uma expansão desta fonte no país, de maneira significativa”.

ONG1 – “A política pública que está faltando realmente são de dois tipos, que eu diria, a primeira realmente que a gente fez uma revisão das existentes hoje no BNDES, que são linhas de crédito para usinas e para grandes empresas, por causa dos pisos de empréstimos concedidos, e com uma política sustentada para energia solar e a segunda é garantir a vinda de mais leilões”.

OG2 – “Apenas 15 estados já aderiram e ainda tem alguns outros que faltam aderir. Então esse é o primeiro ponto, que acho que falta ainda consolidar no Brasil todo, e o segundo ponto que eu destaco é ter uma política de financiamento bem definida. Se a gente está falando de geração de pequeno porte, falando até de consumidor residencial, tem que ter o financiamento adequado, com prazo e taxa adequada para ele”.

A barreira das distribuidoras de energia também é apontada por 50% dos entrevistados. Elas não estão adequadas para atender às necessidades impostas na resolução 687 da ANEEL, sobre o prazo de atendimento para a efetivação da geração solar fotovoltaica na rede do consumidor, além do fato de serem reativas e resistentes quando se trata desse assunto, apontando que existe conflito de interesses, pois elas obtêm receita tanto da operação de suas redes de distribuição como da comercialização de energia e a inserção dessa fonte em seu sistema se torna uma ameaça ao invés de uma oportunidade de receita.

AIE2 - “Infelizmente ainda existe certa resistência das distribuidoras no que diz respeito à inserção e ao crescimento da energia solar fotovoltaica em geração distribuída no Brasil, porque infelizmente algumas distribuidoras percebem a geração distribuída como uma ameaça ao invés de uma oportunidade. Essa não é uma atuação homogênea”.

OG1 – “Quem não é favorável, pelo menos à primeira vista, da inserção da energia fotovoltaica, principalmente de pequeno porte, são as distribuidoras de energia, porque elas enxergam uma redução de mercado. O consumidor instala isso na sua casa, reduz o seu consumo e reduz o pagamento pelo uso da rede e a tarifa é monômnia, que é a mistura de energia e demanda. Então se eu reduzo o meu consumo, estou pagando menos, não só pela energia que ela compra do gerador como do uso da rede que é o serviço dela. Então isso diminui a rentabilidade do negócio”.

Dois entrevistados desse grupo destacaram que existe sim o conflito de interesse no cenário energético quanto à geração solar fotovoltaica, que corresponde aos *lobbies* de empreiteiras de hidrelétricas, aos *lobbies* das térmicas a carvão e da própria Petrobras para as usinas térmicas, que utilizam derivados de petróleo.

ONG3 – “Acho que há muitos agentes econômicos interessados no desenvolvimento dessa fonte, mas o que há é o lobby, por outro lado de alguns setores, como o setor das empreiteiras para o desenvolvimento dos projetos hidrelétricos na Amazônia. Você tem o lobby do setor do carvão que é forte e conseguiu alavancar alguns novos projetos em leilões recentes”.

Outro conjunto de desvantagens, apontado por 43% dos entrevistados, refere-se às condições técnicas que o sistema fotovoltaico traz quando está injetando carga na rede de distribuição elétrica por ele ser uma fonte intermitente, isto é, a sua carga de geração varia com a intensidade da luz solar, podendo chegar a 10% do valor de sua capacidade na sua ausência diurna; além disso, pode gerar transitórios de voltagem e distorções na qualidade da energia elétrica da rede. Com isso, necessita de uma operacionalização mais complexa por parte da distribuidora para garantir a qualidade da voltagem elétrica e cobrir os vales da demanda de energia durante o efeito da queda de carga injetada nesses momentos. Além disso, requer outra fonte de energia de *backup* ou de retaguarda para atender aos vales de carga, seja por falta de intensidade solar ou por aumento de demanda de carga de energia e, principalmente, nos horários noturnos.

AIE1 - “Outra desvantagem, que é óbvia, é que você não tem sol 24 horas por dia. Então, nem ao longo do dia, em que você está no horário de sol, durante o dia, você também não tem garantia que vai ter sol na intensidade 100%. Então o fotovoltaico, ele é uma fonte considerada intermitente, em que você não tem garantia que vai ter disponibilidade de energia elétrica na hora que você quer. Então você tem que usar o fotovoltaico junto com o grande sistema de armazenamento ou com outra fonte que dê essa disponibilidade na eventualidade de não ter sol ou durante os horários noturnos. Essa é uma desvantagem operacional”.

OG1 – “Nas questões técnicas, a operação da rede fica mais complicada para as distribuidoras, com a inserção da energia fotovoltaica, por ela ser intermitente. Ela pode gerar algumas distorções técnicas na energia, por exemplo, na qualidade, inserção de harmônicos e outros fenômenos que podem ocorrer”.

ONG2 – “A gente viu uma palestra de um pesquisador alemão sobre isso, que isso também é um desafio na Alemanha que já está com 30% de renováveis com solar e eólica. Por exemplo, ele mostrou um gráfico que mostra que, em um dia de sol na Alemanha, ele conseguiu que 80% da carga daquele dia pudesse ser atendida com a solar e em um dia de inverno apenas 10%”.

Três entrevistados apontaram a barreira do conhecimento da tecnologia e o problema da capacitação da mão de obra dos envolvidos no sistema, que vai desde os projetistas aos instaladores quanto à necessidade de uma boa qualificação dos profissionais no mercado de trabalho.

AIE1 – “Eu já falei na formação da mão de obra que é sempre importante. A solução fotovoltaica não é uma solução para amador”.

ONG2 – “Você tem alguns problemas na capacitação da mão de obra. A gente tem necessidade de capacitar pessoas que tenham condições de trabalhar nessa cadeia de eletricitas, instaladores, que tenham condições. Não é uma indústria que requer mão de obra de baixa qualificação. Você precisa qualificar essa mão de obra”.

5.5 QUARTO BLOCO - CENÁRIOS FUTUROS E COMENTÁRIOS

O quarto bloco aponta os cenários futuros e inclui outros comentários apresentados pelos entrevistados sobre a geração da energia solar fotovoltaica no país.

Um conjunto de ações para acelerar o mercado brasileiro de solar fotovoltaica foi destacado por 57% dos entrevistados: o financiamento com boas taxas de juros para a aquisição do sistema no mercado pelos consumidores; a redução da carga tributária sobre o setor que atualmente é excessiva; e a liberação do FGTS para aquisição do sistema de geração solar fotovoltaico pelos consumidores.

AIE2 – “Reduzindo a excessiva carga tributária sobre o setor, criando novas opções de financiamento para pessoas físicas e jurídicas, aprimorando a política industrial para a fonte e mantendo as contratações anuais de energia solar fotovoltaica e ir a leilões de grande porte”.

ONG1 – “Por meio de estabelecimento de uma cadeia tributária diferenciada para os componentes fotovoltaicos, incluindo IPI e PIS/COFINS, pela criação de linhas de créditos pelo setor privado e pelo setor público e a questão de subsídio de juros ou, pelo menos no primeiro momento, pela liberação do FGTS. Mesmo porque no momento econômico atual falar em juros subsidiados é complicado e a divulgação, realmente”.

Foi ressaltado por 50% dos entrevistados que são remotas as condições do Brasil vir, no futuro, a ter um produto competitivo e até mesmo competir no mercado mundial com o sistema solar fotovoltaico nas tecnologias atuais, pois a concorrência com a China é difícil, visto que eles se tornaram mais eficientes nesse mercado do que os alemães e os americanos.

GC2 – “Não faz nem sentido para o Brasil querer ser um polo produtor mundial de módulos fotovoltaicos e é uma batalha perdida que, nas tecnologias atuais, é perdida para a China”.

MA1 – “Não sei, não vejo como. Porque hoje os chineses se tornaram mais eficientes que os alemães e os americanos e todo mundo está produzindo na China. Para dizer que a gente consiga no Brasil ter uma indústria fotovoltaica mais competitiva, globalmente é difícil imaginar para quem não tem nada ainda. Claro, deveria ter um maciço investimento do governo nisso. Não acho sinal no curto prazo, nacionalmente para concorrer com os estrangeiros é um fiasco”.

Dois entrevistados destacaram que o Brasil não tem foco no cenário de fabricar os módulos e exportá-los, mas sim na capacidade de montagem local dos módulos com as células solares fotovoltaicas importadas, utilizando produtos nacionais como o vidro, o alumínio, o cabo e demais peças de sua montagem.

OG1 – “Em termos de produção de equipamento não sei se o Brasil vai chegar a um ponto de fabricar tudo, ou vamos apenas montar os equipamentos com uma parte importada, aproveitando o vidro nacional, o alumínio, o cabeamento. Não sei se vamos conseguir fazer tudo aqui”.

Outros dois entrevistados apontaram a possibilidade de competir no mercado internacional desde que se agregue toda a cadeia produtiva no país ou com uma base de novas tecnologias para os módulos solares fotovoltaicos.

AIE1 – “Mas eu acho que o cenário aí é positivo e que nós temos condições de competir se a gente agregar a cadeia no Brasil”.

Outro entrevistado destacou que, com novas tecnologias na composição das células solares fotovoltaicas, o Brasil poderia competir no mercado mundial.

MA1 – “Seria na base das novas tecnologias que estão vindo aí, através das células orgânicas, as sensibilizadas por corantes, entre outras”.

Um dos entrevistados destacou que o Brasil necessita estruturar a geração solar fotovoltaica no cenário de matriz energética do país, pelo menos nos próximos 10 anos, para depois olhar outros horizontes externos, como o da internacionalização com a América Latina ou com a Ásia.

AIE2 – “O Brasil ainda precisa no primeiro momento estruturar o seu segmento no país que está em fase emergente, amadurecer a sua operação no país, para depois começar um processo de internacionalização. Acredito que serão necessários pelo menos 10 anos ainda até que o país esteja em condições de se internacionalizar e aí vai existir uma oportunidade para desenvolvimento de projetos tanto na América Latina, América do Sul, tanto, talvez em regiões, como Ásia e países que ainda estejam começando a sua inserção na energia fotovoltaica”.

Um entrevistado de ONG ressaltou a importância de se pensar no futuro energético do país em vista do término do acordo comercial entre Brasil e Paraguai do Tratado de Itaipu em 2023 e que, com certeza, terá um impacto de aumento na tarifa de energia.

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As entrevistas realizadas com os diversos *stakeholders* relacionados com a geração de energia solar fotovoltaica no cenário brasileiro trouxeram inúmeras contribuições que foram comparadas com os aspectos apresentados em cada categoria do referencial teórico.

No Brasil, um conjunto de fatores internos e externos foi destacado pelos entrevistados como indutores potenciais para a geração solar fotovoltaica. Dentre os fatores internos, o ponto crucial apresentado foi a ação efetiva governamental das políticas públicas como principal indutor da expansão dessa alternativa no país, as quais trouxeram uma evolução com as novas resoluções e ampliaram o horizonte de abertura para outras aplicações junto aos consumidores no cenário nacional, como a organização de cooperativas, consórcios, condomínios residenciais e comerciais para usufruírem da energia produzida por usina de geração de energia solar fotovoltaica. A base dessa abertura foi a resolução 482 de 2012 e a sua evolução e aprimoramento por meio da resolução 687 de 2015. Vale ressaltar que no Brasil, em virtude da resolução 482, a geração distribuída teve um crescimento exponencial, conforme foi discutido nesse trabalho, expandindo-se de 3 instalações em 2012 para 2.207 em fevereiro de 2016, sendo 2.148 só para a solar fotovoltaica. Ainda assim, não representou algum impacto na composição da matriz energética brasileira já que a parcela representada encontra-se na faixa de 0,02%.

Os trabalhos de Timilsina, Kurdgelashvili e Narbel (2012) corroboram o fato de que um mix favorável de políticas públicas foi importante para o crescimento do mercado de energia solar nos Estados Unidos. Embora as políticas públicas sejam próprias de cada estado americano (como, por exemplo, linha diferenciada de financiamento para a compra de equipamento, descontos, empréstimos), há também a participação do governo federal na redução do imposto de renda no custo da instalação dos sistemas solares fotovoltaicos. Elas foram importantes para a expansão da solar fotovoltaica no cenário americano, conforme são relatados nos trabalhos da EPE (2012) e ABINEE (2012).

Resultados semelhantes foram apontados por Jacobsson e Lauber (2006) e REN21 (2015), os quais ressaltam as políticas governamentais como essenciais para induzir o crescimento da energia solar fotovoltaica também na Alemanha e por Chowdhury et al. (2014) e Avril et al. (2012) no Japão. Cabe destacar ainda que o caso chinês é um modelo exemplar também no contexto dos países em desenvolvimento, conforme apresentado por Grau, Huo e Neuhoff (2012), e que a política pública foi promovida por meio de incentivos fiscais e financeiros.

No entanto, verifica-se que a situação do Brasil é muito embrionária, considerando os outros países analisados. No estudo de caso, os entrevistados destacaram que no país a falta de uma política de financiamento próprio para o sistema fotovoltaico, de longo prazo e com juros baixos, forma uma barreira para a sua aquisição e crescimento, o que é confirmado no trabalho da Market Analysis (2013) e no estudo da WWF-Brasil (2015). O contrário ocorreu na Alemanha, onde a participação do governo teve um papel fundamental para o uso dessa fonte de energia, devido a um conjunto de políticas de incentivos fiscal, tributário e de financiamentos e, inclusive, com apoio financeiro para a aquisição do sistema fotovoltaico pelos consumidores, que incrementou a geração solar fotovoltaica continuamente e de forma crescente no cenário nacional. Esse mesmo tipo de apoio político de benefício foi utilizado pela China, por meio de incentivos de empréstimos e créditos fornecidos pelos bancos do governo aos fabricantes e investidores, segundo atestam os trabalhos de Grau, Huo e Neuhoff (2012). Política de incentivos por meio de linhas de financiamento foi também utilizada nos Estados Unidos, conforme apresentado nos trabalhos da EPE (2012) e ABINEE (2012).

De forma a propor explicações para a baixa efetividade do desenvolvimento da energia solar fotovoltaica no país, identificam-se a partir da pesquisa realizada algumas características do processo de gestão que contribuem para entender este fenômeno. Ainda que as políticas públicas tenham sido identificadas como fundamentais nos diversos países analisados, incluindo o Brasil, a motivação é distinta comparando o caso brasileiro com os demais.

Conforme as pesquisas, os países europeus (CARVALHO, 2012) e a China (YUAN; HO; XU, 2012) tinham como principal motivação reduzir a participação da geração com combustíveis fósseis. A razão disso foi cumprir os acordos internacionais de redução de emissão. Em relação ao impacto ambiental pelas emissões de CO₂, foi importante a escolha da geração solar fotovoltaica no cenário das energias renováveis pela China como parte de um pacote de ações para atingir a meta, que foi assumida na Conferência de Copenhague em 2009, de redução por unidade de PIB entre 40% e 45% das suas emissões de CO₂ até 2020 em relação a 2005, e isso representa um aumento de 15% das fontes de energias renováveis em sua matriz energética, conforme é ressaltado nos trabalhos de Yuan, Ho e Xu (2012). Esse fato é também apresentado no estudo de Carvalho (2012), que destaca o compromisso da Europa na redução de 20% em relação aos níveis de 2005 nos gases de efeito estufa até 2020. No caso brasileiro, esta pressão é bem menor, em face do tipo de matriz energética do país e da grande área densa de florestas. Assim, no Brasil as políticas públicas nesse setor têm um valor mais simbólico, tentando colocar o país no trilho de uma tendência internacional de

inclusão desta alternativa no mix da geração de energia, embora sua representatividade na matriz energética do país seja incipiente.

Os resultados pouco expressivos da geração solar fotovoltaica no Brasil permitem inferir que o sistema tarifário adotado no país pode também explicar a baixa efetividade até o momento da política pública. Enquanto os estudos de Mendonça e Jacobs (2009) mostram que o sistema FIT foi muito mais eficiente em diversos países analisados, como se verifica na Alemanha em que o seu principal fator motivador foi realmente o sistema de tarifa FIT, o mesmo ocorrendo na Itália apresentado no trabalho de Cucchiella e D'Adamo (2012) e não sendo diferente na China, em que o modelo serviu como um motivador para a geração fotovoltaica no seu território, conforme apresentado no trabalho da IEA (2014). Vale o destaque de que a FIT é um sistema tarifário de forte cunho de incentivo governamental ao consumidor para adotar a geração de energia solar fotovoltaica, com o intuito primordial de acelerar a sua participação no cenário energético de cada país que o adota, permitindo assim que esta fonte renovável possa substituir o crescimento das fontes térmicas à base de combustíveis fósseis na geração de energia elétrica de cada país. Nesse caso, o consumidor recebe um valor maior pela energia vendida à distribuidora do que o preço da tarifa de consumo, garantindo uma redução importante do prazo de *payback* do investimento realizado.

No Brasil, o *net metering* foi o modelo tarifário escolhido, destacado pelos entrevistados como adequado ao cenário brasileiro, por não carregar algum tipo de custo de incentivo que possa onerar e sobrecarregar a tarifa de energia elétrica a todos os consumidores, mas tendo somente o crédito de cada kWh gerado para consumo futuro, não apresentando, como no caso da FIT, um retorno financeiro na sua fatura.

A fim de um melhor entendimento da operacionalidade do *net metering*, destaca-se que a energia gerada e injetada na rede da distribuidora será usada para abater o consumo da unidade consumidora nos meses subsequentes. Essa energia injetada na realidade é cedida por meio de um empréstimo gratuito à distribuidora pela unidade consumidora, em que esses kWh são registrados por meio de um medidor de duplo sentido e que serão posteriormente compensados com o consumo de energia elétrica dessa mesma unidade consumidora. Outro fato importante é que se houver uma geração maior que o consumo, esse saldo positivo de kWh gerado poderá ser utilizado para abater o consumo na fatura do mês subsequente, mas com a ressalva de que esse crédito expirará em 60 meses se não for consumido.

No entanto, o modelo de tarifa *net metering* não oferece a mesma atratividade proporcionada por outros modelos empregados em outros países, de forma que a inserção da geração solar fotovoltaica depende exclusivamente da sua própria capacidade de se viabilizar

no mercado, demandando um prazo maior para a sua popularização junto aos consumidores. Esse modelo também foi destacado nos trabalhos da EPE (2012) e ABINEE (2012) como um modelo de incentivo adotado por quase a totalidade dos estados americanos. A falta de sistema de incentivos mais efetivos no país ajuda a explicar os resultados pouco expressivos registrados pelo Brasil até o momento com a energia solar fotovoltaica, além de comprometerem outros benefícios econômicos, ambientais e sociais apontados nas entrevistas e na literatura.

Vale destacar que o aumento da demanda da geração solar fotovoltaica pode prover outros fatores favoráveis além dos já apontados.

A grande capacidade da energia solar fotovoltaica em gerar empregos foi destacada nas entrevistas como importante no cenário regional por promover oportunidades de novos negócios (como, por exemplo, consultoria, engenharia, instalação, montagem, manutenção), girando a economia local, criando outras benfeitorias, como, por exemplo, um polo de desenvolvimento da comunidade local, além de novas fontes de arrecadação para os municípios.

Os governos não aproveitam essas oportunidades, promovendo novos postos de trabalho de qualidade e de qualificações técnicas que remetem a um crescimento social da comunidade e do município. O potencial da fonte solar fotovoltaica de geração de empregos é também ressaltado no trabalho da IRENA (2015) que aponta a criação de uma parcela significativa de 2,5 milhões de postos de trabalho no mundo. O trabalho da WWF-Brasil (2015) corrobora também a perspectiva de que a geração solar fotovoltaica apresenta uma grande capacidade de geração de empregos associados à cadeia produtiva. O trabalho do Greenpeace Brasil (2015) destaca os dados apresentados pela EPE desse potencial de geração de empregos, tanto os diretos quanto os indiretos, na ordem de 6 milhões de novos postos de trabalho.

Outro aspecto importante no caso brasileiro é a vantagem do potencial de irradiação solar no seu território que também foi um destaque dado por um dos entrevistados. O Brasil tem esse diferencial em relação às condições territoriais de muitos outros países detentores da tecnologia solar fotovoltaica, permitindo a instalação dessa fonte em qualquer parte de sua extensa área territorial com bons resultados na geração de energia. Apesar das qualidades climáticas que o país possui, com suas extensas áreas ensolaradas, observam-se inúmeras oportunidades que são desperdiçadas por falta de um planejamento consistente por parte dos governos, sejam eles da esfera federal, estadual ou municipal, para a efetiva introdução da geração solar fotovoltaica no cenário territorial brasileiro. Isso sem contar as grandes

possibilidades que são perdidas com novas instalações da fonte solar fotovoltaica em prédios de repartições públicas, escolas públicas, universidades, bancos públicos, casas populares dos governos estaduais e federais, utilizando um combustível abundante e de custo zero, zero em emissões de gases de efeito estufa e zero de impactos ambientais na sua utilização, além do fato da redução dos gastos com a energia elétrica consumida, podendo assim estabelecer um referencial de expansão e modelo a ser seguido no cenário nacional. O estudo de Pereira et al. (2012) coloca que a extensa área do território brasileiro também propicia a implantação da fonte de geração solar fotovoltaica. Essas qualidades positivas também são destaque no trabalho da WWF-Brasil (2015) que ratifica o potencial da irradiação solar no Brasil ser muito superior à encontrada na Alemanha, país com a maior capacidade instalada em geração solar fotovoltaica e que tem crescimentos anuais consideráveis em instalações em seu território.

O uso em larga escala da solar fotovoltaica poderia trazer outros benefícios além dos já citados. Vale destacar que, apesar do Brasil ter uma das maiores reservas de quartzo de qualidade, essa vantagem ainda não é aproveitada pelas políticas internas para a construção de uma base industrial para o beneficiamento do silício grau metalúrgico para o silício grau solar ou o silício grau eletrônico, que tem alto grau de pureza (99,9999%) e é o principal material da célula solar, necessário para a produção das células fotovoltaicas. Com o beneficiamento será possível ter no Brasil uma base industrial para a produção das células solares fotovoltaicas, possibilitando exportar não só o minério de quartzo, como também o silício de grau metalúrgico e o de grau solar, além dos próprios módulos solares fotovoltaicos, deixando o país de ser somente exportador de um produto de baixo valor agregado para se tornar um exportador de tecnologia e de produtos de alto valor agregado. O impedimento para tal, além da falta de políticas de incentivos tributários e fiscais para as indústrias, é o fato de que para a sua produção é necessária uma grande demanda de energia elétrica que, em virtude de sua tarifa, torna o processo caro, diferentemente na China em que ocorreram inúmeros subsídios governamentais para a expansão dessa indústria no país, destacando mais uma vez que essas políticas foram fundamentais para ampliar estas atividades industriais chinesas no cenário mundial.

As perdas de oportunidade também são ampliadas em função da ausência de um olhar estratégico em relação ao futuro do uso da geração solar fotovoltaica por parte do governo e do mercado.

Um dos temas importantes quanto ao uso futuro da energia solar será a questão da reciclabilidade.

A reciclagem do módulo fotovoltaico, ressaltada nas entrevistas, é um fator de extrema importância dessa fonte renovável, por ela possuir um percentual entre 90% e 96% de reciclabilidade. Em um primeiro momento, pode-se reaproveitar o vidro empregado na proteção e cobertura do módulo, o alumínio da estrutura do próprio módulo, a película de acetato de vinil-etila (EVA) utilizada na proteção da célula solar fotovoltaica e, finalmente, a própria célula de silício fotovoltaico, que é um material de alta pureza de silício, além dos seus componentes elétricos periféricos. Essa qualidade também é destacada no trabalho da ABINEE (2012), o qual coloca que o módulo pode ter um total reaproveitamento, além de apresentar um baixo impacto ambiental no processo de fabricação das células solares e na montagem dos módulos que exige ambientes controlados.

Por sua vez McDonald e Pearce (2010) ressaltam que o uso crescente da geração solar fotovoltaica no cenário mundial traz uma preocupação para um futuro próximo, com o fim de vida dos módulos solares fotovoltaicos, quanto aos seus descartes, pois alguns tipos de módulos solares utilizam em suas células fotovoltaicas alguns semicondutores com materiais perigosos, como o telúrio, chumbo, selênio e, principalmente, cádmio, cujo composto tem alta toxicidade. Essa questão se torna preocupante se não houver políticas para reciclagem dos módulos solares fotovoltaicos após seu ciclo de vida, que é estimado entre 25 e 30 anos. Essa preocupação ocorre em virtude dos custos envolvidos no processo de tratamento para a reciclagem da maioria dos tipos de dispositivos fotovoltaicos, até o momento ou dada a tecnologia atual, não compensarem economicamente em comparação ao seu descarte em aterros, sendo a opção de reciclagem desfavorável sem incentivos adequados. Atualmente existe um consenso dos fabricantes quanto à reciclagem voluntária, em virtude de suas imagens perante a opinião pública de empresas voltadas à responsabilidade ambiental, mas essa é uma prerrogativa que pode mudar em função da quantidade de painéis que virá no futuro, podendo gerar impactos econômicos desfavoráveis em sua continuidade voluntária nesse processo. Larsen (2009) destaca em seu estudo que a reciclagem dos painéis solares fotovoltaicos de película fina, que contêm índio e telúrio, pode ser muito vantajosa por se tratar de material raro e de quantidade muito limitada na natureza.

Outra questão referente à perda de oportunidades futuras é a falta de divulgação no mercado brasileiro das vantagens e dos benefícios que a geração de energia solar fotovoltaica traz ao consumidor e ao país, que também foi um dos destaques das entrevistas. Um fato negativo é que não se observa em nenhum poder público, em seus meios de comunicação, a citação da solar fotovoltaica como uma fonte disponível no cenário energético brasileiro, exceto quando existem dificuldades técnicas operacionais para atender a uma demanda de

consumo em momentos de crises hídricas ou de possíveis racionamentos. O trabalho da Market Analysis (2013) e o estudo da WWF-Brasil (2015) destacam que o consumidor desconhece que pode gerar a sua própria energia e estar na rede da distribuidora de energia e que em cada 10 brasileiros somente 3 têm essa informação. Além disso, apontam que há uma falta de divulgação por parte das instituições governamentais brasileiras quanto à existência da geração solar fotovoltaica aos consumidores no cenário brasileiro.

Todas essas limitações apresentadas para o modelo brasileiro da energia solar fotovoltaica fazem com que o país não aproveite de forma favorável uma das principais tendências observadas no cenário internacional.

Os entrevistados destacam que o uso em larga escala da tecnologia solar fotovoltaica na matriz energética dos países comprometidos com a redução das emissões dos gases de efeito estufa, e principalmente do CO₂, que são gerados por suas fontes térmicas à base de óleo combustível de derivados de petróleo, de gás natural e do carvão mineral, fez com que os custos desse sistema caíssem nos últimos 10 anos na ordem de 70%, barateando a sua aquisição, reduzindo o preço da geração da sua energia elétrica e o retorno do investimento pelos consumidores. O trabalho da GTM Research e SEIA (2015) confirma que no mercado americano o crescimento da solar fotovoltaica se deu devido ao baixo custo de gerar a energia elétrica, ao seu processo de inovação, à expansão do mercado e à estabilidade política e legal dos estados americanos para essa fonte.

No caso brasileiro, mesmo com o aumento da tarifa, o módulo que é importado tem seu preço atrelado ao dólar. Assim, os ganhos de competitividade da energia solar fotovoltaica não foram suficientes para expandir significativamente o seu uso. No entanto, os entrevistados alertam que o cenário pode mudar caso ocorra uma redução do dólar.

Ressalta-se ainda que a pouca disseminação da energia solar fotovoltaica liga-se ao fato de que o *payback* continua a ser um fator limitante no país, já que os cálculos de curto prazo impedem um entendimento do retorno financeiro efetivo dessa tecnologia.

Por fim, outro fator importante de destaque apontado pelos entrevistados e que é pouco explorado na literatura é a questão da energia solar fotovoltaica como instrumento de inclusão social. A geração solar fotovoltaica traz para a comunidade a eletricidade para a sua comunicação com o mundo, para a preservação de seus alimentos, para o abastecimento de água, para a irrigação de sua lavoura e para a própria inclusão das comunidades vizinhas. Além disso, evitam-se os impactos associados à construção de hidroelétricas, tais como interferências na biodiversidade local e a remoção de comunidades já instaladas, como atualmente é visto na Amazônia, no caso da usina hidroelétrica de Belo Monte. Fora isso, os

projetos das usinas hidroelétricas, aparentemente, em nenhum momento estabeleceram os custos dessas externalidades no valor da energia, mascarando assim o valor real da produção da energia elétrica. Assim, os custos das externalidades que surgem recaem nos governos como custos sociais a serem transferidos à sociedade local.

Além disso, existe também a falta de uma definição clara do governo sobre o cenário da participação de cada fonte na matriz energética que o Brasil deverá trilhar nas próximas décadas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo discutir as principais características e os resultados dos modelos de políticas adotados pelos países desenvolvidos e em desenvolvimento para a inserção da geração de energia elétrica por painéis fotovoltaicos em suas matrizes de energia elétrica.

Os resultados mostram que a energia solar fotovoltaica está cada vez mais presente na matriz energética de diversos países desenvolvidos, como Alemanha, Estados Unidos, Japão e Itália, e também em países em desenvolvimento, como é o caso da China, e que começa a participar com uma parcela considerável em suas matrizes energéticas.

Neste cenário o Brasil ainda apresenta pouca expressividade na geração solar fotovoltaica em sua matriz energética. Trata-se de um movimento ainda muito tímido, pois como foi apontado pela EPE, empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia, é um processo muito mais autônomo do que em outros países, sendo mais dependente do próprio interesse de consumidores e clientes para a adoção de sistemas solares fotovoltaicos do que um conjunto de instrumentos e incentivos que ampliem seu interesse no uso desta alternativa.

Assim, retornando à pergunta de pesquisa que originou este trabalho, sobre quais são os fatores que explicam a baixa representação da energia solar fotovoltaica na matriz energética brasileira, destaca-se que as pesquisas e entrevistas efetuadas apontaram que esta alternativa de geração de energia é extremamente dependente das políticas públicas para garantir a sua expansão no cenário mundial.

As políticas públicas têm caminhado em alguns países desenvolvidos por incentivos, sejam por meio de programas de suporte financeiro para P&D, de financiamentos de longo prazo e taxas baixas de juros para a aquisição dos sistemas de geração solar fotovoltaico ou também por intermédio de tarifas atraentes para a energia excedente gerada pelos consumidores.

No caso brasileiro, as observações obtidas pelas entrevistas ressaltam também que as políticas públicas são importantes para a inserção dessa fonte no cenário energético do país, principalmente após a publicação da resolução da ANEEL 482 e sua revisão 687, bem como dos editais de leilões exclusivos para novas usinas de geração solar fotovoltaicas. Apesar da existência dessas políticas, elas ainda são tímidas para a sua expansão no mercado brasileiro. Faltam políticas de financiamento de longo prazo e com taxas de juros atraentes no mercado financeiro para a sua aquisição; incentivos tributários e fiscais para a sua inclusão no cenário

brasileiro; política para incentivo de uma base industrial para a fabricação das células solares fotovoltaicas e suas montagens em painéis solares; comunicação para a difusão desta tecnologia e seu uso para o consumidor e o mercado em geral.

As entrevistas destacaram fatores importantes quanto à questão da inclusão social que a geração solar fotovoltaica traz para a sociedade, seja através de acesso à energia elétrica pelas comunidades distantes de redes eletrificadas, seja através de geração de novos postos de trabalho que podem ser criados pela implantação da geração solar fotovoltaica pelos consumidores nessas comunidades.

Além disso, em um país de dimensões continentais a energia solar fotovoltaica apresenta diversas vantagens em relação à distribuição, pois possibilita sua geração descentralizada, próxima à carga, distinguindo-a do sistema centralizado que predomina na matriz energética brasileira, como a geração hidráulica, térmica, nuclear e mesmo as renováveis como a de biomassa ou a eólica. Nesse sentido, a geração solar fotovoltaica traz os benefícios de postergar construções de novas usinas, novas linhas de redes de transmissão e de distribuição, de reduzir as perdas elétricas nas redes, bem como os custos de distribuição.

Apesar do custo da geração de energia elétrica por painéis solares fotovoltaicos ser hoje mais alto que o das outras fontes de geração de energia elétrica, vale observar o destaque dado pelo entrevistado de que as fontes de geração hidráulica e termoelétrica não computam os custos de externalidade causados pelos seus sistemas à sociedade, tais como os impactos ambientais gerados com as emissões das térmicas ou pelas construções de usinas hidroelétricas na biodiversidade e nas comunidades do entorno.

A pesquisa mostra, também, que apesar dos poucos resultados até o momento, a energia solar fotovoltaica no Brasil não é um assunto novo. Desde a década de 1980, ela vem sendo utilizada nas regiões Norte e comunidades ribeirinhas. Além disso, o Brasil tinha nesse período uma base industrial de células e painéis fotovoltaicos, bem como a produção do próprio silício solar, mas gradativamente foram sendo desprezadas por falta de incentivos e apoios governamentais. Isso demonstra a ausência de uma visão estratégica na política da matriz energética do Brasil para a geração solar fotovoltaica, com uma definição clara, e não por efeitos momentâneos, para atender à necessidade de falta de energia por fatores climáticos ou por crescimento desordenado de consumo de energia elétrica no país.

Chama à atenção a ausência de uma visão estratégica de longo prazo e de comprometimento com a mitigação dos problemas ambientais, por meio do uso da geração solar fotovoltaica tanto no setor público quanto pelos consumidores em geral.

Com relação aos consumidores, há uma questão cultural associada ao conceito de *payback*, destacada pelos entrevistados. Ressalta-se que o brasileiro, de modo geral, não tem a tradição de considerar *payback* entre 7 e 8 anos como um bom investimento, principalmente com o sistema solar fotovoltaico, mesmo ciente de que ainda terá um retorno após esse período de mais 17 anos, em média, com a redução da sua conta de energia, diferentemente do que ocorre com a aquisição de um carro.

Além disso, vale observar que é um contrassenso os países detentores da tecnologia para a fabricação do silício solar utilizem energia de derivados fósseis, carvão ou nuclear, que trazem impacto ao meio ambiente e com altos custos sociais devido a suas emissões e a seus riscos, como é o caso da China, Alemanha e Estados Unidos, enquanto o Brasil não aproveita a oportunidade para competir no cenário mundial, mesmo tendo uma energia renovável que está concentrada em energia hidráulica, da ordem de 65%.

O Brasil perde cada vez mais terreno da tecnologia fotovoltaica para a sua implantação no cenário energético e industrial e que poderia gerar uma parcela considerável de novos postos de trabalho, seriam postos definitivos e crescentes, diferentemente das construções das usinas hidroelétricas, térmicas e nucleares, que são postos de trabalho de grande quantidade, mas que são gerados somente durante a construção do empreendimento e que se extinguem logo após suas finalizações.

O Brasil perde também na oportunidade de ser um produtor e exportador tanto do silício de grau solar com alto valor agregado quanto de painéis solares para os países da América Latina ou países em desenvolvimento da África ou Ásia que não detêm a tecnologia nem a fabricação.

7.1 RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

As sugestões para estudos futuros sobre a geração solar fotovoltaica no Brasil se baseiam nas dificuldades encontradas neste estudo em se obter informações consistentes e atualizadas em materiais bibliográficos ou em sites de instituições ou órgãos públicos, relativas à geração de energia elétrica por módulos ou painéis solares fotovoltaicos.

Como recomendação é pertinente um estudo com o objetivo de criação de um banco de dados, centralizando todas as políticas públicas de incentivo existentes ou em andamento quanto ao uso da geração solar fotovoltaica nos diversos municípios dos estados brasileiros, formando assim um banco de informações com a real situação do cenário brasileiro. Além disso, é importante proceder a um levantamento da real capacidade instalada desta fonte nas

comunidades remotas ou afastadas das redes de eletricidade e avaliar quanto ainda falta para que essas comunidades sejam providas com energia elétrica para a sua universalização.

Outra sugestão é a realização de pesquisas sobre novas políticas públicas em tramitação no Congresso Nacional para a inclusão da solar fotovoltaica no cenário da indústria nacional, bem como às relacionadas com as barreiras alfandegárias, tributárias e fiscais para o uso desta tecnologia no país.

Por fim destaca-se a importância de entender melhor os benefícios que a cadeia produtiva pode trazer em termos econômicos, sociais e ambientais em função da implantação da energia solar fotovoltaica em larga escala. Nesse caso, a agregação de valor no beneficiamento do silício, a pesquisa das melhores técnicas para a reciclabilidade dos painéis solares fotovoltaicos e a contribuição que a energia solar fotovoltaica tem a oferecer para a inclusão social e para a diminuição de impactos ambientais com o seu uso, quando comparado aos sistemas tradicionais de geração de energia, são questões fundamentais para o avanço da pesquisa nesta temática no país.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa N° 481 de 17 de abril de 2012**. Altera a Resolução Normativa n° 77, de 18 de agosto de 2004. 20 abr. 2012a. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012481.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

_____. **Resolução Normativa N° 482 de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. 19 set. 2012b. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

ANTONELLI, M.; DESIDERI, U. Do feed-in tariffs drive PV cost or viceversa? **Applied Energy**. [S.l.], v. 135, p. 721-729, Jul. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA – ABINEE. **Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira**. [S.l.]: ABINEE, p. 1-176, 2012.

AVRIL, S. et al. Photovoltaic energy policy: Financial estimation and performance comparison of the public support in five representative countries. **Energy Policy**. [S.l.], v. 51, p. 244-258, Sep. 2012.

AYOUB, N.; YUJI, N. Governmental intervention approaches to promote renewable energies-Special emphasis on Japanese feed-in tariff. **Energy Policy**, [S.l.], v. 43, p. 191–201, Jan. 2012.

BAILEY, Kenneth D. **Methods of social research**. 4. ed. New York: The Free Press, 1994.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – BNDES. A Empresa. [2016?]. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/O_BNDES/A_Empresa/>. Acesso em: 07 fev. 2016.

BMU - FEDERAL MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, NATURE CONSERVATION AND NUCLEAR SAFETY. **Electricity from renewable energy sources - what does it cost?**. 2.ed., Berlin, p. 11, Apr. 2009.

BMWi - FEDERAL MINISTRY FOR ECONOMIC AFFAIRS AND ENERGY. **Renewable Energy Sources in Figures - National and International Development, 2013**. Berlin, Oct. 2014.

_____. **2015 Annual Economic Report - Investing in Germany's and Europe's future**. Berlin, Jan. 2015.

CARVALHO, M. G. EU energy and climate change strategy. **Energy**, [S.l.], v. 40, p.19-22, Feb. 2012.

CHOWDHURY, S.; et al. Importance of Policy for energy system transformation: Diffusion of PV technology in Japan and Germany. **Energy Policy**, [S.l.], v. 68, p. 285-293, Feb. 2014.

CUCCHIELLA, F.; D'ADAMO, I. Feasibility study of developing photovoltaic power projects in Italy: An integrated approach. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S.l.], v. 16, p. 1562-1576, Jan. 2012.

ECHEGARAY, F., Understanding stakeholders' views and support for solar energy in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, [S.l.], p. 1-9, Feb. 2013.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Nota Técnica EPE: Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira**. Rio de Janeiro: MME - Ministério de Minas e Energia, 2012.

_____. **Balanco Energético Nacional 2014: Relatório Síntese - ano base 2013**. Rio de Janeiro: MME - Ministério de Minas e Energia, 2014.

_____. **Balanco Energético Nacional 2016: Relatório Final - ano base 2015**. Rio de Janeiro: MME - Ministério de Minas e Energia, 2016.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION (EIA). **Frequently asked questions - What is U.S. electricity generation by energy source?** 2015. Disponível em: <<https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.cfm?id=427&t=3>>. Acesso em: 08 set. 2016.

FLAVIN, C.; AECK, M. H. Energy for development. The Potential role of renewable energy in meeting the millennium development goals. **Worldwatch Institute**. [S.l.], 2005.

GESTORE SERVIZI ENERGETICI - GSE. **Evoluzione del Conto Energia**. [2015]. Disponível em:

<<http://www.gse.it/it/Conto%20Energia/Fotovoltaico/Evoluzione%20del%20Conto%20Energia/Pages/default.aspx>>. Acesso em: 15 out. 2015.

GODOI, C.K.; BALSINI, C.P.V. A pesquisa qualitativa nos estudos organizacionais brasileiro: uma análise bibliométrica. In: _____; BANDEIRA-DE-MELLO, R.; SILVA, A. B. da (Orgs.). **Pesquisa, estratégia e métodos**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2010. cap. 2, p. 53-87.

GRAU, T.; HUO, M.; NEUHOFF, K. Survey of photovoltaic industry and policy in Germany and China. **Energy Policy**, [S.l.], v. 51, p. 20-37, Jun. 2012.

GREENPEACE BRASIL. **Energia Solar: O Sol Nasceu para Todos**. 2015. Disponível em <<http://www.greenpeace.org/brasil/pt/O-que-fazemos/Clima-e-Energia/energia-solar/>>. Acesso em: 30 dez. 2015.

GTM RESEARCH; SOLAR ENERGY INDUSTRIES ASSOCIATION - SEIA. **U. S. Solar market insight report, 2014: year in review, executive summary**. [S.l.]: Greentech Media, Inc. and Solar Energy Industries Association, 2015.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **PVPS annual report 2010: Photovoltaic Power Systems Programme**. [S.l.]: IEA, 2010.

_____. **National Survey Report of PV Power Applications in the United States 2011.** Co-Operative Programme on Photovoltaic Power Systems. [S.l.]: IEA, 2012a.

_____. **World Energy Outlook 2012: Renewables energy outlook.** [S.l.]: IEA, 2012b.

_____. **National Survey Report of PV Power Applications in CHINA 2013:** Photovoltaic Power Systems Programme. [S.l.]: IEA, 2014.

_____. **National Survey Report of PV Power Applications in CHINA 2014:** Photovoltaic Power Systems Programme. [S.l.]: IEA, 2015a.

_____. **National Survey Report of PV Power Applications in GERMANY 2014:** Photovoltaic Power Systems Programme. [S.l.]: IEA, 2015b.

_____. **National Survey Report of PV Power Applications in ITALY 2014:** Photovoltaic Power Systems Programme. [S.l.]: IEA, 2015c.

_____. **PVPS National Survey Report of PV Power Applications in JAPAN 2014:** Photovoltaic Power Systems Programme. [S.l.]: IEA, 2015d.

_____. **National Survey Report of PV Power Applications in the United States 2014.** Programme on Photovoltaic Power Systems Programme. [S.l.]: IEA, 2015e.

_____. **PVPS annual report 2014:** Photovoltaic Power Systems Programme. [S.l.]: IEA, 2015f.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY - IRENA. **Renewable Power Generation Cost in 2014.** Abu Dhabi: IRENA, 2015.

_____. **Renewable Energy and Jobs, Annual Review 2015.** Abu Dhabi: IRENA, 2015.

JACOBSSON, S.; LAUBER, V., The politics and policy of energy system transformation — explaining the German diffusion of renewable energy technology, **Energy Policy**, [S.l.], v. 34, p. 256-276, 2006.

JANNUZZI, G. D. M.; VARELLA, F. K. O. M.; GOMES, R. D. M., **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica no Brasil:** panorama da atual legislação, IEI - International Energy Initiative. [S.l.], 2009.

KOLLINS, K.; SPEER, B; CORY. K., **Solar pv project financing:** regulatory and legislative challenges for third-party ppa system owners. Colorado: NREL- National Renewable Energy Laboratory, 2010.

LARSEN, K.,. End-of-life PV: then what? **Renewable Energy Focus**, Aug. 2009. Disponível em:<<http://www.renewableenergyfocus.com/view/3005/end-of-life-pv-then-what-recycling-solar-pv-panels/>>.Acesso em: 21 jun. 2016.

LEHMANN, P.; GAWEL, E. Why should support schemes for renewable electricity complement the EU emissions trading scheme? **Energy Policy**, [S.l.], v. 52, p. 597–607, Oct. 2012.

LI, A.; LIN, B., Comparing climate policies to reduce carbon emissions in China. **Energy Policy**, [S.l.], v. 60, p. 667–674, Apr. 2013.

MARKET ANALYSIS. **Os brasileiros diante da microgeração de energia renovável**. 2013. Disponível em: <<http://marketanalysis.com.br/wp-content/uploads/2014/07/searchsearchsearch.pdf>>. Acesso em: 30 dez. 2015.

MATSUBARA, Hironao. Future perspective and current status of wind energy in Japan after Fukushima. **Energy Democracy**, 2014. Disponível em: <<http://www.energy-democracy.jp/410>>. Acesso em: 08 set. 2016.

MCDONALD, N.C.; PEARCE, J. M. , Producer Responsibility and Recycling Solar Photovoltaic Modules. **Energy Policy**, [S.l.], v. 38, Nov. 2010.

MENDONÇA, M.; JACOBS, D. Feed-in tariffs go global: policy in practice. **Renew Energy World**. [S.l.], v. 12, Sep. 2009. Disponível em: <<http://www.renewableenergyworld.com/articles/print/volume-12/issue-4/solar-energy/feed-in-tariffs-go-global-policy-in-practice.html>>. Acesso em: 15 set. 2015.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. **Decreto 5.163 de 30 de julho de 2004. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências**. 30 set. 2004. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/904363/Decreto+5.163+de+30-07-2004+Publicado+no+DOU+de+30-07-2004/5fe94f73-2f00-4d2f-88ba-b1bc89244f18>>. Acesso em: 17 mar. 2015.

_____. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro – Junho/2015**. Brasília. - Ministério de Minas e Energia, Junho 2015. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/2027273/Boletim+de+Monitoramento+do+Sistema+El%C3%A9trico+-+Junho-2015.pdf/1a58b292-2f58-4647-89bd-ef68591073f1>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

MOOSAVIAN, S. M. et al. Energy policy to promote photovoltaic generation. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S.l.], v. 25, p. 44–58, May 2013.

MUNTASSER, M. A. et al. Photovoltaic marketing in developing countries. **Applied Energy**, [S.l.], v. 65, p. 67–72, Apr. 2000.

PEREIRA, M. G. et al. The renewable energy market in Brazil: Current status and potential. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S.l.], v. 16, p. 3786–3802, Apr. 2012.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. (Orgs.). **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPTEL, 2014.

RENEABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY – REN21. **Renewables 2010: global status report**. Paris: REN21, 2010.

_____. **Renewables 2011**: global status report. Paris: REN21, 2011.

_____. **Renewables 2012**: global status report. Paris: REN21, 2012.

_____. **Renewables 2013**: global status report. Paris: REN21, 2013.

_____. **Renewables 2014**: global status report. Paris: REN21, 2014.

_____. **Renewables 2015**: global status report. Paris: REN21, 2015.

REUTERS. **Table-China power consumption rises 3.8 pct in 2014**. 2015. Disponível em: < <http://in.reuters.com/article/china-power-consumption-idINL3N0UV1IG20150116> >. Acesso em 08 set. 2016.

SCHAFFER, L. M.; BERNAUER, T., Explaining government choices for promoting renewable energy. **Energy Policy**, [S.l.], v. 68, p. 15-27, Jan. 2014.

SEEL, J.; BARBOSE, G. L.; WISER, R. H. An analysis of residential PV system price differences between the United States and Germany. **Energy Policy**, [S.l.], v. 69, p. 216–226, Mar. 2014.

SILVEIRA, J. L.; TUNA, C. E.; LAMAS, W. Q. The need of subsidy for the implementation of photovoltaic solar energy as supporting of decentralized electrical power generation in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S.l.], v. 20, p. 133–141, Dec. 2012.

SOLANGI, K. H.; et al. A review on global solar energy policy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S.l.], v. 15, p. 2149-2163, Jan. 2011.

SPERTINO, F.; DI LEO, P; COCINA, V, Economic analysis of investment in the rooftop photovoltaic systems: A long-term research in the two main markets. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S.l.], v. 28, p. 531-540, Set. 2013.

THE ITALIAN REGULATORY AUTHORITY FOR ELECTRICITY, GAS AND WATER. **Report 389/2015/I/com**. Annual Report 2015, Milan, Jul. 2015.

TIMILSINA, G. R.; KURDGELASHVILI, L.; NARBEL, P. A. Solar energy: Markets, economics and policies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S.l.], v. 16, p. 449–465, Aug. 2012.

UNITED NATIONS SYSTEM CHIEF EXECUTIVES BOARD FOR COORDINATION - UNCEB. **How the United Nations System Supports Ambitious Action on Climate Change**. 2014. Disponível em: < http://www.un-redd.org/un_supports_Climate_Change_Action/tabid/794346/Default.aspx >. Acesso em: 07 maio 2015.

VALKILA, N.; SAARI, A. Urgent need for new approach to energy policy: The case of Finland. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S.l.], v. 14, p. 2068–2076, Sep. 2010.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

_____. **Método de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 2005.
WORLD WIDE FUND FOR NATURE – BRASIL – WWF-BRASIL. **Desafios e Oportunidades para a energia solar fotovoltaica no Brasil**: recomendações para políticas públicas. Brasília: WWF-Brasil, 2015.

YIN, R. K., **Estudo de Caso**: Planejamento e Métodos. Porto Alegre: Bookman, 2010.

YUAN, J.; HOU, Y.; XU, M., China's 2020 carbon intensity target: consistency, implementations, and policy implications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S.l.],v. 16, p. 4970–4981, Mar. 2012.

APÊNDICE A – Entrevistas com roteiro semiestruturado

Entrevista com roteiro semiestruturado

Tema: As barreiras e perspectivas para geração de energia elétrica por painéis solares fotovoltaicos na matriz energética brasileira.

Data:

Empresa visitada:

Entrevistado:

Cargo:

Tempo de Empresa:

Está autorizada a divulgação do nome da empresa desta entrevista?

Sim: ----- Não: ----

Em caso negativo. Está autorizada a divulgação dos dados sem mencionar a empresa desta entrevista?

Sim: ----- Não: ----

Informativo ao entrevistado:

Esta entrevista tem a finalidade de obter informações e pontos de vista em relação à fonte de energia fotovoltaica no cenário nacional e entender o porquê dessa fonte não ter um crescimento na matriz de energia elétrica brasileira, sendo que ela hoje detém somente o percentual de 0,01% perante as demais fontes.

Ela também tem o objetivo de verificar quais são as barreiras que a deixam incipiente no cenário nacional de geração de energia elétrica.

Esta entrevista está dividida em 4 categorias de perguntas e será gravada, caso autorizada pelo entrevistado, para sua transcrição para a dissertação.

Questionário:**A- Categoria de Fatores Indutores**

1- Quais são os fatores que estão induzindo o uso da energia fotovoltaica no Brasil? Pressão da sociedade, problema de custo, uso do petróleo, legislação?

2- Quais são as vantagens e as desvantagens do uso da energia fotovoltaica no Brasil?

3- Quais são as principais aplicações da energia fotovoltaica atualmente no Brasil?

B- Categoria de Políticas Públicas

1- Como estão as políticas públicas para o uso da energia fotovoltaica no país?

2- Como é vista a legislação atual para geração da energia fotovoltaica no país?

3- A legislação atual é suficiente para atender ao mercado consumidor autônomo, isto é, residencial, comercial e industrial? Quais incentivos estão faltando para este mercado?

4- Os marcos regulatórios atuais abrangem as necessidades para as instalações dos grandes parques geradores de energia fotovoltaica? Por quê? O que está faltando para completar as necessidades dos geradores neste mercado?

5- A divulgação do uso de energia fotovoltaica existente é suficiente para atingir o mercado consumidor? O que é necessário? O que está faltando?

6- Que tipo de política pública de incentivo está faltando para a formação de uma base industrial no país? E para o consumidor em geral na instalação desta fonte de geração?

7- Existe alguma política pública para os estados e municípios de incentivo e programas para uso da energia fotovoltaica junto as suas comunidades?

8- Existe alguma expectativa de modelos tarifários diferenciados para o uso da energia fotovoltaica no país? Eles são aplicáveis no país como um todo? O que está faltando?

9- O sistema tarifário *net metering* é o mais adequado ao Brasil? O sistema tarifário *Feed-in Tariff* (FIT) se aplicaria no Brasil? Existe algum outro tipo de tarifa que se adeque melhor ao modelo brasileiro?

C- Categoria de Resultados

1- O que existe de resultados efetivos no uso da energia fotovoltaica no país, mesmo sabendo da sua participação de 0,01% na matriz energética do Brasil?

2- Existe algum plano nacional em estudo para incentivar a indústria local?

3- É possível visualizar um horizonte de investimento massivo nesta fonte de energia nas nossas plantas geradoras de energia elétrica?

4- De que forma poderemos ter um produto competitivo perante o cenário mundial?

5- É possível ter um cenário futuro das nossas condições de competir no mercado mundial desta fonte energética?

6- De que forma podemos acelerar o mercado fotovoltaico no Brasil?

D- Categoria Barreiras

1- Quais são as principais barreiras que impedem este mercado de crescer e se tornar significativo na matriz energética brasileira?

2- Existe a barreira tecnológica neste cenário?

3- Esta barreira é uma questão de custo?

4- A barreira é uma questão de falta de sua divulgação ao mercado consumidor? É cultural?

5- É uma questão de falta de legislação?

6- É uma questão de falta de incentivos? E quais poderiam ser?

7- É uma questão política? De que forma?

8- Existe alguma interferência no setor privado neste cenário para a sua pequena evolução na matriz energética?

9- Existe algum conflito de interesse?

Comentários Finais

1- Você tem algum comentário adicional que gostaria de acrescentar nesta entrevista sobre esta fonte de energia seja mercado, política, entre outras que não foram abordadas?

2- Sugestões de novos entrevistados dentro da organização?

3- Poderia indicar novos contatos ou empresas que podem somar com informações para esta pesquisa?