

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

ADELINO BAENA FERNANDES FILHO

**ESTUDO DOS MARCOS REGULATÓRIOS E PROPOSTA DE POLÍTICAS
PÚBLICAS QUE VIABILIZEM A MINI E MICRO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE
ENERGIA ELÉTRICA FOTOVOLTAICA NO BRASIL**

SANTOS – SP
2016

ADELINO BAENA FERNANDES FILHO

**ESTUDO DOS MARCOS REGULATÓRIOS E PROPOSTA DE POLÍTICAS
PÚBLICAS QUE VIABILIZEM A MINI E MICRO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE
ENERGIA ELÉTRICA FOTOVOLTAICA NO BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção de título de mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, sob orientação do Prof. Dr. Alexandre Rocco.

SANTOS/SP

2016

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo,
exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

Fernandes Filho, Adelino Baena

Estudo dos marcos regulatórios e proposta de políticas públicas que viabilizem a mini e micro geração distribuída de energia elétrica fotovoltaica no Brasil / Adelino Baena Fernandes Filho - 2016. 99p.

Orientador: Alexandre Rocco.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Santos - SP, 2016.

1.Energia Fotovoltaica. 2.Geração Distribuída. 3.Marcos Regulatórios. 4.Políticas Públicas. I. Rocco, Alexandre. II. Estudo dos marcos regulatórios e proposta de políticas públicas que viabilizem a mini e micro geração distribuída de energia elétrica fotovoltaica no Brasil.

Elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas - Unisanta

“Dedico este trabalho aos meus pais, Adelino Baena Fernandes e Mariazinha de Souza Fernandes, cujos valores e ensinamentos moldaram o meu caráter no amor aos estudos, no cumprimento do dever e na investigação constante da verdade.”

AGRADECIMENTOS

Primeiro à Deus, fonte infinita de amor, bondade e misericórdia.

Ao orientador e amigo Prof. Dr. Alexandre Rocco, por me incentivar a perseverar quando eu já não acreditava ser possível.

Ao Prof. Dr. Aldo Ramos Santos, pelo seu entusiasmo juvenil em lecionar e por compartilhar conosco os conhecimentos de uma vida dedicada à engenharia.

Ao Prof. Dr. José Carlos Morilla, pela dedicação incansável e pelo estímulo ao desenvolvimento do conhecimento nos áridos temas da engenharia.

Ao Coordenador do curso de Mestrado em Engenharia Mecânica, Prof. Dr. Marcos Tadeu Tavares Pacheco, pelo exemplo de dedicação ao trabalho acadêmico, à formação de novos pesquisadores e pelo incentivo à produção do conhecimento científico.

A incansável Sandra Helena Aparecida de Araújo, secretária dos cursos de Pós-Graduação da UNISANTA, a quem nunca faltou um sorriso amigo e a disposição para ajudar.

À UNIVERSIDADE SANTA CECILIA (UNISANTA) que me propiciou embasamento técnico e as ferramentas teóricas necessárias para a elaboração deste trabalho.

A todos os professores e pesquisadores que dedicaram sua energia a produção e compartilhamento do conhecimento, e que acreditam que a educação, no sentido mais amplo da palavra, é a única ferramenta de libertação das mentes e dos corações dos homens, o meu eterno agradecimento.

*I'd put my money on the sun
and solar energy. What a source of
power! I hope we don't have
to wait until oil and coal
run out before we tackle that.
I wish I had more years left.*

(Thomas Edison)

*Em conversa com Henry Ford e
Harvey Firestone, em 1931*

RESUMO

A mini e a micro geração de energia elétrica fotovoltaica tem sido frequentemente apresentada como economicamente inviável, em comparação a energia obtida de outras fontes, principalmente hidroelétrica e termoelétrica, que ainda concentram os investimentos do setor. No entanto, muitos países implantaram programas bem-sucedidos de geração solar distribuída, tais como Alemanha, Japão, Portugal, Espanha, Itália e China. As recentes mudanças ocorridas no padrão pluviométrico nacional e a seca no Sudeste apresentam um novo cenário, onde a geração hidroelétrica se mostra insuficiente para atender a demanda atual e futura, e novas fontes de energia renováveis necessitam ser desenvolvidas. Este estudo, através do levantamento dos marcos regulatórios e dispositivos legais adotados nos países que implantaram programas bem-sucedidos de geração distribuída baseada em células fotovoltaicas, elabora recomendações de políticas públicas que permitam viabilizar e incentivar a adoção da energia solar no Brasil.

Palavras-chave: Energia fotovoltaica. Geração distribuída. Marcos regulatórios. Políticas públicas.

ABSTRACT

The mini and micro generation of photovoltaic electricity has often been presented as uneconomical compare the energy obtained from other sources, mainly hydroelectric and thermoelectric, which still concentrate investments in the sector. However, many countries have implemented successful programs of distributed solar generation, such as Germany, Japan, Portugal, Spain, Italy and China. Recent changes in national rain fall pattern and the drought in the Southeast projects a new scenario where hydroelectric generation is insufficient to meet current and future demand, and renewable energy sources need to be developed. This study identify the regulatory frameworks adopted in countries that have implemented successful programs of distributed generation based on photovoltaic cells and address policy recommendations that incentive the adoption of solar energy in Brazil.

Keywords: Photovoltaic energy. Distributed generation. Regulatory frameworks. Public policy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Potencial de energia de fontes renováveis.	15
Figura 2 - Satélite US Vanguard I.....	17
Figura 3 – Atlas solarimétrico.....	18
Figura 4 – Investimentos em energias renováveis (2013, Bilhões US\$).	21
Figura 5 – Sistema de aquecimento residencial (adaptado pelo autor).....	24
Figura 6 – Evolução do mercado de aquecimento solar.	25
Figura 7 – Estrutura de uma célula fotovoltaica.	26
Figura 8 - Rendimento dos módulos fotovoltaicos por tecnologia.	26
Figura 9 - Circuito elétrico equivalente da Célula Fotovoltaica.....	27
Figura 10 - Sistema fotovoltaico isolado.....	28
Figura 11 - Sistema fotovoltaico conectado à Rede.....	29
Figura 12 - Sistema híbrido fotovoltaico-eólico.....	30
Figura 13 – Comparativo dos mecanismos de incentivo e políticas públicas.....	46
Figura 14 - Usina Monjolinho.....	60
Figura 15 – SIN (Sistema Interligado Nacional).	61
Figura 17 - Evolução dos custos da energia elétrica.....	70
Figura 18 – Variação do consumo em kWh.....	72
Figura 19 - Variação do valor da conta em R\$.	72
Figura 20 – Proposta comercial de sistema fotovoltaico <i>Grid-Tie</i>	73
Figura 21 - Estimativa de produção do sistema fotovoltaico.	73
Figura 22 – Estimativa de produção do SF em Cubatão-SP.....	77
Figura 16 - Alíquota de ICMS dos 10 Estados mais populosos do Brasil.....	81
Figura 23 – Mecanismos de Incentivo.....	85
Figura 24 - Prazos de conexão a Rede 2013.....	88
Figura 25 – Relevância das políticas públicas.....	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Eficiência dos painéis solares industriais.	17
Tabela 2- Dados de radiação solar diária, médias mensais.	18
Tabela 3- Distribuição anual da radiação solar em Frankfurt.	19
Tabela 4 - Distribuição anual da radiação solar em Santos/SP.	20
Tabela 5 - Maiores produtores mundiais de energia solar em 2014.	31
Tabela 6 - Cenários típicos de uso da energia solar fotovoltaica.	61
Tabela 7 - Nível de tensão por potência instalada	62
Tabela 8 - Evolução histórica do PLD - CCEE.	64
Tabela 9 - Histórico de consumo em kWh e valor em R\$.	69
Tabela 10 - Comparação do reajuste das tarifas com os índices inflacionários.	71
Tabela 11 - Composição dos custos do projeto – Residencial I.	74
Tabela 12 - Composição dos custos do projeto – Residencial II.	74
Tabela 13 - Histórico de consumo em kWh e valor em R\$.	75
Tabela 14 - Comparação do reajuste das tarifas comerciais com os índices inflacionários.	76
Tabela 15 - Composição dos custos do projeto universitário.	76
Tabela 16 - Composição dos custos do projeto em Cubatão.	78
Tabela 17 - Impostos incidentes sobre a importação.	79
Tabela 18 - Decomposição dos custos do projeto universitário.	80
Tabela 19 - Comparativo entre depreciação normal e acelerada	83

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Marco regulatório das energias renováveis na Alemanha.....	33
Quadro 2 – Marco regulatório da energia no Japão	34
Quadro 3 – Decretos, Leis e dispositivos da Itália.....	35
Quadro 4 – Programa de energias renováveis da Califórnia.....	37
Quadro 5 – Leis e decretos existentes na Espanha	39
Quadro 6 – Dispositivos legais em Portugal.....	40
Quadro 7 – Dispositivos legais na Finlândia	42
Quadro 8 – Classificação dos mecanismos de incentivo	43
Quadro 9 – Classificação das políticas públicas	45
Quadro 10 – Resumo dos mecanismos de incentivo na Alemanha	47
Quadro 11 – Resumo das políticas públicas na Alemanha	48
Quadro 12 – Resumo dos mecanismos de incentivo no Japão.....	49
Quadro 13 – Resumo das políticas públicas no Japão	49
Quadro 14 – Resumo dos mecanismos de incentivo na Itália.....	50
Quadro 15 – Resumo das políticas públicas na Itália.....	51
Quadro 16 – Resumo dos mecanismos de incentivo na Espanha	52
Quadro 17 – Resumo das políticas públicas na Espanha	53
Quadro 18 – Resumo dos mecanismos de incentivo em Portugal.....	54
Quadro 19 – Resumo das políticas públicas em Portugal.....	55
Quadro 20 – Resumo dos mecanismos de incentivo na Finlândia.....	56
Quadro 21 – Resumo das políticas públicas na Finlândia.....	56
Quadro 22 - Etapas para viabilização do acesso.	62

LISTA DE ABREVIATURAS

ABINEE – Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRADEE – Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica

ABRAVA - Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

AT – Armazenamento Térmico

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CCCE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

CE – Comunidade Europeia

CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina

CIESOL – *Centro de Investigación em Energia Solar*

CIEMAT – *Centro de Investigaciones Energeticas, Medio Ambientales y Tecnológicas*

CMO – Custos Marginais de Operação

CONFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

CONFAZ – Conselho Nacional de Política Fazendária

CONLEG – Consultoria Legislativa (Senado Federal)

CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio de Salvo Brito

CSI – *California Solar Initiative*

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

DRECP – *Desert Renewable Energy Conservation Plan*

EEG – *Erneuerbare-Energien Gesetz* (Lei das energias de fontes renováveis)

EEZ – Edifício de Energia Zero

ELETOBRAS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A.

EP – *European Parliament*

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

EPIA – *European Photo voltaic Industry Association*

EUA – Estados Unidos da América

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FER – Fontes de energias renováveis
FGTS – Fundo de Garantia por Tempo de Serviço
FGV – Fundação Getúlio Vargas
FIT – *Feed In Tariff* (Tarifa de Alimentação)
FPM – Fundo de Participação dos Municípios
FV - Fotovoltaico
GC - Geração Centralizada
GD - Geração Distribuída
GEE – Gases do Efeito Estufa
GHI – *Global Horizontal Irradiance*
GLP – Gás Liquefeito de Petróleo
GSE – *Gestore dei Servizi Energetici*
GW – Gigawatt
ICMS – Imposto sobre circulação de mercadorias e serviços
IEA – *International Energy Agency*
IGP – Índice Geral de Preços
IGPM – Índice Geral de Preços do Mercado
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCA – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
IR – Imposto de Renda
IVA – Imposto de Valor Agregado
kWh – Kilowatt- hora
kWp – Kilowatt- pico
METI – *Ministry of Economy, Trade and Industry* (Japão)
MJ – Mega Joule
MME – Ministério de Minas e Energia
MPPT – *Maximum Power Point Tracking*
MW – Megawatt
MWp – Megawatt pico
Kt – Índice de claridade
LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia (Portugal)

NASA – *National Aeronautics and Space Administration*
NREL – *National Renewable Energy Laboratory*
ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico
PASEP – Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público
PCH – Pequenas Centrais Hidrelétricas
PE – Parlamento Europeu
PIB – Produto Interno Bruto
PIS – Programa e Integração Social
PL – Projeto de Lei
PLD – Preço de Liquidação de Diferenças
P&D - Pesquisa e Desenvolvimento
PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PRODIST - Procedimentos de Distribuição de Energia no Sistema Elétrico Nacional
PROINFA – Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia
PRODEEM – Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios
PWM – *Pulse Width Modulation*
REIDI – Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura
REFIT – *Renewable Feed-In Tariff*
RETI – *Renewable Energy Transmission Initiative*
RPS – *Renewables Portfolio Standard*
SEFAZ – Secretaria da Fazenda
SFCR - Sistemas Fotovoltaicos Conectados à rede
SiGS – Silício em Grau Solar
SIN – Sistema Interligado Nacional
SF – Solar Fotovoltaica
SFH – Sistema Financeiro da Habitação
ST – Solar Térmica
TIR – Taxa Interna de Retorno
UFPE – Universidade Federal de Pernambuco
UNEP – *United Nation Environment Programme*
Unisantia – Universidade Santa Cecília
VPL – Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	As fontes de energia renováveis.....	15
1.2	A energia solar fotovoltaica.....	16
1.3	Distribuição geográfica da energia solar.....	17
1.4	Distribuição geográfica da energia solar no Brasil.....	20
1.5	Objetivos.....	22
	Organização da Dissertação	23
2	CONCEITOS BÁSICOS DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	24
2.1	Energia solar fotovoltaica.....	26
2.2	Componentes de um gerador fotovoltaico	27
2.3	Sistemas isolados ou autônomos	28
2.4	Sistemas conectados à rede.....	29
2.5	Sistemas híbridos	30
3	O USO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO MUNDO	31
3.1	O modelo alemão	32
3.2	O modelo japonês.....	34
3.3	O modelo italiano.....	35
3.4	O modelo americano (Estado da Califórnia).....	36
3.5	O modelo espanhol.....	38
3.6	O modelo português	40
3.7	O modelo finlandês.....	41
4	LEVANTAMENTO DOS MECANISMOS REGULATÓRIOS DOS PRINCIPAIS CENTROS PRODUTORES.....	43
4.1	Classificação dos mecanismos regulatórios na Comunidade Europeia.....	43
4.2	Mecanismos regulatórios na Alemanha.....	46

4.3	Mecanismos regulatórios no Japão	48
4.4	Mecanismos regulatórios na Itália	50
4.5	Mecanismos regulatórios nos Estados Unidos	51
4.6	Mecanismos regulatórios na Espanha	52
4.7	Mecanismos regulatórios em Portugal.....	54
4.8	Mecanismos regulatórios na Finlândia.....	56
5	O MARCO REGULATÓRIO NO BRASIL.....	57
5.1	Resolução Normativa nº 482, 17 de abril de 2012.....	59
5.2	Os procedimentos de conexão à rede	62
5.3	O aspecto tributário da mini e micro geração	63
5.4	Os mecanismos de precificação da energia da ANEEL	63
5.5	Atividade legislativa no Brasil em relação as energias renováveis	65
5.6	Estudos e recomendações do Senado Federal.....	67
6	VIABILIDADE ECONÔMICO FINANCEIRA DOS PROJETOS DE MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA.....	69
6.1	Micro geração para unidade residencial típica.....	69
6.2	Micro geração para uma universidade.....	75
6.3	Mini geração para uma unidade industrial em Cubatão.....	77
7	AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DOS CUSTOS DOS PROJETOS FOTOVOLTAICOS.....	79
7.1	Impacto dos impostos de importação	79
7.2	Impacto da incidência do ICMS	81
7.3	Impacto da depreciação.....	82
7.4	Custo do capital para investimentos em projetos	83
8	PROPOSTAS DE MELHORIAS NO MARCO REGULATÓRIO DO BRASIL	85
8.1	Concessão de incentivos fiscais	86
8.2	Leilões	86

8.3 Cotas	87
8.4 Criação de fundos de investimentos	87
8.5 Simplificação dos procedimentos de conexão à rede	88
8.6 Subsídios e tarifas diferenciadas	89
8.7 Obrigação de construção	90
8.8 Papel exemplar do Estado	91
8.9 Linhas de crédito para pesquisa e desenvolvimento (P&D)	91
8.10 Desenvolvimento do ciclo produtivo local	92
8.11 Certificação e treinamento	93
9 CONCLUSÕES	94
REFERÊNCIAS	96

1 INTRODUÇÃO

A geração de energia elétrica, a partir de fontes renováveis, constitui uma tendência verificável em diversos países, inclusive com a concessão de incentivos a geração distribuída de pequeno porte (ANEEL,2014).

O Parlamento Europeu (EUROPEAN PARLIAMENT, 2009), reconhecendo a urgência desta temática, definiu diretrizes e objetivos de curto, médio e longo prazo para incluir a geração de energia de fontes renováveis e a geração distribuída (GD) na matriz energética daquele continente, visando, principalmente, a redução de emissão de gases do efeito estufa (GEE) e o cumprimento das metas do Protocolo de Kioto

No Brasil, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA) foi instituído pela Lei 10.438, de 26.04.2002, Art. 3º, com a seguinte redação:

Fica instituído o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - Proinfa, com o objetivo de aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos de Produtores Independentes Autônomos, concebidos com base em fontes eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa, no Sistema Elétrico interligado Nacional. Os objetivos originais do PROINFA são:

- a) Diversificação da matriz energética nacional através da instalação de 3.300 MW de capacidade de geração a partir de fontes renováveis, distribuídos igualmente por tipo de fonte (eólica, biomassa, PCH);
- b) Atender, em até 20 anos, a 10% do consumo de energia elétrica do país a partir de fontes renováveis;
- c) Redução da emissão de gases do efeito estufa.

Os programas de biomassa no Brasil são essencialmente voltados para o setor sucroalcooleiro. Segundo Goldemberg (2009), o progresso no desenvolvimento de alternativas para a energia de biomassa, além de aliviar a pressão em recursos finitos de combustíveis fósseis, reduziria os custos de mitigação de emissões de carbono. O etanol de cana-de-açúcar, por exemplo, tem um balanço energético positivo de oito para um, e um custo aproximadamente nulo de mitigação de carbono.

De acordo com a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCCE), em Janeiro de 2015 foram negociados 8.330 MW produzidos por empreendimentos de Produtores Independentes Autônomos inscritos no PROINFA, o que indica o relativo sucesso deste programa, que se baseia no pagamento de tarifas diferenciadas para a compra de energia proveniente de fontes renováveis por um período de vinte anos com níveis pré-determinados de eficiência e atratividade, o que viabiliza econômica e financeiramente um projeto-padrão.

Como se pode observar na Figura 1, o PROINFA concentra os investimentos na geração de energia a partir de fontes renováveis em Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), no aproveitamento da Biomassa e na ampliação do parque eólico.

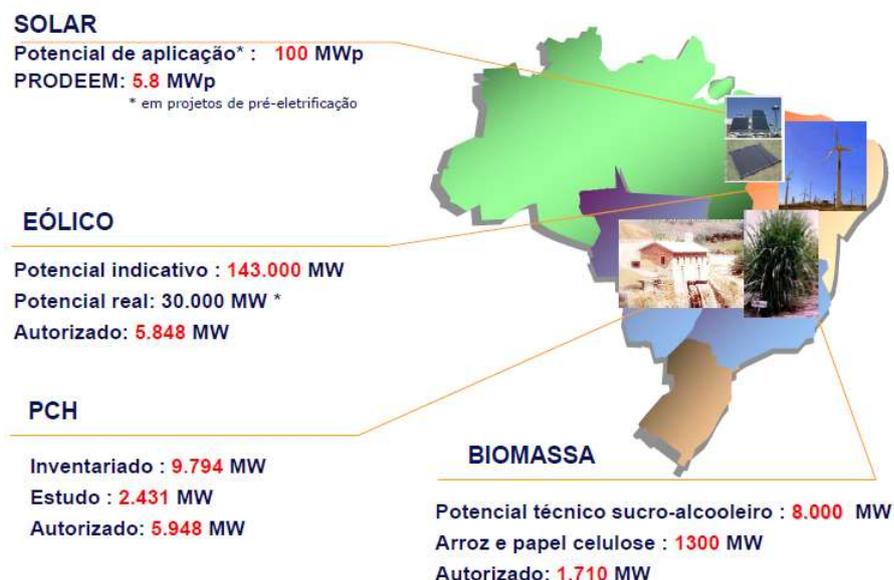


Figura 1 - Potencial de energia de fontes renováveis.

Fonte : MME - (PROINFA,2002).

O uso da energia solar está praticamente restrito ao Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios – PRODEEM – programa criado em 1994 pelo Ministério das Minas e Energia com o objetivo de atender às populações não assistidas pela rede elétrica convencional, utilizando-se de fontes energéticas renováveis, tais como painéis fotovoltaicos, turbinas eólicas de pequeno porte e eventualmente, sistemas híbridos diesel-solar.

1.1 As fontes de energia renováveis

Inúmeras são as tecnologias disponíveis para a geração a partir de fontes renováveis: energia eólica, queima de biomassa, pequenas centrais hidroelétricas (PCH), fontes geotermiais, movimento das ondas e das marés, queima do lixo e do metano, etc. No entanto, aquela que se destaca por sua ampla disponibilidade e inesgotabilidade, a energia solar, é a que recebe o menor incentivo nos programas governamentais de fomento a geração de energia a partir de fontes renováveis, quer seja térmica ou fotovoltaica (PROINFA,2002).

Segundo o Laboratório Nacional de Energia e Geologia de Portugal (2015), a energia solar se manifesta em três componentes, que podem ser aproveitados de forma isolada ou combinada para a produção de energia: energia térmica, armazenamento térmico e energia fotovoltaica:

Energia Solar Térmica (ST), que envolve a captação da energia térmica para fins de dessalinização, água quente para uso sanitário, aquecimento e arrefecimento solar, produção de calor para processos industriais, geração de vapor para produção de energia elétrica, além de outras aplicações específicas, como tratamento de materiais e geração de hidrogênio.

Solar Fotovoltaico (SF), que se utiliza de painéis de diversas tecnologias (células orgânicas, filmes flexíveis, painéis convencionais de silício ou outros materiais) para a geração de energia elétrica por efeito fotovoltaico.

Armazenamento Térmico (AT), onde se busca o armazenamento de energia térmica na forma de calor sensível ou calor latente (armazenamento térmico); ou na forma termoquímica, que se baseia na energia absorvida e libertada pelas ligações moleculares em reações químicas reversíveis. (LNEG,2015)

Neste trabalho, o foco se concentrou no estudo da energia solar fotovoltaica.

1.2 A energia solar fotovoltaica

Embora o efeito fotovoltaico tenha sido descoberto em 1839 pelo físico francês Edmund Becquerel ¹, e a energia solar seja a fonte primária de todos os combustíveis fósseis ou de biomassa, sua participação ainda é tímida na composição da matriz energética mundial.

Em 1905, Albert Einstein descreveu a natureza da luz e o efeito fotoelétrico no qual a tecnologia fotovoltaica é baseada, trabalho que o laureou com o Prêmio Nobel em 1921 (NOBEL,2016).

A primeira célula de silício foi produzida pelos Laboratórios Bell em 1954, e em 1958 o satélite americano US Vanguard1 (Figura 2) foi o primeiro satélite equipado com seis painéis solares. Eles funcionaram tão bem que os painéis fotovoltaicos fazem parte do programa aeroespacial até hoje (NREL, 2014).

¹ Físico francês (1820 – 1891), dedicou-se ao estudo da luz e foi o primeiro a observar o fenômeno fotovoltaico.



Figura 2 - Satélite US Vanguard I.

Fonte: (NASA,2015)

Um painel solar típico, de padrão industrial, apresenta eficiência energética, ou seja, capacidade de transformar a radiação solar recebida em energia elétrica, conforme apresentado na Tabela 1, a seguir.

Tabela 1- Eficiência dos painéis solares industriais.

Tecnologia	Eficiência (%)
Silício Monocristalino	12 ~ 16 %
Silício Policristalino	11 ~ 14 %
Silício Amorfo	5 ~ 8 %

Fonte : Adaptado de Manual de Engenharia FV (CRESESB,2014)

Devido a sua relativa eficiência energética, a localização geográfica dos painéis solares passa a ser determinante na análise da viabilidade técnica e econômica da mini e micro geração de energia fotovoltaica, ou mesmo para outras formas de aproveitamento da energia do sol.

1.3 Distribuição geográfica da energia solar

Segundo Chigueru Tiba et al. (UFPE, 2000), as regiões desérticas reúnem as melhores condições para a incidência de radiação solar ², devido a sua localização geográfica próxima aos trópicos e baixa incidência de nuvens.

² Medida em MJ.m⁻² ou Kwh.m⁻², expressa a energia térmica incidente por unidade de área.

Tabela 2- Dados de radiação solar diária, médias mensais.

Localidade	Latitude	H Mínimo (MJ.m ⁻²)	H Máximo (MJ.m ⁻²)	H Médio (MJ.m ⁻²)	H Máx / H Mín
Dongola – Sudão	19° 10'	19,1 (Dez)	27,7 (Maio)	23,8	1,4
Belém – PA	1° 27'	14,2 (Fev)	19,9 (Ago)	17,5	1,3
Cuiabá – MT	15° 33'	14,7 (Jun)	20,2 (Out)	18,0	1,4
Belo Horizonte – MG	19° 56'	13,8 (Jun)	18,6 (Out)	16,4	1,3
Porto Alegre – RS	30° 1'	8,3 (Jun)	22,1 (Dez)	15,0	2,7

Fonte : Atlas Solarimétrico do Brasil – (UFPE,2000)

Como se pode observar na Tabela 2, o Deserto do Sudão é o local onde se apresentam os maiores índices anuais de radiação solar: H_{mínimo} de 19,1 MJ.m⁻² e H_{máximo} de 27,7 MJ.m⁻². No entanto, as regiões desérticas possuem baixa densidade populacional, e a energia produzida deveria ser transportada por longas distâncias, o que induziria perdas no sistema. O princípio básico da geração distribuída é a sua proximidade com os pontos de consumo, o que permite reduzir as perdas elétricas no transporte e na distribuição, bem como os riscos de desabastecimento de energia.

Ainda segundo o Atlas Solarimétrico do Brasil (Figura 3), verifica-se que existe abundância de radiação solar no território nacional - da ordem de 18 MJ/m² no trimestre de insolação máxima - sobre uma vasta região compreendida entre o leste do estado do Pará, oeste dos estados do Ceará e Bahia e a fronteira sul da Bahia.

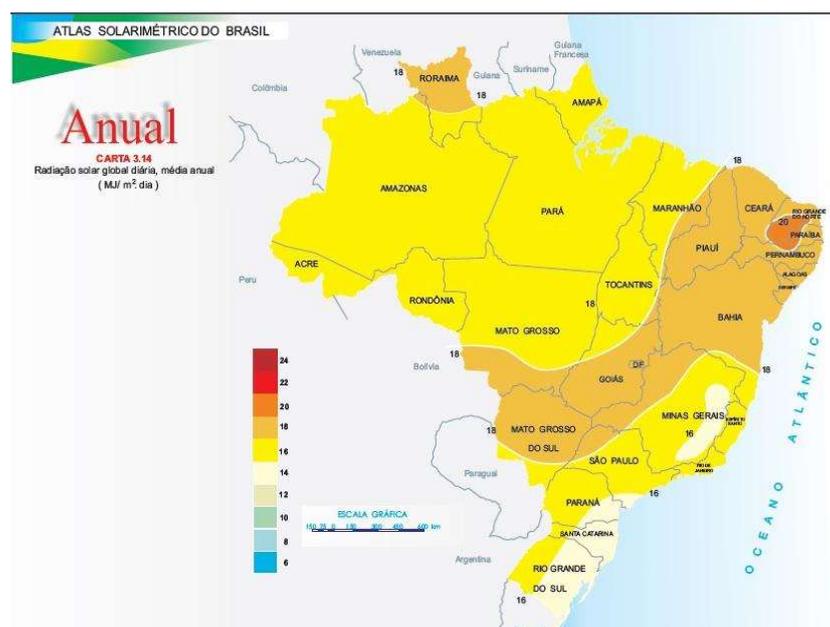


Figura 3 – Atlas solarimétrico.

Fonte : (UFPE,2000)

A tendência de mínima, da ordem de 8 MJ/m², ocorre somente em algumas regiões ao sul do Estado do Rio Grande do Sul. Na Alemanha, país que deseja que 80% de sua energia provenha de fontes limpas até 2050, a energia de fontes renováveis já representa 23% de sua matriz energética. Até 2020, a participação das fontes renováveis deverá dobrar, das quais a energia eólica deverá representar 50%, a solar e a biomassa com 19% cada, hidráulica com 11% e geotérmica com 1%.

Somente em 2013, foram instalados no mundo painéis fotovoltaicos conectados a rede que somam 31 GW (FS-UNEP,2014), concentrados principalmente na China, EUA, Japão, Alemanha, Itália e na Espanha. No Brasil, segundo dados disponíveis em 2013, a capacidade de geração fotovoltaica instalada atingiu 40 MWp, 90% dos quais não estão conectados à rede, instalados em decorrência do Programa Luz para Todos, do Governo Federal. (BNDES,2014). A Tabela 3 apresenta a distribuição anual da radiação solar na cidade de Frankfurt:

Tabela 3- Distribuição anual da radiação solar em Frankfurt.

Mês	Índice Claridade (Kt)	Kwh.m⁻²	MJ.m⁻²
Janeiro	0,349	0,88	3,17
Fevereiro	0,415	1,65	5,94
Março	0,403	2,51	9,04
Abril	0,425	3,72	13,40
Mai	0,436	4,66	16,78
Junho	0,424	4,89	17,61
Julho	0,445	4,94	17,79
Agosto	0,452	4,27	15,38
Setembro	0,411	2,91	10,48
Outubro	0,358	1,66	5,98
Novembro	0,321	0,91	3,28
Dezembro	0,318	0,67	2,41
Média (H)		2,81	10,12
Mínima (H _{Mín})		0,67	2,41
Máxima (H _{Máx})		4,94	17,79
Índice de Variação		7,37	

Fonte : NASA surface meteorology and solar energy database (2005).

A tabela 3 apresenta que a média da radiação solar (*GHI - Global Horizontal Irradiance*) é da ordem de $10,12 \text{ MJ.m}^{-2}$, e o índice de claridade (Kt) varia entre $Kt_{\text{máx}}$ de 0,452, em agosto e o $Kt_{\text{mín}}$ de 0,318, em dezembro. O Índice de Claridade (Kt) é definido como a razão entre a radiação solar global horizontal incidente e a radiação disponível fora da atmosfera.

A radiação extraterrestre é a constante solar (Q) que equivale a 1367 W/m^2 . Por conseguinte, o índice de claridade (Kt) pode ser considerada como um fator de atenuação atmosférica (BAKULIN, 1987). A razão entre os índices de claridade máximo e mínimo é denominado Índice de Variação: $(Kt_{\text{Máx}} / Kt_{\text{Mín}})$.

1.4 Distribuição geográfica da energia solar no Brasil

Sabe-se que o Estado de São Paulo, localizado no Sudeste, não é privilegiado na distribuição da insolação solar ou ventos propícios para a geração de energia eólica em comparação com as regiões Norte, Nordeste ou Centro Oeste. No entanto, segundo o IBGE (2010), ele concentra 43,6 milhões de habitantes, ou seja, 22% da população do Brasil, e somente a cidade de São Paulo representa 12% do PIB nacional.

Desta forma, se o aproveitamento da energia solar for viável para o Estado de São Paulo, maior mercado consumidor de energia do Brasil, terá grande impacto sobre toda a matriz energética nacional. Na Tabela 4, se apresentam os dados de radiação solar para a cidade de Santos, no Estado de São Paulo.

Tabela 4 - Distribuição anual da radiação solar em Santos/SP.

Mês	Índice Claridade (Kt)	Kwh/m2	MJ/m2
Janeiro	0,453	5,33	19,19
Fevereiro	0,466	5,18	18,65
Março	0,485	4,8	17,28
Abril	0,531	4,39	15,81
Mai	0,533	3,64	13,11
Junho	0,584	3,58	12,89
Julho	0,587	3,77	13,58
Agosto	0,589	4,49	16,17
Setembro	0,481	4,43	15,95
Outubro	0,478	5,09	18,33
Novembro	0,480	5,55	19,99

Mês (Continuação)	Índice Claridade (Kt)	Kwh/m2	MJ/m2
Dezembro	0,457	5,45	19,63
Média (Kt _M)		4,64	16,71
Mínima (Kt _{Mín})		3,58	12,89
Máxima (Kt _{Máx})		5,55	19,99
Índice de Variação (Kt _{Máx} / Kt _{Mín})		1,55	

Fonte : NASA surface meteorology and solar energy database – (2005)

Como se pode observar na Tabela 4, a radiação solar média na cidade de Santos é 16,71 MJ/m², ou seja, 1,65 vezes superior à radiação média da cidade Frankfurt, na Alemanha. Além disso, o Índice de Variação (Kt_{Máx} / Kt_{Mín}) é de apenas 1,55, o que indica uniformidade na capacidade de geração em todos os meses do ano, ao contrário de Frankfurt, onde o índice de variação da capacidade de geração chega a 7,37 entre os meses do inverno e do verão.

A Figura 4 apresenta os dados divulgados pela *Frankfurt School of Finance and Management* (FS-UNEP,2014), que indicam que os investimentos financeiros globais em projetos de geração distribuída de energia solar reduziram-se em 20%, de 143 bilhões de US\$ para 114 bilhões de US\$; enquanto a capacidade nominal instalada no mesmo período subiu de 31 GW em 2012 para 39 GW no ano seguinte.

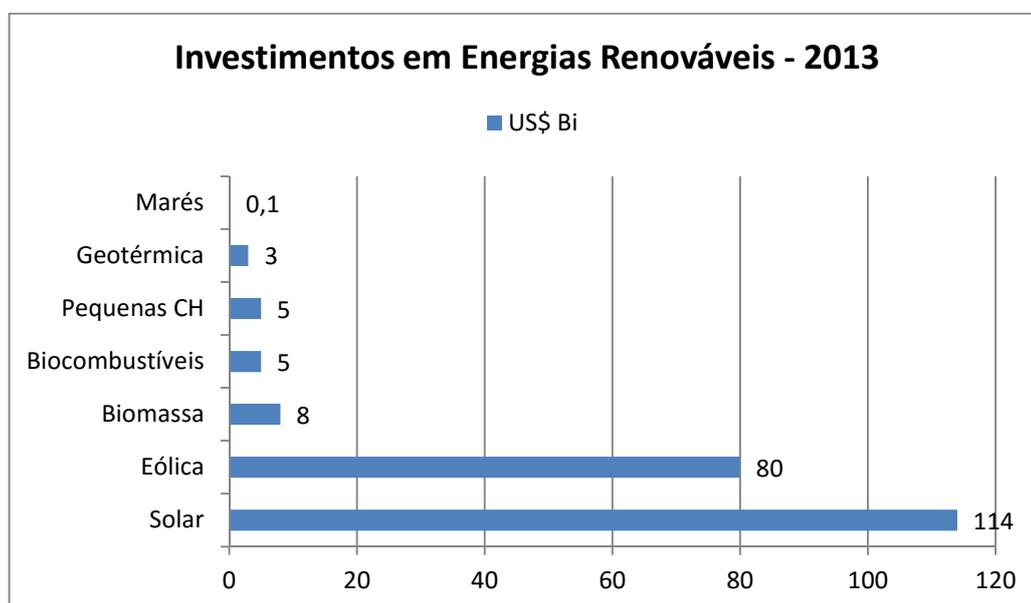


Figura 4 – Investimentos em energias renováveis (2013, Bilhões US\$).

Fonte: (FS-UNEP,2014)

Ou seja, o custo por Watt baixou de 4,609 US\$/W para 2,915 US\$/W, uma queda de 37% no custo por Watt, que se explica pela redução da ênfase nos projetos residenciais de alto custo e pelo crescimento das fazendas solares na China.

Ao contrário do que ocorre nos países desenvolvidos, a quantidade de sistemas de geração distribuída a partir de células fotovoltaicas conectadas a rede no Brasil é ínfima. A recomendação enviada pelo Grupo Setorial Fotovoltaico da ABINEE (ABINEE,2012) ao Plano Decenal de Energia (PDE) 2020 da Aneel, recomendava-se a fixação do objetivo de instalar painéis fotovoltaicos com capacidade de geração de 2 GW até 2020.

Segundo informações do Anuário Estatístico de Energia Elétrica (EPE,2014), o Brasil implementou 5 MW de sistemas geradores de energia solar no período de 2007 a 2011. No ritmo atual de 1 MW por ano, a recomendação da Abinee de implantar 2 GW demandaria 2.000 anos até o seu atingimento. Sendo assim, somente com a criação de políticas públicas de incentivo a geração distribuída, especialmente para a micro geração fotovoltaica e outras formas de aproveitamento da energia solar, se poderiam criar condições favoráveis para alavancar o desenvolvimento de uma cadeia produtiva para produção local de equipamentos, desenvolvimento da mão de obra especializada de instalação e manutenção dos sistemas, bem como estimular a pesquisa acadêmica, o desenvolvimento dos processos de produção, e permitir a inovação tecnológica.

1.5 Objetivos

O objetivo deste trabalho consiste em analisar os programas de incentivo e as políticas públicas aplicadas nos países onde a energia solar mais se desenvolveu, e propor sugestões que venham a acelerar o desenvolvimento da inserção de fontes de energias renováveis na matriz energética do Brasil, com ênfase na energia solar fotovoltaica.

Foram identificados os principais componentes dos custos das soluções comerciais atualmente disponíveis, verificando sua participação no retorno dos investimentos em mini e micro geração de energia solar fotovoltaica.

Por fim, se dimensionou técnica e financeiramente três projetos: um projeto residencial de 3 kW; um sistema de finalidades didáticas para equipar o Laboratório de Energia Solar de uma Universidade; e um sistema de grande porte, com capacidade para 230 kW, para uma unidade industrial no município de Cubatão-SP.

Organização da Dissertação

No Capítulo 1 – Introdução, são apresentados os conceitos fundamentais e os objetivos desta dissertação.

No Capítulo 2 – Conceitos Básicos da Energia Solar Fotovoltaica, são apresentadas as definições mais relevantes sobre a mini e micro geração de energia solar, com ênfase na fotovoltaica.

No Capítulo 3 – O Uso da Energia Solar Fotovoltaica no Mundo, é feita uma revisão bibliográfica que apresenta a situação atual da energia solar em diversos países do mundo.

No Capítulo 4 – Levantamento dos Mecanismos Regulatórios dos Principais Centros Produtores, são identificados os mecanismos existentes na Alemanha, Japão, Itália, Estados Unidos, Espanha, Portugal e Finlândia.

No Capítulo 5 – O Marco Regulatório no Brasil, se apresenta a Resolução Normativa 482 de 2012, bem como os demais aspectos legais e tributários de nosso país referentes a energia solar.

No Capítulo 6 – Viabilidade Econômico Financeira dos projetos de mini e micro geração fotovoltaica – Estudos de Caso, serão avaliados três projetos: micro geração para uma residência familiar, um projeto para a montagem do laboratório de energia solar na Universidade Santa Cecília e um projeto de mini geração para uma empresa do polo petroquímico de Cubatão.

No Capítulo 7 – Avaliação dos Composição dos Custos dos Projetos Fotovoltaicos, avalia-se o impacto das políticas públicas e mecanismos de incentivo sobre a composição dos custos dos projetos de energia solar.

No Capítulo 8 – Propostas de melhorias no marco regulatório do Brasil, apresentam-se sugestões e propostas destinadas a viabilizar os projetos de geração a partir fontes alternativas de energia.

Finalmente, no Capítulo 9, apresentam-se as Conclusões, seguidas pelas Referências Bibliográficas.

2 CONCEITOS BÁSICOS DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

O Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos (CRESESB, 2014), classificou a energia solar direta em cinco grandes blocos:

- a) Solar passiva, onde se insere a arquitetura bioclimática;
- b) Solar ativa, onde se inserem o aquecimento e a refrigeração solares;
- c) Solar fotovoltaica, para produção de energia elétrica com e sem concentradores;
- d) Solar para geração elétrica a partir de concentradores térmicos para altas temperaturas;
- e) Um processo inspirado na fotossíntese, ainda em desenvolvimento (CRESESB,2014)

Em última análise, pode ser falar em energia Solar Térmica (ST) e Energia Solar Fotovoltaica (SF). Neste capítulo, apresentam-se as principais aplicações da energia ST, concentrando-se na SF e suas principais aplicações para as quais existem soluções comerciais disponíveis.

Segundo o IPCC(2011), a energia Solar Térmica (ST – Figura 5) se baseia no uso de coletores solares, que são dispositivos voltados para a captação e armazenamento da radiação solar, e seu uso posterior em diversos processos de transformação (térmico, químico, elétrico, etc.).

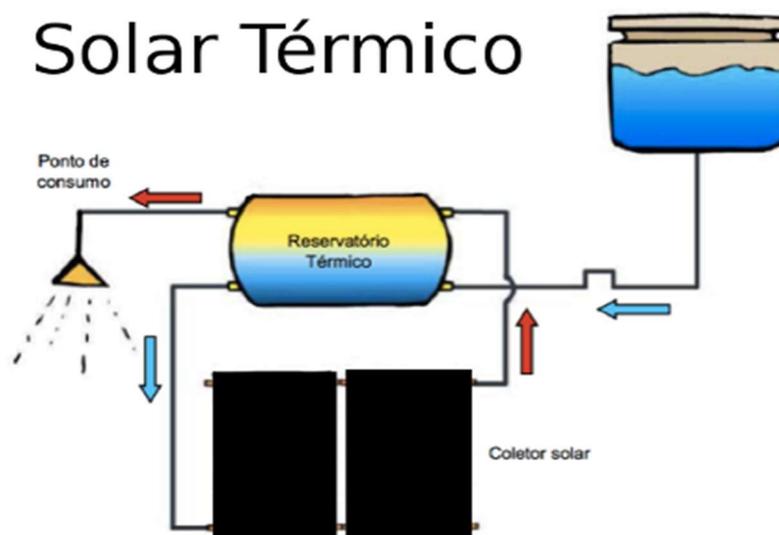


Figura 5 – Sistema de aquecimento residencial (adaptado pelo autor).

Fonte: IPCC(2011)

Os coletores planos (Figura acima) são usados para aplicações residenciais e comerciais em baixa temperatura (até 60°C), tais como aquecimento de água para banho, piscinas, hotéis e hospitais). Os coletores concentradores destinam-

se a aplicações onde a temperatura do fluido varia entre 100 e 400°C, normalmente para produção de vapor utilizado na geração elétrica.

O mercado de aquecimento de água no Brasil, com aplicações tipicamente residenciais impulsionadas pelo uso compulsório de aquecimento solar no Programa Minha Casa Minha Vida, vem evoluindo de forma consistente, como se pode observar na Figura 6:

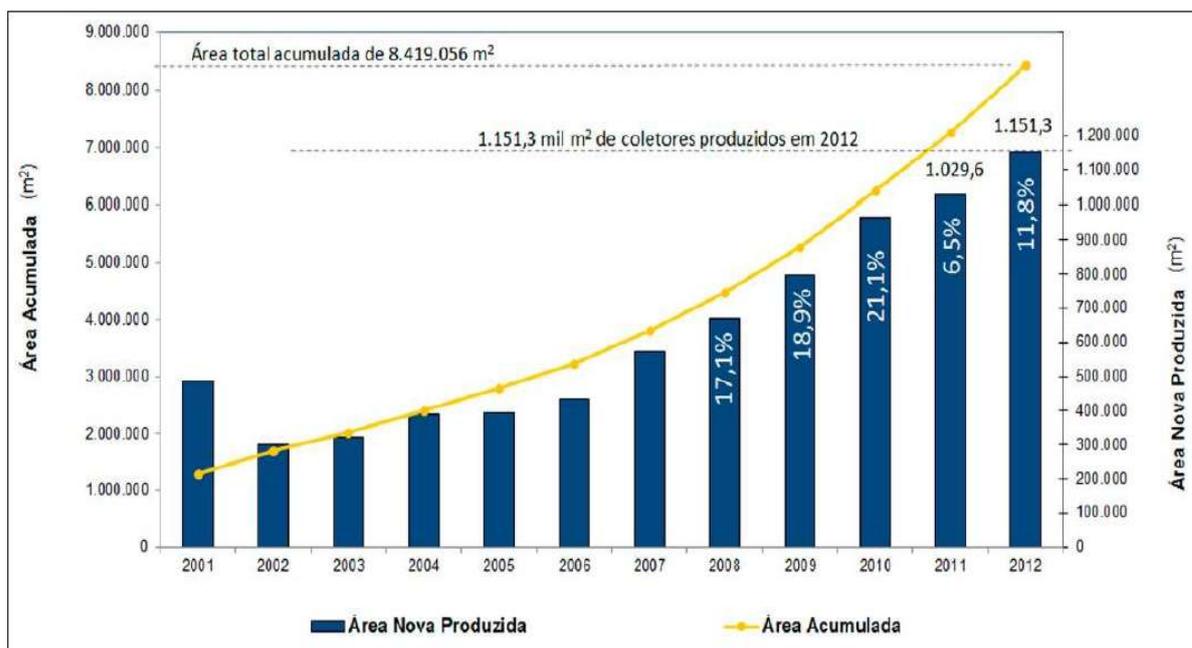


Figura 6 – Evolução do mercado de aquecimento solar.

Fonte: (DASOL,2013)

Dentre as vantagens dos sistemas térmicos, ressalta-se a possibilidade de armazenamento da energia fora do período de insolação, sua maior eficiência na conversão da energia e possibilidade de integração com outros processos que requeiram o uso de aquecimento (CRESESB,2014).

Deve-se ressaltar também a energia solar térmica passiva, que se apresenta no uso racional da radiação solar em projetos de engenharia e arquitetura através da aplicação de conceitos bioclimáticos para a iluminação, ventilação, aquecimento e seleção de materiais construtivos em edifícios ecologicamente neutros do ponto de vista da sustentabilidade.

No Brasil, o Departamento Nacional de Aquecimento Solar (DASOL) é o organismo que coleta e publica as informações deste mercado, sendo patrocinado pela Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA), que congrega as empresas do setor.

2.1 Energia solar fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica baseia-se no uso de células de materiais semicondutores que possuem a capacidade de transformar a luz em eletricidade, através do Efeito Fotovoltaico (VIRIDIAN,2015). Um módulo fotovoltaico (Figura 7) é formado por um conjunto de células interligadas eletricamente e encapsuladas, e constituem a unidade comercial básica do gerador fotovoltaico.

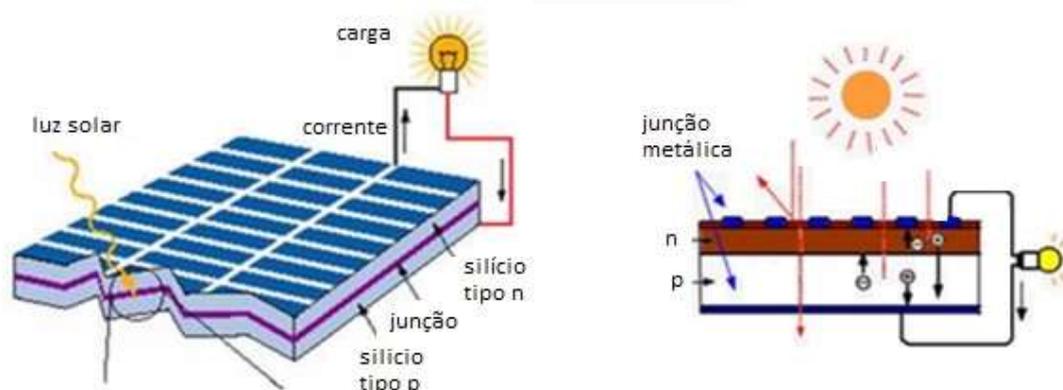


Figura 7 – Estrutura de uma célula fotovoltaica.

(Fonte: VIRIDIAN, 2015)

Segundo o CRESESB (2014), as tecnologias existentes classificam-se em três gerações (Figura 8) :

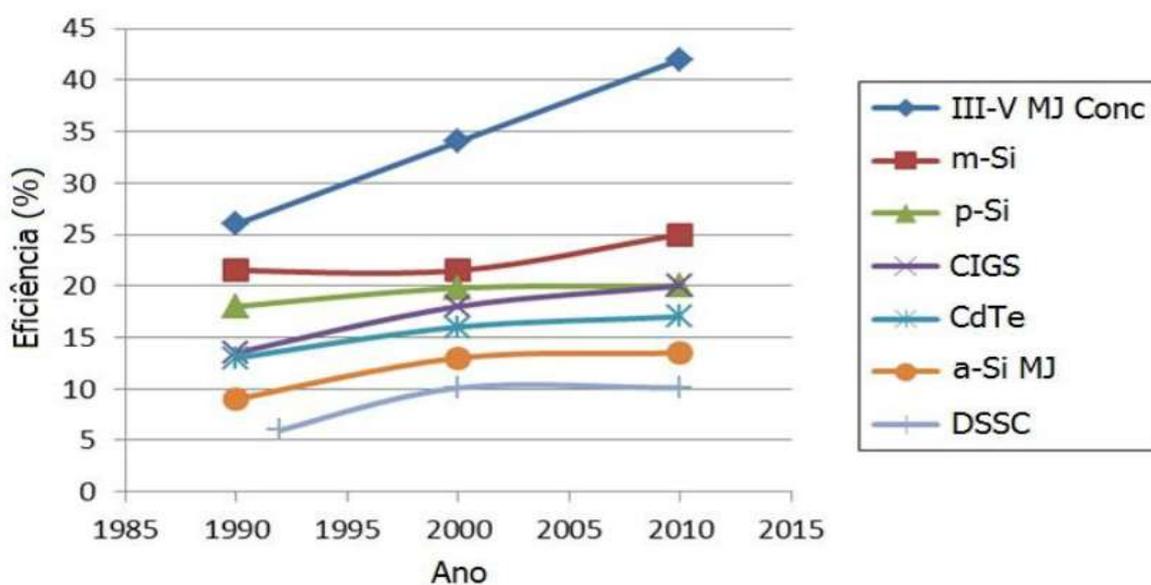


Figura 8 - Rendimento dos módulos fotovoltaicos por tecnologia.

Fonte: (CRESESB,2014)

A Primeira Geração, de silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si), que representam 85% do mercado.

A Segunda Geração, de filmes, de silício amorfo (a-Si) e outros semicondutores tais como Gálio, Cádmiio, Telúrio, Cobre e Índio, que ainda apresentam baixo rendimento e dificuldades de produção devido a toxicidade de suas matérias primas.

A Terceira Geração ainda se encontra em P&D, sendo composta por diversas linhas de pesquisa: células multi-junção (III-V MJ Conc), célula fotovoltaica para concentração (CPV), células sensibilizadas por corante (DSSC) e células orgânicas ou poliméricas (OPV) (CRESESB,2014).

O rendimento atual das células de Primeira Geração (entre 20 a 25%) possibilita a utilização comercial da geração distribuída (GD) a partir de módulos fotovoltaicos e apresenta grande potencial de melhoria, pois já foram obtidas em laboratório células multi-junção com 50% de rendimento, embora seu custo ainda seja proibitivo para a escala industrial, e restrito a aplicações específicas, tais como a fabricação de módulos para a indústria aeroespacial.

2.2 Componentes de um gerador fotovoltaico

Segundo Scielo (2013), os sistemas de geração de energia solar fotovoltaica são integrados por quatro componentes básicos:

Módulo Fotovoltaico: Na NBR 10899 (ABNT,2013), o módulo fotovoltaico é definido como uma unidade básica formada por um conjunto de células fotovoltaicas (vide circuito elétrico na Figura 9), interligadas eletricamente e encapsuladas, com o objetivo de gerar energia elétrica.

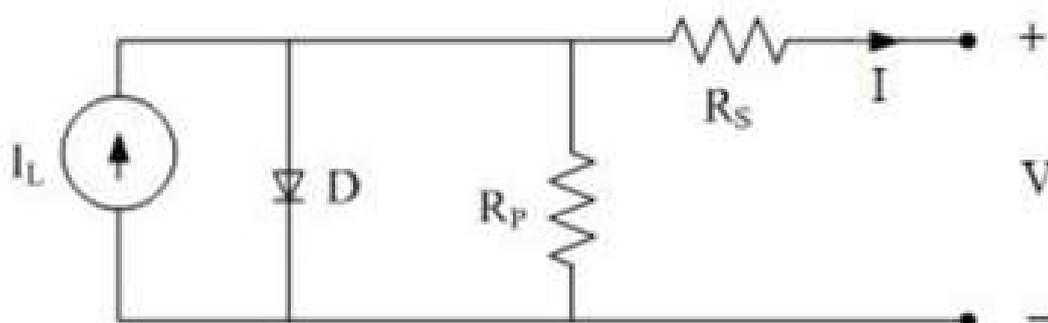


Figura 9 - Circuito elétrico equivalente da célula fotovoltaica.

Fonte: (SCIELO,2013)

A medida de potência energética associada com as células fotovoltaicas é o Watt-pico (Wp). Uma vez que as condições de produção de energia elétrica variam devido a fatores externos, o valor da potência nominal, expresso em Wp, é equivalente a potência medida quando um sistema fotovoltaico é irradiado por uma luz com a potência de 1000 W/m², à temperatura de 25 °C. As placas fotovoltaicas atualmente em uso têm potência entre 80 a 255 Wp.

Baterias: são dispositivos eletroquímicos compostos por eletrodos metálicos (cátodo e ânodo) mergulhados em uma solução condutora de íons, onde ocorre transferência de elétrons e a produção de uma corrente elétrica.

No gerador fotovoltaico, sua função é armazenar energia elétrica para uso nos períodos noturno ou de ausência de radiação solar. Nas aplicações de geração de energia solar, deve-se usar baterias estacionárias ou de ciclo profundo, que suportam perder até 80% da carga sem se danificar, além de apresentar maior vida útil e confiabilidade que as baterias automotivas.

Inversor: dispositivo elétrico capaz de converter a corrente contínua (CC) proveniente dos painéis solares ou das baterias (acumuladores) para corrente alternada (CA), visando alimentar os equipamentos elétricos da unidade consumidora (sistemas isolados) ou mesmo interligar-se a rede de distribuição da concessionária de energia elétrica local (*grid tie*).

Controlador de Carga : equipamento eletrônico micro controlado que realiza o carregamento das baterias a partir da energia elétrica proveniente dos painéis fotovoltaicos ou de uma turbina de geração eólica. Existem basicamente duas tecnologias de controladores de carga: PWM (*Pulse Width Modulation*) – mais simples e mais baratos, ou MPPT (*Maximum Power Point Tracking*), mais caros, porém com melhor aproveitamento da energia produzida pelos painéis fotovoltaicos (SCIELO,2013).

2.3 Sistemas isolados ou autônomos

Os sistemas isolados ou autônomos (em inglês, *off-grid*) para geração de energia solar fotovoltaica são caracterizados por não se conectarem à rede elétrica da concessionária, abastecendo diretamente os equipamentos elétricos da unidade consumidora (VIRIDIAN,2105). Geralmente, são construídos em local e com propósito específico, quer seja para fornecimento de energia ou iluminação em locais remotos, geladeiras para vacinas em áreas indígenas, estações repetidoras de sinais, bombeamento de água e eletrificação de cercas, etc. (Figura 10).



Figura 10 - Sistema fotovoltaico isolado.

Fonte: (VIRIDIAN, 2015)

A energia produzida durante o dia é armazenada nas baterias, que assegura o abastecimento nos períodos sem sol.

2.4 Sistemas conectados à rede

Os sistemas fotovoltaicos de conexão à rede (em inglês, *grid tie*), como o próprio nome indica, caracterizam-se por sua interligação a rede elétrica da concessionária (Figura 11). Desta forma, o excedente de energia elétrica produzida localmente pelos painéis fotovoltaicos e não consumido na unidade produtora será injetado na rede para utilização por outra unidade consumidora.

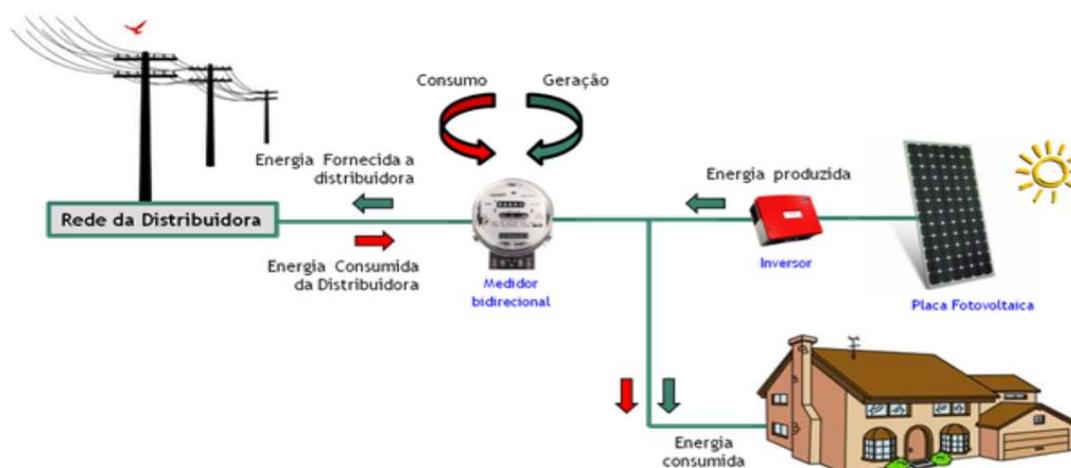


Figura 11 - Sistema fotovoltaico conectado à rede.

(Fonte: VIRIDIAN, 2015)

Nos períodos de baixa produção de energia, o consumo é complementado pela concessionária de energia elétrica. Desta forma, o medidor de consumo de energia elétrica deverá ser bidirecional, ou seja, capaz de contabilizar a energia consumida e fornecida para o sistema.

Usualmente, os sistemas *grid tie* são compostos somente pelos módulos fotovoltaicos e por um inversor. Para proteção do sistema (anti-ilhamento), nas quedas de energia da concessionária, o inversor não produz energia para a unidade consumidora nem para a rede elétrica. Por não possuírem baterias e controladores de carga, são mais baratos que os sistemas isolados (VIRIDIAN,2015).

2.5 Sistemas híbridos

De acordo com CRESESB (2012), os sistemas híbridos se utilizam de mais de uma fonte de energia para a produção de energia elétrica, tais como energia eólica, gerador diesel, ou mesmo hidráulica, podendo estar ou não interligados à rede e possuir ou não banco de baterias (Figura 12).

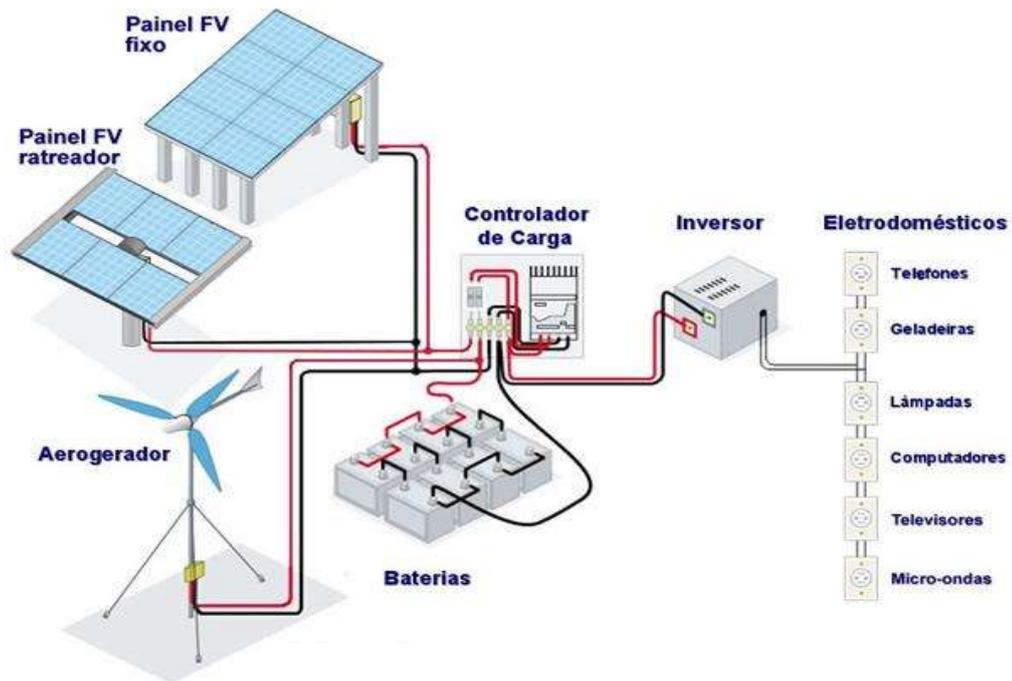


Figura 12 - Sistema híbrido fotovoltaico-eólico.

(Fonte: CRESESB, 2005)

São recomendáveis em locais ou aplicações que não podem ficar sem o fornecimento de energia elétrica, tais como torres de retransmissão de sinal de celular ou hospitais.

3 O USO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO MUNDO

Nos últimos 25 anos, o desenvolvimento da energia solar sempre esteve associado a formulação de políticas públicas, que fomentaram o uso da energia proveniente de fontes renováveis como um objetivo estratégico a ser atingido. Alguns países, como a Alemanha, Japão e Estados Unidos, foram particularmente bem-sucedidos neste aspecto.

Com as projeções de crescimento do consumo de energia per capita para as próximas décadas, e as questões ambientais sendo cada vez mais consideradas como fator determinante na aprovação dos projetos de geração de energia (EPE,2014), a energia solar fotovoltaica se apresenta como uma importante alternativa para a complementação da matriz energética a partir de fontes renováveis.

A Tabela 5, publicada pelo IEA-PVPS (*Internacional Energy Agency – Photovoltaic Power System Programme,2015*), identifica os países que apresentaram o maior crescimento do parque solar fotovoltaico em 2014 (à direita), bem como os países com maior capacidade total acumulada (valores aproximados em GW).

Tabela 5 - Maiores produtores mundiais de energia solar em 2014.

TOP 10 COUNTRIES IN 2014 FOR ANNUAL INSTALLED CAPACITY				TOP 10 COUNTRIES IN 2014 FOR CUMULATIVE INSTALLED CAPACITY			
1 st		China	10,6 GW		Germany	38,2 GW	
2 nd		Japan	9,7 GW		China	28,1 GW	
3 rd		USA	6,2 GW		Japan	23,3 GW	
4 th		UK	2,3 GW		Italy	18,5 GW	
5 th		Germany	1,9 GW		USA	18,3 GW	
6 th		France	0,9 GW		France	5,7 GW	
7 th		Australia	0,9 GW		Spain	5,4 GW	
8 th		Korea	0,9 GW		UK	5,1 GW	
9 th		South Africa	0,8 GW		Australia	4,1 GW	
10 th		India	0,6 GW		Belgium	3,1 GW	

Fonte : IEA-PVPS(2015)

O estudo da evolução da energia solar fotovoltaica nos países que implantaram programas bem-sucedidos de incentivo a geração solar distribuída pode nos auxiliar a identificar seus fatores críticos de sucesso, tanto para o aperfeiçoamento técnico e científico quanto para a criação do mercado interno e capacitação da mão de obra técnica necessária.

Neste capítulo, é analisado o instrumental regulatório que possibilitou aos países líderes neste mercado atingirem o estado da arte na produção energia solar fotovoltaica, tanto no desenvolvimento tecnológico, como na criação e fortalecimento de um mercado de longo prazo, estabelecendo as condições necessárias para o desenvolvimento e fortalecimento da cadeia produtiva da geração distribuída.

Selecionaram-se, então, os sete países analisados neste trabalho, a saber: Alemanha, Japão, Itália, Estados Unidos (Estado da Califórnia), Espanha, Portugal e Finlândia. Os cinco primeiros foram selecionados em função da importância e tamanho do parque instalado. A China foi desconsiderada por ter um mercado controlado e atípico, assim como a França, que não podem ser comparados às demais nações. Portugal foi incluído neste estudo Portugal por ter similaridade com o clima e o mercado brasileiro; e a Finlândia, para poder demonstrar que a geração solar é viável até mesmo em climas adversos.

3.1 O modelo alemão

Segundo o órgão oficial da Comunidade Europeia para energias renováveis (RES-Legal, 2015), o principal mecanismo alemão de incentivo a adoção de energia de fontes renováveis é denominado “**tarifa-prêmio**”. A tarifa-prêmio (*Renewable Feed-In Tariff* – REFIT), é o instrumento destinado a incentivar o investimento em energias renováveis através da oferta de contratos de longo prazo aos produtores independentes, com tarifas subsidiadas e contratos de compra garantida, baseadas no custo de geração de cada tecnologia e superior ao custo do kWh convencional.

Os subsídios são financiados por um fundo e rateados entre todos os consumidores finais de energia. Os adversários desta política, que afirmam que este modelo eleva os custos de produção de energia elétrica, não consideram neste cálculo o custo dos subsídios, das externalidades da energia proveniente dos combustíveis fósseis ou do risco de acidentes nucleares. Apesar das críticas, esta política pública mostra-se como o mais bem-sucedido programa de incentivo a energias de fontes renováveis, motivo pelo qual se analisou sua evolução histórica.

O interesse da opinião pública alemã com fontes alternativas de energia se iniciou em 1973, na primeira crise internacional do petróleo. A Alemanha, até hoje, depende quase que exclusivamente das importações de petróleo para produção de energia elétrica e aquecimento. Simultaneamente, no início da década de 80, surgiram

as primeiras manifestações contra as usinas nucleares na Alemanha. Com o acidente nuclear de Chernobyl em 1986, o povo alemão praticamente proibiu a construção de novas usinas nucleares para produção de energia elétrica, e iniciou um extensivo programa de desativação das usinas nucleares (que não deverão existir em 2020) e de desenvolvimento de fontes de energias renováveis para substituí-las (WÜSTENHAGEN R, BILHARZ M, 2004).

Neste contexto, foi criado o sistema de tarifas-prêmio, apresentado no Quadro 1, e introduzido pela lei "*Stromeinspeisungsgesetz*" (*StrEG*, 1990), ou "Lei de Alimentação de Eletricidade na Grade", que obrigava as concessionárias a comprar, com tarifas subsidiadas, a energia produzida por Produtores Independentes de fontes renováveis, principalmente hidrelétrica e eólica.

Quadro 1 – Marco regulatório das energias renováveis na Alemanha

Dispositivo	Características
<i>Stromeinspeisungsgesetz</i> (<i>StrEG</i> , 1990)	Projeto de lei de página única, que visava incentivar pequenos produtores de energia elétrica a partir de centrais hidrelétricas e eólicas. Permitiu a estes produtores conectarem-se a rede de distribuição, auferindo uma tarifa entre 65 a 90% do valor pago pelos usuários finais. Esta tarifa não foi suficiente para incentivar unidades de produção fotovoltaicas, nem incluiu energias de outras fontes renováveis.
<i>Erneuerbare-Energien-Gesetz</i> (<i>EEG</i> , 2000)	Lei das Energias Renováveis. A EEG representou um aperfeiçoamento do marco regulatório da Alemanha em relação as energias renováveis. Através de estudos, determinou valores diferenciados para cada fonte de energia renovável, com valores pré-definidos e decrescentes e horizonte de 20 anos para amortização dos investimentos, com mecanismos de reajustes de preços bianuais.
Emendas a EEG	Após sua entrada em vigor em 2000, a EEG tem sido continuamente aprimorada, através de emendas, a saber : EEG 2004, EEG 2009, EEG 2012, e EEG 2014.

Fonte : Elaborado a partir de RES-LEGAL (2015)

No entanto, este sistema de preços, posteriormente atualizado pela Lei da Energia de Fontes Renováveis (*Erneuerbare-Energien-Gesetz*, 2000) e suas revisões em 2004, 2009, 2012 e 2014, não é a única chave para o sucesso das energias renováveis na Alemanha. O EEG-2014, também denominado EEG 2.0, é o arcabouço legal de um completo e complexo sistema de incentivos, padrões de remuneração e instrumento de direcionamento estatal da matriz energética, em função dos interesses do povo e do estado, que demonstra a capacidade da Alemanha em desenvolver e implantar mecanismos de incentivo e políticas públicas eficientes.

3.2 O modelo japonês

De acordo com dados da Agência Internacional de Energia (IEA,2015), até recentemente (2007), o Japão era o país líder na produção de energia elétrica a partir de fonte solar, tendo sido ultrapassado pela China, Estados Unidos e Alemanha. O Quadro 2 apresenta o resumo do marco regulatório do Japão.

Quadro 2 – Marco regulatório da energia no Japão

Dispositivo	Características
<i>4th Energy Strategic Plan 2014</i>	Objetiva elevar a participação de fontes renováveis na matriz energética do Japão, bem como reduzir a dependência dos combustíveis fósseis e da energia de fonte nuclear.
<i>Act on Purchase of Renewable Energy Sourced Electricity by Electric Utilities (FIT,2012)</i>	A Lei sobre a compra de Energia de fontes renováveis pelas concessionárias de energia, em vigor a partir de 01 de julho de 2012, estabelece o regime de tarifa <i>feed-in</i> para as energias renováveis e revisões tri-anuais.
<i>Renewable Portfolio Standard (2003)</i>	<i>Estabelece metas de participação para energia solar, eólica, biomassa, hidrelétrica e geotérmica. O Governo determina as metas anuais, e as empresas podem gerar sua própria energia, compra-la de terceiros ou adquirir Certificados de Energias Renováveis.</i>
<i>Basic Act on Energy Policy (2002)</i>	Os pilares da política energética japonesa estão assentados na segurança energética, na adaptação do meio ambiente e no uso de mecanismos de mercado.
<i>Electricity Utilities Industry Law (Amendment 1995)</i>	Define os procedimentos para concessão de licença para os produtores de energia elétrica, segundo as normas do Ministério da Economia, Comércio e Indústria.
<i>Act of Rational Use do Energy (1979)</i>	Objetiva assegurar que as empresas venham a cumprir os padrões de eficiência energética definidos pelo Ministério da Economia, Comércio e Indústria.

Fonte : Elaborado a partir de Reegle (2015)

Para retornar esta liderança, e após o acidente na Usina Nuclear de *Fukushima Dai-Ichi*, o Japão implementou em 2012 um programa de remuneração que incentiva a produção independente de energia elétrica por consumidores comerciais e residenciais.

Segundo o Plano Estratégico de Energia (JAPAN,2014), os custos de produção de energia subiram de 6,2 a 9,8%, pressionados pela elevação dos combustíveis e pelo subsídio a geração de energia renovável, principalmente a energia solar, que conta com subsídios diferenciados. Este mesmo plano aponta para a possibilidade de manutenção da operação das usinas nucleares, e para a utilização

de fontes térmicas (principalmente carvão) para a produção de energia elétrica. A preocupação dos japoneses é que a elevação dos custos de energia na Europa e no Japão, pressionados pelas metas de redução de gases do efeito estufa, possam tornar a indústria japonesa pouco competitiva em relação aos Estados Unidos da América, que apresentam tendência de redução de custos na produção de energia elétrica devido a massiva utilização de gás para a geração térmica (JAPAN,2014).

Desta forma, o Japão sinaliza claramente que irá reduzir o subsídio a energia solar fotovoltaica como estratégia de redução da pressão de elevação dos custos de geração de energia elétrica. Em junho de 2015, a Agência de Recursos Naturais e Energia do Japão divulgou a Reforma do Mercado de Energia, que visa estimular a redução dos custos através do estímulo da competição entre empresas, da eliminação das barreiras regulatórias do mercado e do fortalecimento do poder de escolha dos consumidores (JAPAN,2015).

3.3 O modelo italiano

Na Itália, os mecanismos de incentivo são administrados pelo *GSE – Gestore dei Servizi Energetici* (Gestor de Serviços Energéticos), e consistem em uma combinação de tarifa-prêmio, tarifa de alimentação (FIT), *net-metering* e leilões de compra de energia. Isenções de impostos (IVA-Imposto de Valor Agregado) também estão disponíveis para investimentos em fontes de energias renováveis (FER).

De acordo com Edoardo Binda Zane ³, (RES-LEGAL, 2014), os principais dispositivos legais que regulam as FER na Itália estão resumidos no Quadro 3 a seguir:

Quadro 3 – Decretos, Leis e dispositivos da Itália

Dispositivo	Características
DM 06/07/12 (<i>Decreto Ministeriale 6 luglio 2012</i>)	Decreto Ministerial 6 de julho 2012. Incentivo para energia elétrica de fontes renováveis não fotovoltaicas
Legge 99/09 (<i>Legge 23 luglio 2009, n. 99</i>)	Disposições para o desenvolvimento e a internacionalização das empresas, bem como no domínio da energia
Legge 244/07 (<i>Legge 24 Dicembre 2007, n. 244</i>)	Orçamento Anual e Plurianual do Estado

³ Gerente de Projetos na BSW e.V. (*Bundesverband Solarwirtschaft*) associação alemã formada por mais de 800 empresas dedicadas a energia solar, e colaborador da RES-Legal.

Dispositivo (Continuação)	Características
Legge 239/04 (<i>Legge 23 agosto 2004, n. 239</i>)	Lei de Reorganização do Setor de Energia
DL 79/99 (<i>Decreto Legislativo 16 marzo 1999, n. 79, "Decreto Bersani"</i>)	Aplicação da Diretiva 96/92/CE que estabelece regras comuns para o mercado interno da eletricidade
DL 387/03 (<i>Decreto Legislativo 29 dicembre 2003, n. 387</i>)	Aplicação da Diretiva 2001/77/CE relativa à promoção da eletricidade produzida a partir de fontes de energia renováveis no mercado interno de eletricidade
DPR 633/72 (<i>Decreto del Presidente della Repubblica 26 ottobre 1972 n. 633</i>)	Regulamenta o imposto sobre valor agregado - IVA
DM 18/12/08 (<i>Decreto 18 dicembre 2008, "Decreto Rinnovabili"</i>)	Incentivos para a produção de eletricidade a partir de fontes renováveis
AEEG 34/05 (<i>Delibera n. 34/05</i>)	Condições econômicas para o consumo de energia na grade
AEEG 280/07 (<i>Delibera n. 280/07</i>)	Condições técnicas para o consumo de energia na grade
ARG/elt 199/11 (<i>Delibera n. 199/11.</i>)	Resolução sobre a transmissão e distribuição de energia
570/2012/R (<i>Deliberazione 570 2012</i>)	Condições para o <i>Net Metering</i> .
DM 11/04/08	Critério de incentivo a produção de energia solar a partir de ciclos termodinâmicos
ARG/elt 95/08	Aplicação do Decreto do Ministro do Desenvolvimento Económico, em consulta com o Ministro do Ambiente, Território e Mar, com a finalidade de promover a produção de eletricidade a partir de energia solar utilizando ciclos termodinâmicos.
DL 28/11 (<i>Decreto Legislativo 3marzo 2011, n. 28</i>)	Aplicação da Diretiva 2009/28/CE na promoção do uso de fontes de energias renováveis

Fonte : Elaborado a partir de RES-LEGAL (2015)

3.4 O modelo americano (Estado da Califórnia)

Nos Estados Unidos, a Califórnia, com seus abundantes recursos naturais, tem uma longa história de incentivo às fontes de energia renováveis. Em 2009, 11,6% de toda a eletricidade provinha de fontes renováveis como a energia eólica, solar, geotérmica, biomassa ou PCH.

Grandes hidrelétricas são responsáveis pela geração de outros 9.2% da energia elétrica do estado. Em 12 de abril de 2011, o Governador Edmon G. Brown Jr. assinou a legislação SBX 1.2, que determina que um terço de toda a energia elétrica do estado seja oriunda de fontes renováveis até 31 de dezembro de 2020 (CALIFORNIA,2015).

Esta Lei visa incentivar o uso de energias renováveis no Estado da Califórnia, e compõe o Programa de Energias Renováveis (*REP – Renewable Energy Program*) que conta, entre outras, com as seguintes ações discriminadas no Quadro 4:

Quadro 4 – Programa de energias renováveis da Califórnia

Dispositivo	Características
<i>SB X 1.2 (California Renewable Energy Resources Act)</i>	Lei Estadual dos 33% Renováveis (<i>RPS – Renewables Portfolio Standard</i>), que obriga as empresas de energia da Califórnia a obterem 33% de sua energia a partir de fontes renováveis até 2020.
<i>Bioenergy Action Plan</i>	Bioenergia é a energia renovável produzida a partir de resíduos de biomassa, incluindo floresta e outros resíduos de madeira, agricultura e resíduos de processamento de alimentos, resíduos urbanos orgânicos, resíduos e emissões a partir de instalações de tratamento de água, gás de aterro e outras fontes de resíduos orgânicos.
<i>Desert Renewable Energy Conservation Plan (DRECP)</i>	Visa a proteção e conservação dos ecossistemas do deserto da Califórnia, permitindo o desenvolvimento de projetos sustentáveis de geração de energia renovável.
<i>California Solar Initiative (CSI)</i>	É o programa de descontos para consumidores de energia elétrica na área de atuação da <i>Pacific Gas and Electric (PG & E)</i> , <i>Southern California Edison (SCE)</i> , <i>San Diego Gas & Electric (SDG & E)</i> . O programa CSI é um componente chave da campanha <i>Go Solar California</i> .
<i>Go Solar California Website (http://www.gosolarcalifornia.ca.gov/)</i>	O sítio <i>Go Solar Califórnia</i> fornece aos consumidores da Califórnia um "balcão único" para obter informações sobre programas solares, abatimentos, créditos fiscais, e informações sobre a instalação e interconexão de sistemas elétricos solares. O sítio tem informações sobre as regras do programa, incluindo os equipamentos padrões elegíveis, bem como informações sobre como encontrar empresas energia solar licenciadas no programa.
<i>Renewable Energy Transmission Initiative (RETI) 2.0</i>	Embora não seja um dispositivo regulatório, os cenários e recomendações do RETI 2.0 vão direcionar o planejamento da transmissão de energia no estado da Califórnia, visando o atingimento das ambiciosas metas do estado para 2030 (50% da energia de fontes renováveis).

Dispositivo	Características (Continuação)
<i>Renewables Portfolio Standard (RPS)</i>	Instituído pela SB X 1.2, obriga todos os produtores de energia, quer sejam públicos ou privados, a adotarem as novas metas de participação das fontes de energia renováveis, a saber : 20% até o final de 2013, 25% até o final de 2016 e 33% até o final de 2020.
<i>Electric Program Investment Charge</i>	Fundo de pesquisa subsidiado pelo usuários do sistema elétrico, fornece financiamento para pesquisas e desenvolvimento de tecnologias de energia limpa.

Fonte : Elaborado a partir de CALIFORNIA (2015)

3.5 O modelo espanhol

Segundo José Donoso e Pedro Valencia ⁴, as perspectivas para o crescimento da energia solar na Espanha são muito negativas. O governo espanhol criou um cenário no qual se indica a completa falta de incentivo aos investimentos no setor de energias renováveis e coloca sérios obstáculos ao refinanciamento de projetos em curso devido às incertezas do marco regulatório (IEA-PVS, 2015).

A indústria fotovoltaica espanhola tem sofrido muitas reformas retroativas desde 2010, mas com a aprovação do Ato do Governo Espanhol 24/2013, criaram-se incertezas legais pela aplicação de um novo modelo de remuneração para instalações pré-existentes.

Ainda segundo estes autores, as ações governamentais prejudicaram não somente as unidades fotovoltaicas existentes, mas comprometeram o próprio futuro da geração solar fotovoltaica pelas incertezas do ambiente regulatório. A geração para consumo próprio também foi afetada pelo Ato 24/2013, que restringiu seu uso e impôs taxas que a tornam pouco competitiva em relação à energia de fontes convencionais.

A nova proposta de Ato Regulatório do governo, divulgada em agosto de 2015, é um desincentivo aos consumidores a investirem na geração para autoconsumo (*prosumers – producers & consumers*), especialmente para os de maior porte. Caso a proposta seja aprovada nos termos em que está redigida, irá dobrar o tempo de retorno sobre o investimento dos projetos de geração fotovoltaica.

Neste cenário, questiona-se a habilidade do Governo da Espanha em atingir os projetos definidos pela Diretiva 2009/28 da Comunidade Europeia, que determina que 20% da energia consumida nos países membros devem prover de fontes renováveis até 2020.

Apesar da conjuntura desfavorável, a Espanha ainda incentiva, através do *Centro de Investigación en Energía Solar* (CIESOL) e da Plataforma Solar de Almeria (PSA), mantida pelo *Centro de*

⁴ Membros da UNEF (*Unión Española Fotovoltaica*) e consultores da IEA (*International Energy Agency*).

Investigaciones Energeticas, Medio ambientales e Tecnologicas (CIEMAT), o maior instituto de pesquisas da Europa voltado ao estudo dos sistemas termo solares de concentração, em colaboração com a *Universidad de Almería* (IEA-PVS, 2015).

A tecnologia fotovoltaica, tal como qualquer outra tecnologia de geração de energia elétrica, necessita que os marcos regulatórios sejam estáveis à longo prazo, haja vista tratar-se de projetos com vida útil de várias dezenas de anos. A seguir, listam-se no Quadro 5 as principais leis que regulam a geração fotovoltaica na Espanha:

Quadro 5 – Leis e decretos existentes na Espanha

Dispositivo	Características
<i>Real Decreto-Ley 2/2013, de 1 de febrero, de medidas urgentes en el sistema eléctrico y en el sector financiero.</i>	Altera os mecanismos de remuneração da energia solar fotovoltaica e implementa outras mudanças orçamentárias no setor elétrico.
<i>Ley 15/2012, de 27 de diciembre, de medidas fiscales para la sostenibilidad energética.</i>	Este dispositivo cria três novos impostos: sobre o armazenamento de combustível nuclear e resíduos radioativos; sobre a utilização de águas interiores para a produção de energia elétrica; taxas de imposto para o gás natural e o carvão são modificados; e também exclui as isenções para os produtos utilizados na geração energia elétrica.
<i>Real Decreto-Ley 1/2012, de 27 de enero.</i>	Suspensão dos procedimentos de prefixação das retribuições e a eliminação dos incentivos econômicos para novas instalações de produção de energia elétrica a partir da cogeração, fontes de energias renováveis e resíduos.
<i>Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre.</i>	Regula a conexão à rede de instalações de produção de energia elétrica de pequena potência.
<i>Real Decreto-Ley 14/2010, de 23 de dezembro.</i>	Estabelece medidas urgentes para a correção do déficit tarifário do setor elétrico.
<i>Real Decreto 1565/2010, de 19 de noviembre.</i>	Regula e modifica determinados aspectos relativos a atividade de produção de energia elétrica em regime especial.
<i>Real Decreto-Ley 6/2009, de 30 de abril.</i>	Adota medidas no setor elétrico e se aprova o bônus social.
<i>Real Decreto 1578/2008, de 26 de setembro,</i>	Define a remuneração da atividade de produção de energia elétrica mediante tecnologia solar fotovoltaica.
<i>Real Decreto 661/2007, de 25 de maio</i>	Regula a atividade de produção de energia elétrica em regime especial.

Fonte : Elaborado a partir de ESPAÑA (2015)

A instabilidade regulatória é um problema grave, não somente porque afasta novos investidores, como também altera as condições de financiamento inicialmente consideradas para a amortização dos investimentos realizados, afetando negativamente os resultados financeiros dos que investiram na nova tecnologia (IEA-PVS, 2015).

3.6 O modelo português

Em Portugal, a eletricidade de fontes renováveis existentes é incentivada pela “tarifa de alimentação” (FIT). O apoio às novas instalações é obtido através de leilões de aquisição de energia. O novo regime de remuneração para pequenos produtores entrou em vigor em janeiro de 2015, e baseia-se em um modelo de pregão, no qual os produtores oferecem descontos em relação a uma tarifa de referência (RES-LEGAL,2014).

O acesso a rede de distribuição é assegurado a todos os produtores, de acordo com o princípio da não-discriminação, embora a prioridade seja dada às fontes renováveis, exceto hidroelétricas com capacidade superior a 30 MW. A obrigatoriedade de compra da energia gerada durante o período da aplicação da tarifa criou condições favoráveis para o desenvolvimento de pequenos produtores, sendo o custo da adequação da rede imposto aos operadores (RES-LEGAL,2014).

De acordo com Natascha Trennepohl ⁵, os principais dispositivos legais que regulam a geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis em Portugal estão identificados no Quadro 6 a seguir:

Quadro 6 – Dispositivos legais em Portugal

Dispositivo	Características
<i>Decreto-lei n.º 363/2007 de 02 de novembro.</i>	Estabelece o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade por intermédio de unidades de microprodução.
<i>Despacho DGEG de 26 de dezembro de 2013.</i>	Torna público o valor da tarifa de referência para todas as tecnologias de produção que não a solar fotovoltaica durante o ano de 2014

⁵ Colaboradora do RES-Legal, Mestre em Direito Ambiental pela UFSC e Doutoranda na *Humboldt-Universität* em Berlim.

Dispositivo (cont.)	Características
<i>Decreto-Lei 225/2007 de 31 de maio.</i>	Concretiza um conjunto de medidas ligadas às energias renováveis previstas na estratégia nacional para a energia, estabelecida através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 169/2005, de 24 de outubro
<i>Portaria n.º 286/2011 de 31 de outubro.</i>	Define a fórmula de cálculo das tarifas aplicáveis às diversas tecnologias de produção de eletricidade a partir de fontes de energia renováveis
<i>Decreto-Lei 35/2013 de 28 de fevereiro.</i>	Flexibiliza o regime remuneratório aplicável à eletricidade produzida por fontes renováveis
<i>Decreto-Lei 153/2014 de 20 de outubro.</i>	Estabelece o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade destinada ao autoconsumo.

Fonte : Elaborado a partir de RES-LEGAL(2015)

Este arcabouço regulatório criou condições favoráveis para o desenvolvimento da cadeia produtiva fotovoltaica em Portugal, que culminou com a inauguração, em 2008, de uma grande usina de geração fotovoltaica com capacidade de 93 MWh (Amper Central Solar – central solar fotovoltaica da Amareleja); no domínio do uso da tecnologia de seguidores solares e no estabelecimento de uma fábrica de montagem de painéis fotovoltaicos (MFS - Moura Fluitecnik Solar), na cidade de Moura, Distrito de Beja, região do Alentejo.

3.7 O modelo finlandês

A Finlândia tem o maior consumo per capita de energia da União Europeia, e consome 2,5 vezes mais eletricidade que a Dinamarca, com população similar. Também por razões históricas, a independência de fontes de energia e a segurança das fontes de suprimento são importantes para este país.

Graças aos seus vastos recursos hídricos e de biomassa, a Finlândia tradicionalmente possui uma grande parcela de sua energia a partir de fontes renováveis. Em 2014, as energias renováveis representaram 36%, a nuclear 33%, as fósseis 26%, e outras fontes 5% da energia total produzida (FINLAND, 2014).

O mecanismo de promoção das fontes de energia renováveis na Finlândia também é a aplicação de uma “tarifa-prêmio” por um período de até 12 anos. Esta tarifa se aplica a eletricidade produzida pelo vento, pela biomassa e pelo biogás.

Adicionalmente, investimentos em fontes de energias renováveis são apoiados por subsídios estatais.

Também existem mecanismos de apoio para projetos de aquecimento e de transportes. A conexão da eletricidade a rede segue o princípio da não discriminação, e não dispõe de prioridade. O Quadro 7 apresenta as principais leis que regulam a geração de fonte renovável na Finlândia:

Quadro 7 – Dispositivos legais na Finlândia

Dispositivo	Características
Act No. 1396/2010 (<i>Laki uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta</i>)	Lei sobre Subsídios para Produtores de Eletricidade a partir de fontes de energia renováveis.
Regulation No. 1397/2010 (<i>Valtioneuvoston asetus uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta</i>)	Regulamento sobre Subsídios para Produtores de Eletricidade a partir de fontes de energia renováveis.
Regulation No. 1063/2012 (<i>Valtioneuvoston asetus energia tuen myöntämisen yleisistä ehdoista</i>)	Regulamento sobre alocação dos subsídios
Act No. 688/2001 (<i>Valtionavustuslak</i>)	Ato sobre alocação dos Subsídios

Fonte : Elaborado a partir de RES-LEGAL(2015)

Além dos métodos acima citados, existem inúmeras políticas estatais para promover o desenvolvimento, a instalação e o uso de fontes de energias renováveis, embora a Finlândia já tenha atingido os objetivos da Diretiva 2009/28 da Comunidade Europeia

4 LEVANTAMENTO DOS MECANISMOS REGULATÓRIOS DOS PRINCIPAIS CENTROS PRODUTORES

As informações a seguir foram traduzidas e compiladas pelo autor, a partir das informações disponíveis no Banco de Dados Legal da Comunidade Europeia sobre fontes de energias renováveis (RES-LEGAL, 2015), bem como do Relatório *RES Integration – Final Report: Integration of electricity from renewables to the electricity grid and to the electricity market* (RES INTEGRATION, 2012). Esta base de conhecimento, oficialmente mantida pela Comunidade Europeia, classifica e normaliza os mecanismos regulatórios dos países europeus, orientando para a consecução das metas climáticas definidas pela União Europeia, bem como direciona os demais objetivos específicos do programa de fontes de energias renováveis.

4.1 Classificação dos mecanismos regulatórios na Comunidade Europeia

De acordo com o RES-Legal, os mecanismos regulatórios podem ser classificados em duas categorias básicas: mecanismos de incentivo (*support schemes*) e políticas (*policies*). Os mecanismos de incentivo são instrumentos que direcionam o mercado pela atração da rentabilidade financeira, criando condições favoráveis para a adoção voluntária pelo mercado de determinada tecnologia. As políticas, por outro lado, forçam a adoção desta tecnologia através de mecanismos de coerção legal, criando obrigatoriedades e compromissos definidos em lei, de forma compulsória. O Quadro 8 apresenta os mecanismos de incentivo à produção de energia de fontes renováveis aplicados nos países da União Europeia (RES-Legal, 2015):

Quadro 8 – Classificação dos mecanismos de incentivo

Denominação	Características
Subsídios	Os subsídios são instrumentos que mantêm artificialmente os preços da energia para os consumidores abaixo dos níveis do mercado, ou para os produtores acima dos níveis do mercado, ou ainda destinados reduzir os custos para os consumidores e produtores.
Empréstimos e Financiamentos	Os empréstimos e financiamentos são mecanismos amplamente utilizados para vencer a barreira de entrada dos pequenos consumidores no mercado de produção de energia, através da concessão de créditos de longo prazo e juros reduzidos para a aquisição de sistemas de produção de energia de fontes renováveis.

Denominação	Características (continuação)
Tarifa de Alimentação (<i>Feed-in tariff</i>)	As tarifas de alimentação (<i>Feed-In Tariffs</i>) são um mecanismo muito utilizado na Europa e outros países, que prevê a garantia de compra da energia produzida por fontes renováveis por um preço fixo e prazo pré-determinado (geralmente de 10 a 25 anos), em valores acima do custo de mercado da energia elétrica, de forma que viabilize os investimentos em infraestrutura necessários. Os recursos para pagamento podem provir de fontes estatais (subsídios) ou serem rateados entre os consumidores.
Tarifa-prêmio (<i>Premium Tariff</i>)	As tarifas-prêmio são um tipo especial de contrato de compra assegurada, onde o valor pago pela energia produzida é variável, sendo calculado por um valor bônus acima do custo de mercado da energia elétrica produzida por fontes convencionais.
Leilões	Segundo a Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA, 2013), os leilões de energia renováveis também são conhecidos como “leilões de demanda” ou “leilões de aquisição”, pelo qual o governo instaura uma concorrência pública para adquirir certa capacidade de produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis. Os empreendedores que participarem do leilão devem apresentar uma proposta com um preço por unidade de energia que sejam capazes de viabilizar o projeto e remunerar seu investimento. O governo avalia as ofertas em função do preço e de outros critérios e assina um acordo de longo prazo de compra de energia com o licitante vencedor.
Sistema de Cotas	Os sistemas de cotas são instrumentos legais que visam assegurar que uma parcela da energia provenha de fontes renováveis. Na Europa, a Diretiva 2009/28 da Comunidade Europeia determina que 20% da energia consumida nos países membros devem prover de fontes renováveis até 2020.
<i>Net-Metering</i>	O <i>Net-Metering</i> é um modelo de remuneração que permite que a energia elétrica gerada por um consumidor possa ser injetada nos sistemas de distribuição, e seus créditos utilizados para compensar a energia elétrica fornecida pela concessionária nos períodos de baixa produção. A principal dificuldade para sua adoção é a possibilidade de redução dos impostos incidentes sobre o consumo de energia elétrica, que a primeira vista poderia ser considerada uma perda de receita pelos estados.
Incentivos Fiscais	Os incentivos fiscais são mecanismos amplamente utilizados pelas cidades, estados e países para permitirem a compensação dos investimentos realizados em energia de fontes renováveis na redução dos valores de tributos devidos pelas empresas e consumidores que invistam em fontes de energia renovável.

Fonte : Elaborado a partir de RES-LEGAL(2015)

Segundo Fatih Birol ⁶, os subsídios globais para os combustíveis fósseis em 2011 foram da ordem de US\$ 500 bilhões, e os subsídios para energias renováveis atingiram US\$ 88 bilhões. Ainda segundo este autor, não se atingirão os objetivos climáticos do Protocolo de Kyoto sem a redução dos subsídios para os combustíveis fósseis e seu direcionamento para as energias renováveis (BIROL, 2006).

⁶ Economista chefe do IEA (*International Energy Agency*).

Na União Europeia, além dos mecanismos de incentivo financeiro, diversas políticas públicas são implementadas, de forma mandatória, com o objetivo de diversificar e elevar a participação das energias renováveis na composição da matriz energética, apresentadas no Quadro 9 a seguir, entre as quais se destacam:

Quadro 9 – Classificação das políticas públicas

Denominação	Características
Treinamento	Um amplo programa de treinamento é exigido dos instaladores e fornecedores, que objetiva gerar recursos de mão de obra qualificada para as fases de projeto, instalação e manutenção dos sistemas de geração de energia de fontes renováveis, quer sejam eólica, solar ou de outras fontes.
Certificação	Até o momento, existem poucos programas de certificação direcionados para a qualificação de fornecedores e instaladores de fontes de energias renováveis. A maioria dos países ainda adota o critério de exigir das empresas, em seus quadros, profissionais habilitados em engenharia elétrica para a execução destes projetos. No entanto, alguns organismos, tais como a IREC (Conselho Interestadual de Energias Renováveis) e a NABCEP (<i>North American Board of Certified Energy Practitioners</i>) nos Estados Unidos, já dedicam esforços para a criação de um sistema de acreditação, certificação e treinamento de instaladores, pelo menos em nível nacional.
Papel Exemplar	A Comunidade Europeia, através da Diretiva 2008/29, delega aos seus Estados-Membros a responsabilidade de assegurar que os edifícios públicos novos e os edifícios públicos existentes sujeitos a reformas, em nível nacional e regional, desempenhem um papel exemplar a partir de 1º de janeiro de 2012, adotando metas para a utilização de energia de fontes renováveis.
Pesquisa e Desenvolvimento	Os estados-membros (da CE) devem assegurar a criação de mecanismos de compensações fiscais e criação de fundos de pesquisa para incentivar o desenvolvimento de conhecimento técnico e científico na área de energias renováveis, inclusive com a fixação de metas de investimento em pesquisa pelas concessionárias de serviços de energia.
Desempenho Energético das Edificações	A Diretiva 2010/31/EU determina que os novos edifícios devam dispor de sistemas energéticos e elevada eficiência e cumprir as normas mínimas definidas pela Comissão Europeia. Além disso, dispõe que os edifícios ocupados por autoridades públicas devam alcançar a condição de edifício com necessidade quase nula de energia até 31/12/2018, e os demais edifícios dois anos mais tarde. Os edifícios deverão ser certificados, e seus ocupantes informados nos meios de comunicação sobre a eficiência energética, sempre que forem comercializados, vendidos ou alugados.

Fonte : Elaborado a partir de RES-LEGAL(2015)

O sucesso das políticas e dos mecanismos de incentivo ao uso de energia renovável decorre quase sempre da aplicação consistente destes diversos mecanismos adotados. Embora os países líderes em geração solar distribuída tenham adotado mecanismos e políticas diversas, resultados expressivos foram obtidos, e seus mecanismos estão representados na figura 13 a seguir.

Descrição		Alemanha	Japão	Itália	EUA	Espanha	Portugal	Finlândia
I N C E N T I V O S	Subsídios	✓	✓			✗		✓
	Empréstimos e Financiamentos	✓	✓					
	FIT (Feed-In Tariff)	✓	✓			✓	✓	
	Tarifa Prêmio	✓		✓				✓
	Leilões			✓				
	Sistemas de Cotas	✓		✓		✓	✓	✓
	Net Metering							
	Incentivos Fiscais			✓	✓	✓	✓	
P O L I T I C A S	Treinamento	✓		✓	✓	✓	✓	
	Certificação	✓		✓		✓	✓	
	Papel Exemplar do Estado	✓	✓	✓			✓	✓
	Pesquisa & Desenvolvimento	✓	✓		✓	✓	✓	✓
	Obrigações de Construção	✓	✓	✓		✓	✓	✓

Figura 13 – Comparativo dos mecanismos de incentivo e políticas públicas

Fonte : Elaborada pelo Autor.

A ANEEL(2012), através da Resolução Normativa 482/2012, definiu o *Net Metering* como principal mecanismo de incentivo para a energia de fontes renováveis, entre as quais se inclui a energia solar fotovoltaica. Como se pode observar no quadro acima, este mecanismo não foi adotado por nenhum dos países avaliados.

Como a geração de energia solar é um investimento de médio e longo prazo, os incentivos financeiros (subsídios, empréstimos e incentivos fiscais) são determinantes para o sucesso destes programas, e sua ausência no Brasil pode ser pelo menos parcialmente atribuída a este fato.

4.2 Mecanismos regulatórios na Alemanha

Segundo Ingrid Bozsoki ⁷, na Alemanha, o principal mecanismo de incentivo para a eletricidade de fontes renováveis é a tarifa-prêmio - *REFIT*. Os critérios de elegibilidade e os níveis tarifários são estabelecidos na Lei de Energias Renováveis (EEG 2014).

⁷ Especialista em energias renováveis e eficiência energética na eClareon e consultora do RES-Legal.

Além das tarifas, empréstimos a juros baixos para investimentos em novas usinas do Banco de Desenvolvimento da Alemanha (*KfW - Kreditanstalt für Wiederaufbau*) também estão disponíveis (RES-LEGAL, 2015), e resumidas no Quadro 10:

Quadro 10 – Resumo dos mecanismos de incentivo na Alemanha

Denominação	Características
KfW Programa de Energias Renováveis (Padrão)	Oferece empréstimos com prazo de 10 anos, com juros fixos a taxas abaixo do mercado, para projetos de investimentos de geração de eletricidade de fontes renováveis.
KfW Programa de Energia Eólica Offshore	Oferece empréstimos e pacotes de financiamento para apoiar empreendimentos em fazendas eólicas na zona do Mar Báltico e no Mar do Norte.
KfW Programa de Exploração Geotérmica (Risco)	Cobre os custos de investimentos relacionados às atividades de perfuração de risco para exploração geotérmica, incluindo projetos e estudos de viabilidade.
KfW Iniciativa de Financiamento da Transição Energética	Oferece empréstimos a juros baixos para investimentos em unidades produtoras de energia elétrica em conformidade com o EEG.
KfW Programa de Energias Renováveis (Premium)	Oferece empréstimos diferenciados e resgate de subsídios para projetos de geração geotérmica em grandes profundidades.
Tarifa Prêmio	Unidades produtoras com capacidade instalada acima de 500 kW são incentivadas com uma tarifa prêmio para a eletricidade excedente vendida para a rede, cujo valor é calculado mensalmente.
Tarifa de Alimentação (FIT)	Unidades produtoras com capacidade instalada até 500 kW são remuneradas por uma tarifa fixa válida por 20 anos, definida por lei.
Sobretaxa de Flexibilidade	Unidades produtoras de biogás que iniciaram atividades após 01.08.2014 podem requerer o pagamento de incentivo adicional por fornecerem capacidade de uso sobre demanda.
Sobretaxa de Flexibilidade Premium	Unidades produtoras de biogás que iniciaram atividades antes de 01.08.2014 podem requerer o pagamento de incentivo diferenciado por fornecerem capacidade de uso sobre demanda.

Fonte : Elaborado a partir de RES-LEGAL (2015)

Em relação as políticas públicas, as medidas se concentram no papel exemplar das autoridades públicas, quer seja a nível municipal, estadual ou federal; na existência de um sólido programa de pesquisa e desenvolvimento acadêmico; bem como no fortalecimento da atividade industrial (RES-LEGAL, 2015), distribuídas conforme o Quadro 11.

Quadro 11 – Resumo das políticas públicas na Alemanha

Denominação	Características
Programas de Treinamento para Instaladores	Instaladores são treinados para realizar projetos de energias renováveis, no âmbito da formação e capacitação de mão de obra.
Programas de Certificação para Fontes de Energia Renovável	As unidades produtoras de energia de fontes renovável precisam satisfazer critérios técnicos de certificação para cada tecnologia, como pré-requisito para conexão à rede.
Papel Exemplar das Autoridades Públicas	As autoridades públicas devem assumir um papel exemplar na promoção do uso de energias de fontes renováveis, promovendo a adoção da tecnologia em suas instalações.
Políticas de P&D	Para o período 2011-2014, o 6º Programa de Pesquisa em Energia destinou € 3.5 bilhões para projetos e institutos de pesquisa, visando alavancar a participação e a competitividade das energias renováveis.
Aquecimento – Obrigações de Construção	Proprietários de novos edifícios e edifícios sob reforma são obrigados a utilizar, sob a forma de cota, energias renováveis para o aquecimento e condicionamento de ar (§3 EEG). Atualmente, edifícios federais estão isentos desta obrigação.
Apoio a Infraestrutura de Aquecimento	De acordo com a Lei de Cogeração (<i>KWKG-Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz</i>), o desenvolvimento e a construção de redes de aquecimento é apoiado sob a forma de pagamento de compensação. O Banco de Desenvolvimento da Alemanha (KfW) oferece verbas para os distritos que implementarem redes de aquecimento a partir de energias renováveis.

Fonte : Elaborado a partir de RES-LEGAL (2015)

Como se pode constatar nos quadros anteriores, a Alemanha dispõe de um sólido e estável conjunto de medidas de incentivo e políticas públicas, alinhadas com as Diretivas da Comunidade Europeia sobre Energias Renováveis.

4.3 Mecanismos regulatórios no Japão

No Japão, o fornecimento de energia elétrica é regulado pelo METI (Ministério da Indústria e Comércio), através da Agência para os Recursos Naturais e Energia. Os fundamentos da política de longo prazo são definidos pela Lei Básica de Política Energética de junho de 2002, que visa assegurar o fornecimento de energia, a adaptabilidade ao meio ambiente e o uso de mecanismo reguladores de mercado.

O Plano Básico de Energia revisto a cada três anos, apresenta-se fundamentado nas medidas constantes no Quadro 12:

Quadro 12 – Resumo dos mecanismos de incentivo no Japão

Denominação	Características
Programas de Financiamento	O custo de capital para financiamento de projetos de longo prazo no Japão é extremamente baixo, o que facilita a realização de projetos com retorno sobre investimento a médio e longo prazo.

Fonte : Elaborado a partir de METI (2015)

Como se pode observar, o principal mecanismo de incentivo utiliza a grande quantidade de reservas financeiras (poupança interna) do Japão para oferecer empréstimos com juros subsidiados a longo prazo aos projetos de infraestrutura.

Em 2003, o Portfólio Padrão de Renováveis (*RPS- Renewable Portfolio Standard*) objetivou aumentar a participação de FER na matriz energética do Japão, principalmente hidroelétrica e geotérmica. Além disso, estabeleceu metas de implantação de 4,82 GW de energia fotovoltaica até 2010, que foram posteriormente estendidas pela visão do Primeiro Ministro Fukuda em 2008, através das políticas públicas relacionadas no Quadro 13.

Quadro 13 – Resumo das políticas públicas no Japão

Denominação	Características
Programas de Treinamento para Instaladores	Instaladores são treinados para realizar projetos de energias renováveis, no âmbito da formação e capacitação de mão de obra.
Eficiência Energética	O Japão, desde a promulgação da Lei de Conservação de Energia em 1979, dispõe de vários programas de incentivo a conservação de energia, obtendo resultados expressivos na redução do balanço energético das edificações.

Fonte : Elaborado a partir de METI (2015)

O programa de formação de mão obra é fundamental para que se atinja o ambicioso plano que pretende elevar a capacidade de geração fotovoltaica dos atuais 4.7 GW para 14 GW em 2020, e 53 GW para 2030. Esta mesma visão planeja instalar painéis fotovoltaicos em 70% das novas residências até 2020.

A aparente contradição no Japão é que, apesar de dispor de um parque tecnológico e produtivo voltado a energia solar, dispor de mão de obra qualificada, programas de pesquisa e desenvolvimento de alto nível, não possui um arcabouço legal com o mesmo grau de complexidade dos países da Comunidade Europeia.

4.4 Mecanismos regulatórios na Itália

Segundo Edoardo Binda Zane (RES LEGAL, 2014), na Itália estão disponíveis os seguintes mecanismos:

- Tarifa Prêmio I (*tarifa on nicomprensiva* – Tarifa-prêmio solar)
- FIT II (*Ritiro dedicato* – tarifa de alimentação solar)
- Net-Metering (*scambio sul posto* – medição)
- Tarifa Prêmio I (para outras fontes renováveis)
- Tarifa Prêmio II (*Per Il solare termodinamico* - específica)
- Redução Tributária I e II (Redução no IVA e no Imposto de Renda)
- Leilões de Energia (RES LEGAL, 2014)

O mecanismo de incentivo para fontes renováveis na Itália pode variar em função da fonte, do porte e da tecnologia, conforme o Quadro 14:

Quadro 14 – Resumo dos mecanismos de incentivo na Itália

Denominação	Características
Controle de Preços	As fontes de energias renováveis em geral e a fotovoltaica em particular são incentivadas através de vários mecanismos de remuneração, entre as quais a tarifa de alimentação (FIT), a tarifa-prêmio e o <i>Net-Metering</i> . A fotovoltaica dispõe de valores garantidos, enquanto outras fontes sujeitam-se a um sistema de leilão, sob o controle do Gestor de Serviços de Eletricidade (<i>Gestore dei Servizi Energetici - GSE</i>).
Mecanismos de Redução de Impostos	As unidades produtoras fotovoltaicas e eólicas são elegíveis para a redução do Imposto de Valor Agregado (IVA) de 20 para 10%. Este benefício se aplica para empresas ou indivíduos.
Outros Mecanismos de Regionais	Além dos mecanismos de incentivos nacionais, existem iniciativas regionais, como o <i>"tetti fotovoltaici" programme</i> (programa de telhados fotovoltaicos), entre outras.

Fonte : Elaborado a partir de RES-LEGAL (2014)

Em relação as políticas públicas, as medidas também se concentram no papel exemplar das autoridades públicas, em conformidade com as Diretrizes da Comunidade Europeia, como se apresentam no Quadro 15:

Quadro 15 – Resumo das políticas públicas na Itália

Denominação	Características
Programas de Treinamento para Instaladores	Os programas de treinamento dos instaladores são administrados a nível nacional, mas controlados regionalmente. Após cada instalação, as empresas são obrigadas por lei a emitir um certificado de conformidade técnica com a DM 37/08.
Programas de Certificação para Fontes de Energia Renovável	As unidades produtoras de energia de fontes renovável precisam satisfazer critérios técnicos de certificação para cada tecnologia, como pré-requisito para conexão à rede.
Papel Exemplar das Autoridades Públicas	Todos os novos edifícios e os existentes sob grandes adaptações são obrigados a adotar fontes de energia renovável para eletricidade e aquecimento. As obrigações dos edifícios públicos são elevadas em 10%.
Aquecimento	O consumo de gás para aquecimento é taxado para compor o <i>Cassa conguaglio</i> (fundo de equalização) que incentiva projetos de aquecimento a partir de energias renováveis. O Fundo Kyoto oferece empréstimos a juros subsidiados para projetos distritais de aquecimento de água que satisfaçam certas condições.

Fonte : Elaborado a partir de RES-LEGAL(2014)

Ainda segundo Edoardo Binda Zane (2014), a Itália, assim como a Alemanha, ocupa proeminente papel industrial na Europa, com destaque na produção de painéis, inversores e controladores de carga solar, o que lhe confere grande vantagem competitiva.

4.5 Mecanismos regulatórios nos Estados Unidos

Segundo E. Donald Elliot ⁸ (2013), existem razões para os Estados Unidos não possuírem uma Lei Federal, uma política pública ou mesmo um plano de ação coordenado para incentivo as fontes de energia renováveis. Um dos principais motivos é a autoridade fragmentada da federação. Nos Estados Unidos da América, cada um dos 50 estados e territórios independentes é autônomo para legislar sobre as regras de produção e fornecimento de energia, bem como para selecionar o seu portfólio de fontes de energias renováveis.

⁸ Professor de Direito (Adjunto) da Universidade de Yale, especialista em Energia.

Além disso, a divisão política entre Executivo, Câmara e Senado, com as diferentes visões e posicionamentos dos dois principais partidos (Republicano e Democrata), impedem a adoção de uma agenda comum para as energias renováveis. Sob o prisma do Executivo, o Presidente George W. Bush, em 2003, no discurso “*Statement of the Union*”, declarou seu apoio ao desenvolvimento dos veículos movidos a célula de hidrogênio.

Em 2008, em seu discurso, o Presidente Barack Obama anunciou seu projeto de desenvolvimento dos veículos elétricos, e posteriormente reduziu em 80% as verbas para as pesquisas da célula de hidrogênio. Esta instabilidade de diretrizes afasta os investidores e dificulta o desenvolvimento de projetos de médio e longo prazo (ELLIOT, 2013).

Desta forma, os Estados Unidos, embora seja o quinto maior produtor de energia solar fotovoltaica com 18,3 GW de capacidade instalada, não possui uma legislação federal ou uma política pública nacional que verse sobre as fontes de energias renováveis, delegando esta tarefa a cada um de seus estados.

4.6 Mecanismos regulatórios na Espanha

Segundo Edoardo Binda Zane (RES-LEGAL,2015), na Espanha, o principal mecanismo de incentivo (denominado “*Régimen Especial*”) operou até o final de 2011 (Quadro 16) e foi suspenso no início de 2012. Existem créditos de impostos para energia térmica solar e para biocombustíveis na área de transportes. Políticas para treinamento e certificação de instaladores solares estão em vigor. Edifícios devem possuir uma contribuição solar mínima para água de aquecimento, e existem programas de apoio à pesquisa e desenvolvimento científico.

Quadro 16 – Resumo dos mecanismos de incentivo na Espanha

Denominação	Características
Regime Especial	Não pode ser tecnicamente definido como um mecanismo de incentivo, e sim como uma retribuição complementar que permite as tecnologias renováveis competirem em igualdade com as tecnologias tradicionais no mercado de energia, redefinida pelo Real Decreto 413/2014.

Fonte : Elaborado a partir de RES-LEGAL(2015)

Até o momento, nenhum programa de incentivo para energias renováveis encontra-se em vigor, embora os incentivos fiscais para os investimentos estejam vigentes. De acordo com este critério (ainda suspenso), o valor da remuneração seria baseado em parâmetros, e calculado para um determinado padrão de instalação.

O racional deste modelo é baseado em uma “rentabilidade razoável”, que permitiria às unidades geradoras bem administradas gerenciarem seus custos e resultados a partir de um modelo de simulação previamente conhecido. A explosão de investimentos e o crescimento dos custos devidos aos subsídios anteriores levaram o Governo Real da Espanha a suspender este mecanismo, o que causou a completa paralisação dos projetos de energia solar neste país.

Os parâmetros vigentes de cálculo da remuneração estão descritos no Artigo 13 do Real Decreto estão listados no Art. 13 RD 413/2014. Os detalhes para cada parâmetro deveriam ser especificados por um Ato Adicional, ainda não promulgado.

No entanto, o Artigo 16 fornece a fórmula de cálculo do Retorno sobre o investimento (em €/MW), e o Artigo 18 a fórmula do Retorno Operacional, a partir de metas de redução de custos. Em relação às políticas públicas, o Quadro 17 identifica os programas existentes na Espanha.

Quadro 17 – Resumo das políticas públicas na Espanha

Denominação	Características
Programas de Treinamento para Instaladores	O Sistema Nacional de Qualificação e Formação Profissional (SNFQP – Lei 5/2002, de 19 de junho) fornece o arcabouço do programa de treinamento e qualificação de mão de obra especializada.
Programas de Certificação para Fontes de Energia Renovável	Os painéis térmicos solares devem ser certificados e satisfazer os padrões das normas internacionais, de acordo com a Ordem 28/07/1980.
Políticas de P&D	O Plano Nacional de Pesquisa Científica, Desenvolvimento e Inovação Tecnológica 2013-2016, é o instrumento que estabelece metas e prioridades para a política de pesquisa nacional de médio prazo. O plano cobre diferentes áreas e tópicos, relativos à ação estratégica focada em “Energia e Mudanças Climáticas”.
Aquecimento – Obrigações de Construção	O Código Técnico de Edificações obriga os edifícios novos ou existentes sujeitos a grandes reformas que utilizem o aquecimento térmico solar para satisfazer esta demanda de energia para aquecimento de água e/ou ambiente.

Denominação	Características (Continuação)
Tecnologias	Todas as políticas se aplicam a energia térmica solar. O programa de treinamento se aplica também para energia FV e energia eólica. O Plano Nacional de P&D não especifica tecnologia, mas somente tipos de projetos.

Fonte : Elaborado a partir de RES-LEGAL (2015)

No entanto, até o final do primeiro semestre de 2016, com a suspensão dos incentivos financeiros pelo Governo da Espanha, existe indefinição quando ao futuro dos projetos de geração de energia solar, em contraste com a explosão de investimentos ocorrida em um passado recente.

4.7 Mecanismos regulatórios em Portugal

Segundo Natascha Trennepohl, (RES-LEGAL,2015), Portugal se encontra em um período de transição em relação a política de remuneração dos projetos de energias renováveis: enquanto os projetos existentes são remunerados pela FIT, os novos projetos seguem um modelo de pregão, que se apresenta nos Quadros 18 e 19, a seguir.

Quadro 18 – Resumo dos mecanismos de incentivo em Portugal

Denominação	Características
Tarifa de Alimentação (FIT)	Composta por dois elementos, uma taxa de pagamentos garantidos e uma tarifa de valor variável, calculado anualmente. Para pequenos produtores, o novo modelo de pregão, válido a partir de 2015, opera com descontos em relação a uma tarifa de referência.

Fonte : Elaborado a partir de RES-LEGAL(2015)

Ao contrário da Espanha, a segurança jurídica dos mecanismos de remuneração de longo prazo encontra-se amplamente respaldada. As políticas públicas (apresentadas no Quadro 19 a seguir), bem como o compromisso demonstrado pelo Estado com o atingimento das metas de participação das energias renováveis adotadas pela Comunidade Europeia, aliada a uma efetiva participação do Estado nos investimentos criou um ambiente propício para o desenvolvimento da cadeia produtiva solar em Portugal.

Quadro 19 – Resumo das políticas públicas em Portugal

Denominação	Características
Programas de Treinamento para Instaladores	A Portaria 944/2005 criou o curso técnico em Energias Renováveis, direcionado à formação profissional dos instaladores capacitados em energia fotovoltaica, energia eólica, térmica e biomassa.
Programas de Certificação para Fontes de Energia Renovável	A ADENE (Agência para a Energia) é o órgão responsável pela condução do Sistema Nacional de Certificação Energética (SCE), bem como pela adesão ao sistema de etiquetagem da União Europeia denominado Label Pack-a-Plus.
Políticas de P&D	O Fundo de Apoio a Inovação (FAI), criado pelo Despacho 32276-A/2008 de 17 de dezembro, é o instrumento que destina recursos para política de pesquisa científica nacional.
Papel Exemplar das Autoridades Públicas	Os novos edifícios públicos deverão estar certificados como “ <i>nZEB - near zero-energy buildings</i> ”, ou seja, edifícios de balanço energético quase zero, até a data limite de 31/12/2018, e sua demanda energética provida por fontes renováveis.
Aquecimento – Obrigações de Construção	Existe a obrigação de utilizar coletores solares térmicos para aquecimento de água em edifícios novos e edifícios e edifícios sujeitos a grandes intervenções. Outras fontes de energias renováveis podem ser utilizadas como alternativa aos coletores solares térmicos, bem como para outros fins, se eles são mais eficientes ou convenientes.

Fonte : Elaborado a partir de RES-LEGAL(2015)

As políticas públicas acima asseguram que, embora afetado pela crise econômica que atingiu muitos países da Europa e reduziu os investimentos do Estado, Portugal ainda desenvolva sua cadeia produtiva solar térmica e fotovoltaica, composta por fabricantes de coletores e painéis, instaladores capacitados e uma rede de pesquisa científica direcionada por projetos estratégicos, alinhados com as diretrizes da Comunidade Europeia (Res LEGAL,2015).

4.8 Mecanismos regulatórios na Finlândia

Segundo Roger Pilvik ⁹, (RES-LEGAL, 2015), o principal mecanismo de incentivo das energias de fontes renováveis é a tarifa-prêmio, como se observa no Quadro 20:

Quadro 20 – Resumo dos mecanismos de incentivo na Finlândia

Denominação	Características
Subsídios	O estado da Finlândia oferece subsídios para projetos de investimento e pesquisa na área de sustentabilidade e geração de energia de fontes renováveis.
Tarifa-Prêmio	Os produtores de energia eólica, biomassa e biogás vendem sua energia ao mercado e recebem um bônus variável, equivalente a diferença entre o valor assegurado e o preço de mercado.

Fonte : Elaborado a partir de RES-LEGAL (2015)

Esta tarifa se aplica a eletricidade produzida pelo vento, biomassa e biogás. Projetos de aquecimento também contam com amplo apoio financeiro, principalmente para biogás e lenha, cujas políticas públicas, são apresentadas no Quadro 21:

Quadro 21 – Resumo das políticas públicas na Finlândia

Denominação	Características
Programas de Treinamento para Instaladores	O programa de certificação de instaladores iniciou em 2013, e é coordenado pela Agência Reguladora <i>Motiva Oy</i> .
Políticas de P&D	Amplamente suportada pelo Estado através de fundos de pesquisa e subsídios.
Eficiência Energética – Obrigações de Construção	A partir do final de 2014, todos os edifícios devem adotar medidas de eficiência energética, e sua demanda energética ser provida por fontes renováveis.
Aquecimento – Infraestrutura	Suportada por subsídios.

Fonte : Elaborado a partir de RES LEGAL(2015)

A energia solar na Finlândia, inicialmente voltada ao aquecimento de água e para a geração elétrica fotovoltaica, através do Projeto Finsolar, pretende utilizar a cadeia produtiva da energia solar para gerar mais empregos, exportações e autossuficiência (FINLAND,2014).

⁹ Consultor da eClareon, participa do projeto *Keep-On-Track!*, que monitora o atingimento das metas em relação a participação das energias renováveis na matriz energética dos Estados Membros da Comunidade Europeia até 2020.

5 O MARCO REGULATÓRIO NO BRASIL

Segundo Mauricio Tolmasquim ¹⁰ (TOLMASQUIM,2000), entre 1990 e 2000 o consumo de energia elétrica no Brasil cresce/u 49% enquanto a capacidade instalada foi expandida em apenas 35%. Se o Brasil tivesse um sistema termoeletrico, este descompasso entre o crescimento da demanda e o crescimento da oferta teria sido evidenciado rapidamente. Como a geração no Brasil era essencialmente hidrelétrica, a solução adotada foi utilizar a água armazenada das reservas plurianuais para gerar energia adicional, baixando o nível dos reservatórios para 18% de sua capacidade no final do ano 2000, causando a maior crise energética do sistema elétrico, denominada de “apagão” pela imprensa brasileira.

O ponto alto da crise energética no Brasil ocorreu entre 1 de julho de 2001 e 19 de fevereiro de 2002, com frequentes interrupções do fornecimento de energia elétrica por longos períodos em vários estados, em consequência da falta de planejamento e investimentos (tanto públicos quanto privados) na geração e transmissão de energia elétrica. A crise só não foi mais grave devido ao sucesso do programa de racionamento, que fixou o limite de consumo mensal de energia em 320 kWh por residência, e reajustou tarifa residencial em 16%. Pelas regras do racionamento, se o limite de consumo fosse ultrapassado, o consumidor deveria pagar 50% a mais sobre o excesso.

Como a recomposição das reservas hídricas dependia essencialmente do regime de chuvas, a solução emergencial adotada pelo governo federal foi criar o PROINFA (Programa de incentivo às fontes alternativas de energia elétrica), incentivando a geração de energia a partir de fontes renováveis por produtores independentes autônomos, uma vez que projetos de geração hidrelétrica possuem ciclos de planejamento e maturação de longo prazo, e não poderiam suprir a demanda emergencial. O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA) foi criado através da **Lei nº 10.438/02**, de 26 de abril de 2002. Ela dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica **emergencial**, e cria o programa de incentivo ao uso da Biomassa, das pequenas centrais hidrelétricas e da energia eólica. Posteriormente, foi alterado pela **Lei 10.762/03**, que disponibiliza recursos do BNDES para financiamento do subsídio devido a não majoração das tarifas e cria os

¹⁰ Presidente da EPE (Empresa de Pesquisa Energética), entidade subordinada ao Ministério das Minas e Energia e ex-ministro interino de Minas e Energia.

mecanismos de compensação do valor da tecnologia específica da fonte (VETEF); pela Lei 11.075/04, e altera os prazos limites para início de operação dos projetos para 2008; e pela **Lei nº 12.212/10**, que cria a tarifa social de energia elétrica e isenta os consumidores de baixa renda da participação no custeio dos projetos de energias alternativas.

Em 30/04/2004, o **Decreto nº 5.025/04** regulamentou o inciso I e os §§ 1º, 2º, 3º, 4º e 5º do Art. 3º da Lei no 10.438, estabelecendo os procedimentos para conexão dos Produtores Independentes Autônomos ao Sistema Interligado Nacional (SIN). Além disso, destina à Eletrobrás os créditos de carbono dos projetos realizados com apoio do PROINFA. O **Decreto nº 5.882/06**, por sua vez, regulamenta os critérios de comercialização dos créditos de carbono e direciona os recursos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) ou outros mercados de carbono serão destinados à redução dos custos do PROINFA, visando a modicidade tarifária.

Através da **Portaria 45/04** do Ministério das Minas e Energia (MME), a Eletrobrás convocou Chamada Pública para a compra de energia de fontes renováveis do PROINFA para empreendimentos com início de operação no ano de 2006. Coube a Agência Nacional de Energia Elétrica regulamentar o acesso das centrais geradoras, através da **Resolução nº 56/04** (procedimentos para acesso das centrais geradoras, **Resolução nº 57/04** (estabelecimento da Tarifa Média); **Resolução nº 62/04** (cálculo da energia de referência), **Resolução nº 65/04** (estabelece a energia assegurada), **Resolução nº 127/04** (procedimentos de rateio dos custos), **Resolução nº 287/04** (homologa os montantes de energia de referência), **Resolução nº 250/05** (estabelece as quotas de custeio e as de energia elétrica , para o ano de 2006).

A **Portaria 452/06** do MME estendeu os prazos de entrada em operação desta etapa para 2007 e 2008, permitindo a Eletrobrás renegociar questões contratuais que ainda não estavam bem definidas, ou seja, estabelecer garantias para que o empreendedor cumpra o prazo, sob risco de rescisão contratual e pagamento de multa. A Portaria acrescenta ainda que a Eletrobrás deverá contratar, na forma da lei, a energia produzida de empreendimentos com entrada em operação comercial de 1º de janeiro de 2006 até 30 dezembro de 2008.

Em 25/05/2007, o Ministério de Minas e Energia publicou a **Portaria 86/07**, que estabelece critérios e instruções para o cálculo de nacionalização de equipamentos e serviços, fixando-o em 60% em valor dos equipamentos e serviços. Em 17/04/2012, com as contribuições recebidas na Consulta Pública nº 15/2010 e na

Audiência Pública nº 42/2011, a ANEEL publicou a **Resolução Normativa nº 482/12**, que estabeleceu as condições gerais para o acesso da micro geração e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e cria o sistema de compensação de energia elétrica. Acatando as alterações propostas na Audiência Pública 100/212, a ANEEL publicou a **Resolução Normativa nº 517**, em 11/12/2012, que regulamenta o sistema de compensação de energia e altera o Módulo 3 do PROINFA.

Desta forma, a **Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012** (e suas alterações posteriores) define o **Sistema de Compensação** como um arranjo no qual a energia injetada por uma unidade consumidora com micro geração ou mini geração distribuída é cedida à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica dessa mesma unidade ou outra unidade de mesma titularidade, sistema também conhecido como “*net metering*”. A produção de energia local passa a poder ser feita com pequenos geradores, tais como painéis solares, turbinas eólicas ou hidráulicas, e utilizada para abater o consumo de energia elétrica da unidade consumidora. Quando a geração for maior que o consumo, o saldo positivo de energia poderá ser utilizado em até 36 meses, ou utilizados em outra unidade, desde que na mesma área de concessão e do mesmo titular (ANEEL,2012).

Este procedimento simplifica o acesso ao Sistema Interligado Nacional, transfere para a distribuidora a responsabilidade de realizar os arranjos na rede para adequação ao sistema de geração distribuída e permite, finalmente, que a micro geração e mini geração distribuída possa se integrar a matriz energética nacional, dez anos depois da criação do PROINFA.

5.1 Resolução Normativa nº 482, 17 de abril de 2012

A Resolução Normativa nº 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL,2012), alterada pela Resolução 517, de 11 de dezembro de 2012, constitui o arcabouço legal que estabelece as condições gerais para o acesso de micro geração e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica e demais obrigações das concessionárias e dos acessantes. De acordo com o Art. 2º desta Resolução, adotam-se as seguintes definições:

Micro geração Distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utilize fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

Mini geração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW para fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

Sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com micro geração distribuída ou mini geração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade da unidade consumidora onde os créditos foram gerados, desde que possua o mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda (ANEEL,2012).

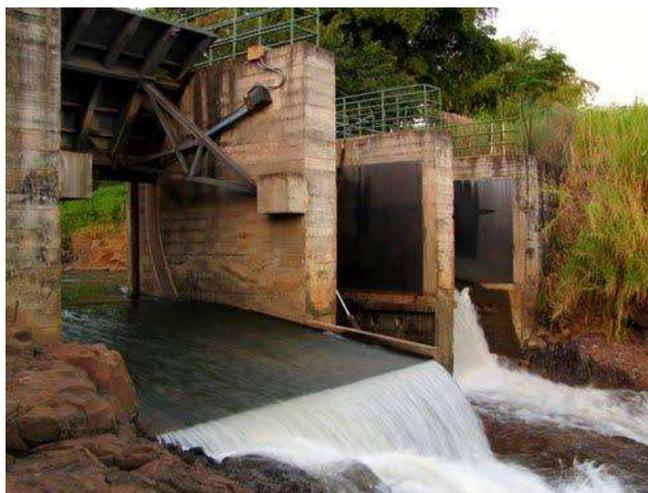


Figura 14 - Usina Monjolinho.

Fonte: André Bonacin (CPFL,2015))

Para que se possa avaliar o que representa 1 MW, a primeira usina hidrelétrica do Estado de São Paulo , a Usina Monjolinho, (figura acima) localizada no município de São Carlos-SP, de propriedade da CPFL e ainda em operação, foi inaugurada no ano de 1893, com capacidade nominal de 0,6 MW, o que a classifica como mini geração.

Esta instrução previu o prazo de 240 dias para que as concessionárias se capacitem técnica e operacionalmente, para iniciar o atendimento às solicitações de conexões dos micro e mini geradores ao Sistema Interligado Nacional- SIN.

Como se pode observar na Tabela 6, as aplicações cobrem desde instalações residenciais até grandes empresas, abrangendo um grande número de consumidores potenciais.

As conexões das unidades consumidoras poderão ser feitas em baixa ou média tensão (mono, bi ou trifásico), em função da potência instalada, segundo a Tabela 7:

Tabela 7 - Nível de tensão por potência instalada

Potência Instalada	Nível de Tensão da Conexão
Até 15 Kw	Baixa Tensão (monofásico, bifásico ou trifásico)
Acima de 15 kW até 25 kW	Baixa Tensão (bifásico ou trifásico)
Acima de 25 kW até 75 kW	Baixa Tensão (trifásico)
Acima de 75 kW até 1.000 kW	Média Tensão

Fonte : CELESC, (Manual de Procedimentos, 2012)

Ou seja, as conexões em baixa tensão, mais simples e econômicas, podem ser utilizadas até a potência de 75 kW, conferindo flexibilidade a esta solução.

5.2 Os procedimentos de conexão à rede

De acordo com as regulamentações vigentes, os procedimentos de instalação de equipamentos de geração distribuída a rede das concessionárias seguem o fluxo descrito no Quadro 22 a seguir.

Quadro 22 - Etapas para viabilização do acesso.

Etapa	Atividades e Prazos
I – Solicitação de Acesso	Acessante formaliza a concessionária a Solicitação de Acesso ao sistema como micro/mini gerador, e encaminha Projeto Técnico detalhado. Prazo do acessante para complementar informações: 60 dias.
II – Parecer Técnico	A concessionária emitirá o Parecer Técnico de Acesso em até 30 dias. Caso haja necessidades de reforços ou obras na rede de distribuição, o prazo da concessionária será de 60 dias.
III – Implantação da Conexão	Acessante encaminha Solicitação de Vistoria Concessionária efetuar vistoria em até 30 dias. Prazo para Emissão do Relatório de Vistoria: 15 dias.
IV – Aprovação do Ponto de Conexão	Acessante efetua as adequações necessárias e comunica a Concessionária. Após constatação das adequações, a Concessionária aprova operação da míni / micro geração em até 7 dias.

Fonte : Adaptado de CELESC, Manual de Procedimentos (2012)

Considerando-se os prazos apresentados no Quadro 22, são necessários no mínimo 60 dias para permitir a análise documental e aprovação do projeto técnico, até o início da compensação da energia produzida na fatura da concessionária, com impacto negativo no retorno dos investimentos pelo atraso no início de geração da receita.

5.3 O aspecto tributário da mini e micro geração

O ICMS – Impostos sobre Circulação de Mercadorias e Serviços é um tributo estadual que se aplica também sobre a comercialização de energia elétrica. Apesar de todo incentivo que se pretende oferecer à geração de energia distribuída, o Conselho Nacional de Política Fazendária – CONFAZ – aprovou o Convênio ICMS 6, de 5 de abril de 2013, onde estabelece que o ICMS apurado tem como base toda energia que chega a distribuidora a unidade consumidora, sem considerar a compensação da energia produzida pelo micro gerador.

Nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, onde a alíquota do ICMS incidente sobre a energia elétrica é de 25% para o consumidor residencial, isto significa que o micro gerador precisa produzir 1 kW para compensar 0,75 kW fornecidos pela concessionária, acrescido do valor do imposto incidente.

5.4 Os mecanismos de precificação da energia da ANEEL

Em função da preponderância de usinas hidrelétricas no parque de geração brasileiro, são utilizados modelos matemáticos para o cálculo do PLD (Preço De Liquidação de Diferenças), que têm por objetivo encontrar a solução ótima de equilíbrio entre o benefício presente do uso da água e o benefício futuro de seu armazenamento, medido em termos da economia esperada dos combustíveis das usinas termelétricas.

Segundo a ANEEL (2014), a máxima utilização da energia hidrelétrica disponível em cada período é a premissa mais econômica, pois reduz a utilização das térmicas. No entanto, essa premissa resulta em maiores riscos de déficits futuros. Por sua vez, a máxima confiabilidade de fornecimento é obtida conservando o nível dos reservatórios o mais elevado possível, o que significa utilizar mais geração térmica e, portanto, aumento dos custos de operação.

Com base nas condições hidrológicas, na demanda de energia, nos preços de combustível, no custo de déficit, na entrada de novos projetos e na disponibilidade de equipamentos de geração e transmissão, o modelo de precificação obtém o despacho (geração) ótimo para o período em estudo, definindo a geração hidráulica e a geração térmica para cada mercado (NOS,2015).

Como resultado desse processo são obtidos os Custos Marginais de Operação (CMO) para o período estudado, para cada patamar de carga e para cada mercado. O PLD (Preço de Liquidação das Diferenças) é um valor determinado semanalmente para cada patamar de carga com base no Custo Marginal de Operação, limitado por um preço máximo e mínimo vigentes para cada período de apuração e para cada mercado.

Os intervalos de duração de cada patamar são determinados para cada mês de apuração pelo ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico) e informados à CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica).

A partir de 2015, os custos extras da geração térmica são repassados aos consumidores finais pelo sistema de Bandeiras Tarifárias. As regras em vigor preveem a cobrança de **R\$ 0,025 / kWh** para a Bandeira Amarela, e **R\$ 0,045 / kWh** para a Bandeira Vermelha (ANEEL,2015).

Tabela 8 - Evolução histórica do PLD - CCEE.

Data	Pesado SE	Médio SE	Leve SE
Out-14	822,83	822,83	822,83
Nov-14	822,83	822,83	822,83
Dez-14	658,73	658,73	658,73
Jan-15	388,48	388,48	388,48
Fev-15	388,48	388,48	388,48
Mar-15	388,48	388,48	388,48
Abr-15	388,48	388,48	388,48
Mai-15	379,70	374,07	364,49
Jun-15	380,09	374,62	357,60
Jul-15	217,19	216,15	112,52
Ago-15	142,07	142,07	136,11
Set-15	227,07	224,05	218,15
Out-15	220,59	220,59	204,74

Fonte : ANEEL (2015)

O 7º Leilão de Energia da ANEEL, direcionado para a fonte de energia solar fotovoltaica, apresentou um custo médio de R\$ 301,79 / MW. Este valor coloca a energia solar como um concorrente viável com a energia térmica a gás no mercado de curto prazo, cujos preços estão sendo pressionados pela alta do dólar e pela elevação do valor do gás natural no mercado internacional, sem considerar a questão ambiental relativa à queima de combustível fóssil.

Sob o ponto de vista do consumidor, o sistema de bandeiras tarifárias, utilizado para subsidiar a geração elétrica de fontes térmicas, é similar aos mecanismos de compensação de tarifas para subsídio da energia proveniente de fontes renováveis existentes na Europa. Previsto como mecanismo de ajuste pontual, teve seu uso elevado pela crise hídrica, e movimentou, segundo a ANEEL, valores da ordem de **R\$ 60 bilhões** no período 2014/2015, com valores rateados entre os participantes do SIN, o que reflete diretamente no preço da energia elétrica pago pelo consumidor final.

5.5 Atividade legislativa no Brasil em relação as energias renováveis

A análise das propostas existentes no Legislativo (BRASIL,2015) pode auxiliar a visualização do cenário para a energia fotovoltaica no Brasil, cujos projetos de lei são relacionados a seguir:

Projeto de Lei 5539/2013, de autoria do Deputado Júlio Campos, que altera a Lei nº 11.488, de 15 de junho de 2007, a fim de ampliar os benefícios do Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura – REIDI, prevendo isenção de PIS, COFINS e aplicação da depreciação acelerada em cinco anos para projetos de geração de energia elétrica por fontes solar ou eólica. **Situação** : Apenso ao Projeto de Lei PL 8322/2014.

Projeto de Lei 8322/2014, de autoria do Senador AtaiDES Oliveira, que isenta do imposto sobre importação (I.I.) os equipamentos e componentes de geração elétrica de fonte solar. **Situação** : Aguardando Parecer do Relator na Comissão de Minas e Energia (CME) em 29/10/2015.

Projeto de Lei 371/2015, de autoria do Senador Ciro Nogueira, que altera a Lei nº 8.036, de 11 de maio de 1990, para permitir o uso de recursos do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS) na aquisição e na instalação de equipamentos destinados à geração própria de energia elétrica em residências. **Situação** : Em 12/11/2015, foi apenso ao projeto Projeto de Lei 49/2015.

Projeto de Lei 23/2004, de autoria do Senador Marcelo Crivella, que altera, com vistas a fomentar a utilização da energia solar, a Lei nº 10257, de 10 de julho de 2001 (Estatuto da Cidade), para instituir diretriz a ser observada pelos Municípios, e a Lei nº 4380, de 21 de agosto de 1964, para condicionar a obtenção de financiamento no âmbito do Sistema Financeiro da Habitação (SFH) a existência de sistemas de aquecimento solar. **Situação** : Em

07/08/2009, Ofício SF 1569, de 07/08/2009, ao Primeiro-Secretário da Câmara dos Deputados, encaminhando o projeto para revisão, nos termos do art. 65 da Constituição Federal.

Projeto de Lei 157/2005, de autoria do Senador Roberto de Lucena, que dispõe sobre a isenção do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) e do Imposto sobre Importação (II), incidentes sobre a comercialização de placas e outros componentes de um sistema fotovoltaico. **Situação** : Em 12/02/2015, apensa ao PL 8322/2014, sujeito a apreciação conclusiva das Comissões.

Projeto de Resolução 52/2004, de autoria do Senador Casildo Maldaner e outros, que acrescenta o inciso V ao § 3º do art. 7º da Resolução nº 43, de 2001, do Senado Federal, para excluir de seus limites para operações de crédito aquelas de interesse dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios voltadas para financiar projetos de implantação de sistema próprio para a geração de energia elétrica, a partir de fonte eólica, solar fotovoltaica ou biomassa, e de projetos que visem maior eficiência energética na iluminação pública e dá outras providências. **Situação** : Em 06/11/2015, Pronta para a pauta na Comissão de Assuntos Econômicos.

Projeto de Lei 311/2009, de autoria do Senador Fernando Collor, que Institui o Regime Especial de Tributação para o Incentivo ao Desenvolvimento e à Produção de Fontes Alternativas de Energia Elétrica - REINFA e estabelece medidas de estímulo à produção e ao consumo de energia limpa. **Situação** : Em 08/09/2015, com o Relator da Comissão de Assuntos Econômicos.

Projeto de Lei 3942/2012, de autoria do Senador Pedro Uczai e outros, que estabelece incentivos à produção de energia a partir de fontes renováveis, e altera as Leis nº 9.249, de 26 de dezembro de 1995; nº 9.250, de 26 de dezembro de 1995; nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996; nº 9.648, de 27 de maio de 1998; nº 9.991, de 24 de julho de 2000; nº 10.848, de 15 de março de 2004; nº 11.977, de 7 de julho de 2009, e dá outras providências. **Situação** : Em 12/06/2015, Recebido pela Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Fonte : (BRASIL,2015).

Dentre os anteriormente citados, destaca-se o Projeto de Lei 3942/2012, que se propõe a criar diversos mecanismos de incentivo, entre os quais a obrigação aos bancos do Sistema Financeiro da Habitação (SFH) de incluir o custo de sistema de aquecimento solar de água e de sistema de geração elétrica nos financiamentos imobiliários com recursos públicos, se o construtor solicitar.

A proposta, caso aprovada, alteraria o programa Minha Casa, Minha Vida para que os recursos só sejam concedidos em caso de construção ou compra de imóveis residenciais novos que possuam sistema termos solar de aquecimento de água. Além disso, são criados fundos para incentivar investimentos no setor. O Fundo para Pesquisas em Energia Solar financiaria a pesquisa, capacitação profissional e desenvolvimento tecnológico para produção de energia elétrica e térmica. O Fundo de Garantia aos Pequenos Produtores Solar seria utilizado para garantir empréstimos para a implantação de pequenas centrais de energia solar, além de permitir a dedução destes investimentos no Imposto de Renda.

Também seria criado o Programa Nacional de Crédito aos Pequenos Produtores de Energia Solar, com o objetivo de financiar a criação de pequenas centrais de energia solar. Outro incentivo da proposta determina que o imposto de renda cobrado dos rendimentos de fundos que investissem em títulos de empresas geradoras de energia solar ou produtoras de equipamentos para captação de energia a partir do sol sejam inferiores à alíquota aplicável à taxaço dos demais fundos de investimentos classificados como de renda variável (BRASIL, 2015).

5.6 Estudos e recomendações do Senado Federal

O Núcleo de Estudos e Pesquisas (CONLEG), órgão de assessoria parlamentar ligado ao Senado Federal elaborou, em fevereiro de 2015, o “Relatório Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios” (SILVA, 2015), que faz a análise dos mecanismos legais disponíveis para incentivar as energias de fontes renováveis e sugere diversas melhorias, sem que sejam necessárias grandes mudanças no arcabouço legislativo atual.

Segundo Rutelly Marques da Silva (2015), coordenadora deste trabalho, a regulação a ser criada pelo Estado deve: *(i)* corrigir falhas de mercado, imperfeições e distorções, nos aspectos econômico e social; *(ii)* produzir resultado líquido positivo; *(iii)* optar pela alternativa que maximize o ganho da sociedade; e *(iv)* ter fundamento jurídico robusto a fim de evitar incertezas e custos à sociedade provenientes de questionamentos judiciais. Esses aspectos devem ser observados na decisão de estabelecer um marco legal específico para a energia solar.

Ainda segundo (SILVA,2015), dentre as diversas medidas que circulam no Legislativo, as relacionadas a seguir teriam, sem grandes mudanças no arcabouço legal, grande impacto no desenvolvimento da energia solar:

- i)* uniformização das regras de incidência de ICMS na energia injetada pela micro geração e mini geração distribuídas na rede das distribuidoras de energia elétrica;
- ii)* inclusão da geração de energia elétrica por fonte solar como um dos critérios de divisão dos recursos do Fundo de Participação dos Estados (FPE) e do Fundo de Participação dos Municípios (FPM);
- iii)* garantia de verbas para pesquisa e desenvolvimento no âmbito do Orçamento Geral da União;
- iv)* permissão, por tempo determinado, para usar o Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS) para aquisição de equipamentos de geração fotovoltaica pela micro geração distribuída e pela mini geração distribuída. (SILVA,2015)

Além disso, com a criação de políticas públicas e mecanismos de incentivo à geração distribuída de energia, especialmente para a geração fotovoltaica e outras formas de aproveitamento da energia solar, poder-se-á criar condições favoráveis para alavancar o desenvolvimento de uma cadeia produtiva local de equipamentos, desenvolvimento da mão de obra especializada de instalação e manutenção dos sistemas, bem como estimular a pesquisa acadêmica, o desenvolvimento dos processos de produção, e permitir a inovação tecnológica.

6 VIABILIDADE ECONÔMICO FINANCEIRA DOS PROJETOS DE MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Neste capítulo estão identificados os detalhes técnicos e os custos totais de três projetos de micro e mini geração distribuída interligados a rede elétrica projetados para uma residência unifamiliar, para equipar o laboratório de energia solar fotovoltaica de uma universidade e para suprir a demanda parcial de energia de uma unidade fabril localizada em Cubatão, na Baixada Santista.

6.1 Micro geração para unidade residencial típica

Pode-se eleger como consumidor residencial típico classe média uma família composta por um casal e dois filhos, que apresentou consumo médio mensal de 408 kWh/Mês. A Tabela 9 apresenta os dados reais (histórico de consumo e tarifas) dos últimos 24 meses, obtidos através da análise das contas de energia da concessionária Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL-Piratininga), na cidade de Santos, Estado de São Paulo.

Tabela 9 - Histórico de consumo em kWh e valor em R\$.

Mês	Consumo (kWh)	Valor (R\$)	ICMS	Custo (R\$.kWh ⁻¹)
Out/15	387	272,39	65,51	0,7039
Set/15	340	235,12	58,20	0,6915
Ago/15	341	245,65	57,54	0,7204
Jul/15	345	247,13	59,20	0,7163
Jun/15	349	248,35	59,51	0,7116
Mai/15	361	253,61	60,82	0,7025
Abr/15	347	235,15	56,20	0,6777
Mar/15	308	189,81	47,45	0,6163
Fev/15	415	219,81	54,96	0,5297
Jan/15	597	300,10	75,03	0,5027
Dez/14	444	208,59	52,15	0,4698
Nov/14	414	196,64	49,16	0,4750
Out/14	403	158,96	39,74	0,3944
Set/14	392	152,02	38,01	0,3878
Ago/14	367	142,81	35,70	0,3891
Jul/14	396	154,19	38,55	0,3894

Mês (Cont.)	Consumo (kWh)	Valor (R\$)	ICMS	Custo (R\$.kWh ⁻¹)
Jun/14	432	168,82	42,20	0,3908
Mai/14	339	134,01	33,50	0,3953
Abr/14	404	159,23	39,81	0,3941
Mar/14	424	163,51	40,88	0,3856
Fev/14	560	207,74	51,93	0,3710
Jan/14	562	217,96	54,49	0,3878
Dez/13	431	160,90	40,23	0,3733
Nov/13	453	176,24	44,06	0,3891

Fonte : Elaborada pelo Autor (CPFL-Piratinga)

Como se pode observar na Tabela 9, de novembro de 2013 a outubro de 2015, a tarifa de energia elétrica sofreu sucessivos e significativos reajustes em reais, mantendo-se estável na faixa de US\$0.20/kWh, como se pode observar na Figura 16.

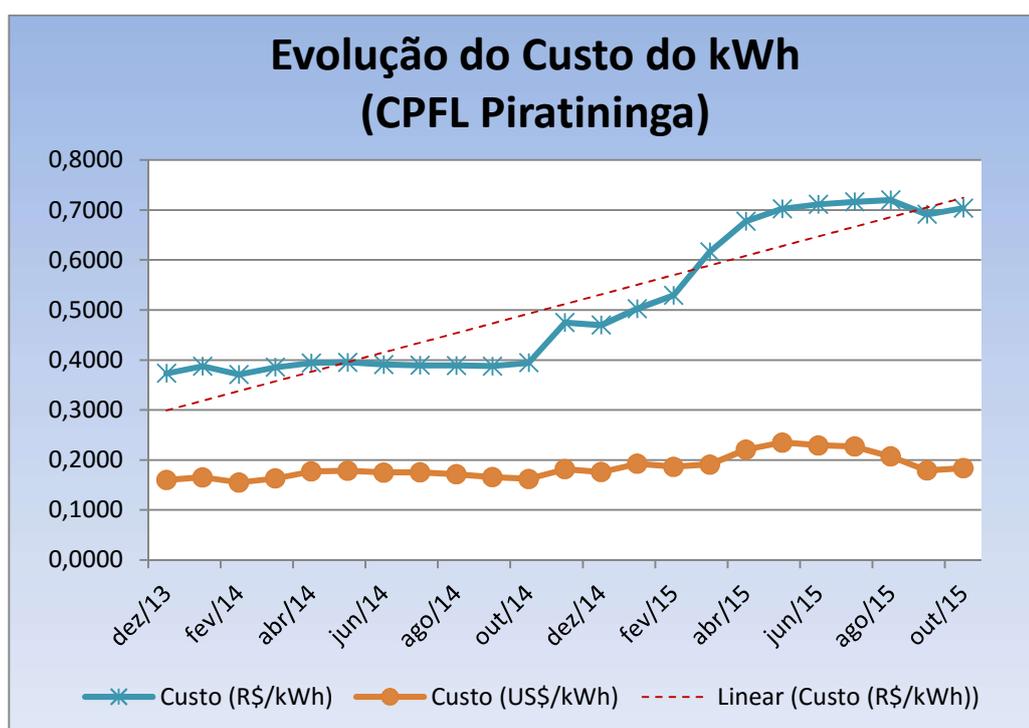


Figura 16 - Evolução dos custos da energia elétrica.

Fonte: Elaborada pelo autor, CPFL

Em relação ao mês de novembro de 2013, a tarifa de energia elétrica para o consumidor residencial não incentivado foi reajustada em 80,91%, para uma inflação medida pelo IPCA-IBGE de 16,54% e pelo IGP-M/FGV da ordem de 13,01%. Incluídos nestes valores, a elevação dos custos referentes à crise hídrica e à contabilização do saldo da CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica), rateado entre os consumidores do SIN.

Tabela 10 - Comparação do reajuste das tarifas com os índices inflacionários.

Mês	Custo (R\$/kWh)	Varição (R\$)	Cotação US\$	IPCA/IBGE	IGP-M / FGV
Out/15	0,7039	1,8091	3,8344	1.135,47	1.455,57
Set/15	0,6915	1,7775	3,8599	1.126,24	1.428,57
Ago/15	0,7204	1,8516	3,4761	1.120,19	1.415,12
Jul/15	0,7163	1,8412	3,1532	1.117,73	1.411,17
Jun/15	0,7116	1,8291	3,1036	1.110,84	1.401,50
Mai/15	0,7025	1,8057	2,9884	1.102,13	1.392,17
Abr/15	0,6777	1,7418	3,0681	1.094,04	1.386,49
Mar/15	0,6163	1,5840	3,2264	1.086,33	1.370,45
Fev/15	0,5297	1,3614	2,8392	1.072,17	1.357,15
Jan/15	0,5027	1,2921	2,6122	1.059,25	1.353,50
Dez/14	0,4698	1,2075	2,6717	1.046,28	1.343,29
Nov/14	0,4750	1,2209	2,6136	1.038,18	1.335,01
Out/14	0,3944	1,0139	2,4316	1.032,91	1.322,06
Set/14	0,3878	0,9968	2,3401	1.028,59	1.318,37
Ago/14	0,3891	1,0002	2,2690	1.022,76	1.315,73
Jul/14	0,3894	1,0008	2,2195	1.020,21	1.319,30
Jun/14	0,3908	1,0045	2,2347	1.020,11	1.327,39
Mai/14	0,3953	1,0161	2,2166	1.016,04	1.337,29
Abr/14	0,3941	1,0131	2,2257	1.011,39	1.339,03
Mar/14	0,3856	0,9912	2,3638	1.004,66	1.328,67
Fev/14	0,3710	0,9535	2,3924	995,5014	1.306,84
Jan/14	0,3878	0,9969	2,3470	988,6795	1.301,90
Dez/13	0,3733	0,9596	2,3354	983,2715	1.295,68
Nov/13	0,3891	1,0000	2,3289	974,3079	1.287,95

Fonte: Elaborada pelo autor, CPFL

O consumidor, pressionado pela elevação dos custos, reduz o consumo, como se pode observar na Figura 17:

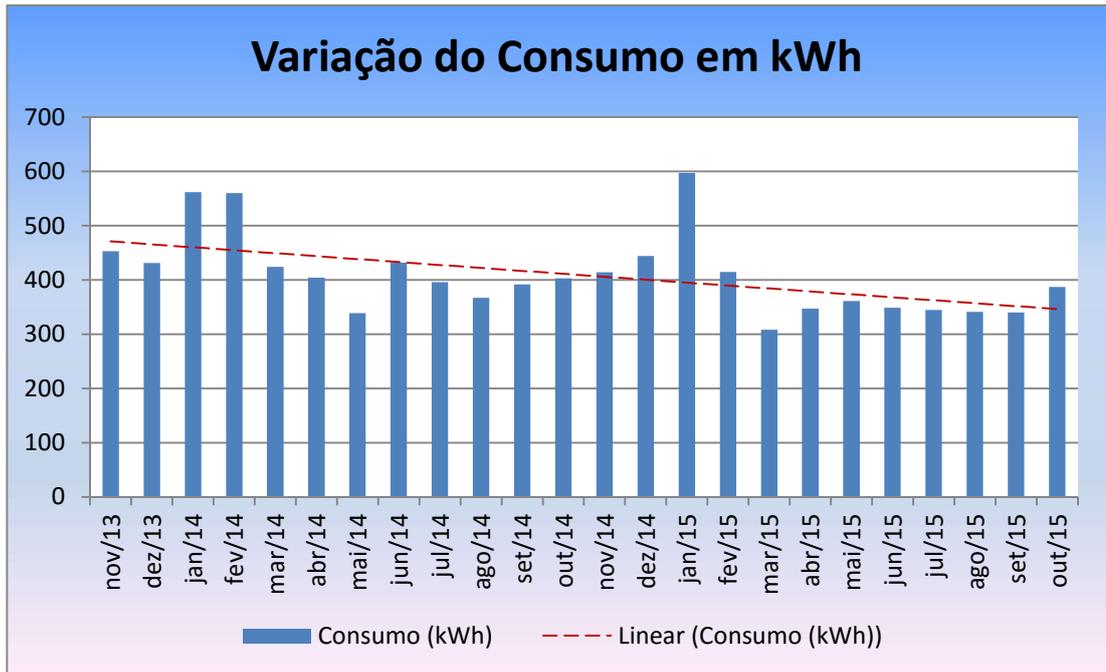


Figura 17 – Variação do consumo em kWh.

Fonte: Compilada pelo Autor (CPFL)

No entanto, mesmo com a redução do consumo, o custo para o consumidor subiu de 0,3891 para 0,7039 por kWh. Em termos percentuais, o reajuste chegou a 80,91% para os últimos 24 meses, em expressiva tendência de alta, conforme a Figura 18.

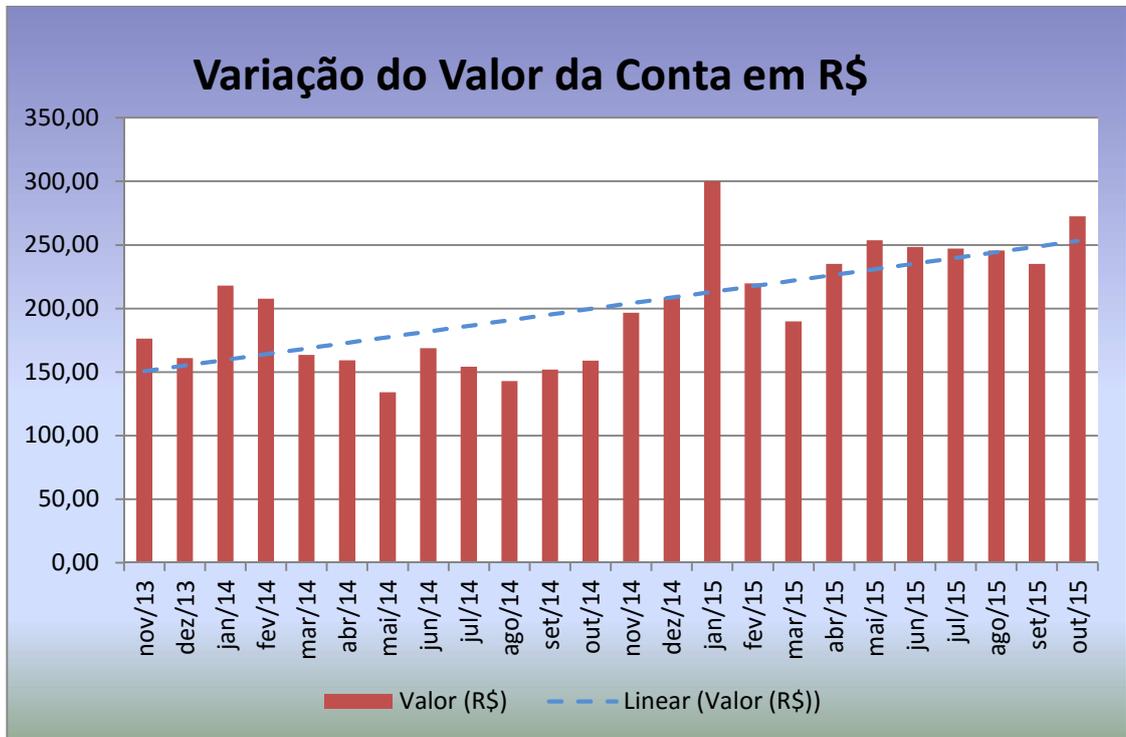


Figura 18 - Variação do valor da conta em R\$.

Fonte: Elaborada pelo autor

De acordo com as regras do setor elétrico, dependendo da quantidade de fases da instalação, serão cobrados os seguintes consumos mínimos: 30 kWh para consumidor monofásico; 50 kWh para bifásico; 100 kWh se trifásico. Desta forma, dimensiona-se o sistema um sistema de geração solar fotovoltaica (Figura 19) para produção de 90% do consumo total da residência, e obtém-se:

DADOS DA INSTALAÇÃO	
CIDADE: SANTOS / SP	TIPO LOCAL: Em sua residência
LOCALIZAÇÃO (LAT/LONG): -23,96100 / -46,33400	
CONSUMO MÉDIO: 408Kwh	
PERCENTUAL A SER GERADO: 90%	
CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA	
POTÊNCIA INSTALADA: 3060 Wp	INCLINAÇÃO: 21°
INVERSOR: 1x Inversor Fronius Galvo 2.5-1 (2,500W)	AZIMUTE: 180° (N)
30x Cabo solar Prysmian Tecsun PV1-F 4mm ² Preto 1kV	EFICIÊNCIA ESTIMADA: 77,0%
PAINEL: 12x Painel Solar Fotovoltaico Canadian CSI CS6P-255P (255Wp)	COBERTURA SOLAR: 83,82%
4x Kit de montagem Thesan para telhado metálico e fibrocimento inclinado - 3 painéis fotovoltaicos	
1x Quadro Elétrico Fotovoltaico (Stringbox), 1 string IP40 16A 660V	
1x Jogo de conexão para perfis Thesan Universal Medium	
PRODUÇÃO MÉDIA: 342 Kwh/mês 4112 Kwh/ano	

Figura 19 – Proposta comercial de sistema fotovoltaico *Grid-Tie*

As estimativas de produção de energia foram obtidas a partir das médias de insolação fornecidas pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e pelo LABSOLAR (Laboratório de Energia Solar/UFSC), com capacidade de produção média de 342 kWh/mês.



Figura 20 - Estimativa de produção do sistema fotovoltaico.

Fonte: INPE, LABSOLAR-UFSC

Para o dimensionamento final, ajusta-se a quantidade de placas solares, a quantidade de suportes de fixação e a capacidade nominal do inversor, de forma a otimizar os custos do projeto, obtendo-se a seguinte distribuição de custos:

Tabela 11 - Composição dos custos do projeto – Residencial I.

Qtde	Descrição	Valor (R\$)	% Partic.
1	Inversor Fronius 2.5 kW	9.890,00	27,0
12	Placas 255 Wp (3060 Wp)	12.708,00	34,7
1	String Box 660V	1.299,00	3,5
4	Kits de Fixação Thesan	3.596,00	9,8
	Serviços	9.146,20	25,0
	Total	36.639,20	100,0

Fonte : Elaborada pelo Autor

A solução proposta ocupa 21 m² de telhado, tem capacidade de geração média de 342 kWh/mês (83,82% do consumo), e proporciona uma economia anual de R\$ 2.888,81 (nos estados que permite a tributação do ICMS pela diferença do consumo) ou de apenas R\$ 2.166,60 (nos estados onde o ICMS incide sobre o total do consumo). A Casa Solare também apresentou sua proposta comercial, com valores mais agressivos e *payback* reduzido. Mesmo assim, o retorno sobre o investimento ocorre somente 7 anos após a instalação do equipamento.

Tabela 12 - Composição dos custos do projeto – Residencial II.

Qtde	Descrição	Valor	% Partic.
1	Inversor B&B 3.0 Kw	4.831,65	19,1
14	Placas 250 Wp	8.143,06	32,1
1	Materiais	7.136,08	28,2
	Serviços	5.222,32	20,6
	Total	25.333,11	100,0

Fonte : Compilada pelo Autor (Casa Solare)

Ou seja, o *payback* simples – tempo para amortização do investimento – varia entre 7 a 12,7 anos, nos estados com isenção do ICMS sobre a energia gerada, o que torna esta opção de investimento ainda pouco atrativa para o consumidor residencial, sob o ponto de vista de aplicação de capital próprio.

6.2 Micro geração para uma universidade

A tabela a seguir apresenta os dados reais (histórico de consumo e valor da conta de eletricidade) dos últimos 13 meses, obtidos através da análise das contas de energia da concessionária CPFL-Piratininga, relativas ao consumo de uma instalação universitária localizada na cidade de Santos-SP.

Tabela 13 - Histórico de consumo em kWh e valor em R\$.

Consumo				
Mês	(kWh)	Valor (R\$)	ICMS	Custo (R\$/kWh)
Out/15	4.356	2.633,27	468,64	0,6045
Set/15	3.099	1.898,83	337,93	0,6127
Ago/15	1.445	911,38	162,20	0,6307
Jul/15	4.087	2.568,33	457,09	0,6284
Jun/15	3.806	2.375,99	422,85	0,6243
Mai/15	3.703	2.291,51	407,82	0,6188
Abr/15	4.627	2.757,46	490,75	0,5959
Mar/15	4.864	2.511,18	446,91	0,5163
Fev/15	5.323	2.561,31	455,84	0,4812
Jan/15	4.900	2.195,76	390,78	0,4481
Dez/14	4.704	1.987,98	353,80	0,4226
Nov/14	4.636	1.923,86	342,39	0,4150
Out/14	4.019	1.425,65	253,72	0,3547

Fonte : Elaborada pelo Autor (CPFL,2015)

Assim como as tarifas residenciais, os clientes comerciais das concessionárias de energia elétrica sofreram sucessivos e significativos reajustes em 2015. Em relação ao mês de outubro do ano anterior, a tarifa de energia elétrica da universidade foi majorada em 70,42%, para uma inflação medida pelo IPCA-IBGE de 9,93% e pelo IGP-M/FGV(2015) da ordem de 10,10%.

Tabela 14 - Comparação do reajuste das tarifas comerciais com os índices inflacionários.

Mês	Custo (R\$/kWh)	Varição (R\$)	Cotação US\$	IPCA/IBGE	IGP-M / FGV
Out/15	0,6045	1,7042	3,8344	1.135,47	1.455,57
Set/15	0,6127	1,7273	3,8599	1.126,24	1.428,57
Ago/15	0,6307	1,7780	3,4761	1.120,19	1.415,12
Jul/15	0,6284	1,7715	3,1532	1.117,73	1.411,17
Jun/15	0,6243	1,7599	3,1036	1.110,84	1.401,50
Mai/15	0,6188	1,7445	2,9884	1.102,13	1.392,17
Abr/15	0,5959	1,6800	3,0681	1.094,04	1.386,49
Mar/15	0,5163	1,4554	3,2264	1.086,33	1.370,45
Fev/15	0,4812	1,3565	2,8392	1.072,17	1.357,15
Jan/15	0,4481	1,2633	2,6122	1.059,25	1.353,50
Dez/14	0,4226	1,1914	2,6717	1.046,28	1.343,29
Nov/14	0,4150	1,1699	2,6136	1.038,18	1.335,01
Out/14	0,3547	1,0000	2,4316	1.032,91	1.322,06

Fonte : Elaborada pelo Autor

A Universidade objetiva não somente a redução dos custos das contas de energia, mas também equipar os laboratórios do Departamento de Engenharia Elétrica com painéis solares e inversores conectados à rede, com vistas ao desenvolvimento de cursos de extensão e pós-graduação voltados à micro e mini geração solar distribuída.

Desta forma, dimensiona-se o sistema para que fosse composto por dois inversores de 5 kW de finalidade didática, com flexibilidade de arranjos e capacidade de produção de equivalente à 25% do consumo da unidade consumidora, como descrito a seguir.

Tabela 15 - Composição dos custos do Projeto Universitário.

Qtde	Descrição	Valor (R\$)	% Partic.
2	Inversores 5.0 Kw	23.980,00	25,8
40	Placas 255 Wp	33.888,00	36,4
	Materiais de Fixação	13.950,00	15,0
	Manutenção e Serviços	21.187,35	22,8
	Total	93.005,35	100,0

Fonte : Elaborada pelo Autor

A solução proposta ocupará 70 m² de telhado, tem capacidade de geração média de 1.080 kWh/mês, e proporcionará uma economia anual de R\$ 10.108,80 projetando um retorno sobre o investimento entre 7 a 9 anos, tanto menor quando maiores os reajustes futuros aplicados nas tarifas.

6.3 Mini geração para uma unidade industrial em Cubatão

Esta unidade industrial é um grande consumidor de energia, e com capacidade instalada de 500 kW no transformador Trafo e subestação própria. Devido às limitações de espaço físico para instalação dos painéis solares (espaço em telhado), limitou-se a capacidade produtiva a 900 painéis policristalinos de 255 Wp, ocupando uma área de 1.440 m². A capacidade produtiva total, de 229,5 kW, irá suprir aproximadamente 50% da demanda de energia elétrica da instalação. A localização geográfica da unidade e a proximidade de morros (sombreamento) reduz o período de insolação, estimado em 4 horas por dia.

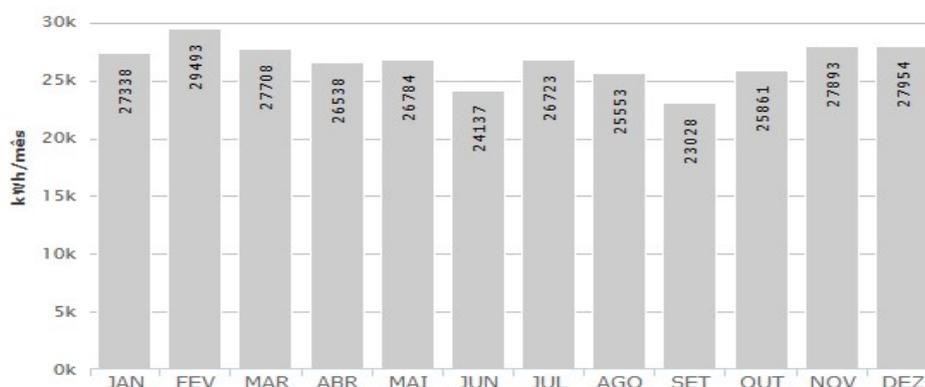


Figura 21 – Estimativa de produção do SF em Cubatão-SP.

Duas alternativas técnicas foram propostas: uma composta por um único inversor de grande porte, com capacidade para 250 kW fornecido pela empresa finlandesa VACON; e outra que considera o uso de múltiplos inversores de 5 kW ou 10 kW, o que confere flexibilidade e garantia de funcionamento ininterrupto a instalação pela eliminação do ponto único de falha. Os dois projetos têm custos similares.

Tabela 16 - Composição dos custos do projeto em Cubatão.

Qtde	Descrição	Valor (R\$)	% Partic.
1-25	Inversores (totalizando 250 kW)	551.540,00	34,5
900	Placas 255 Wp	762.480,00	47,7
1	Materiais e Serviços	285.980,00	17,9
	Total	1.600.000,00	100,0

Fonte : VACON / Sustenta Brasil (2015)

Uma estimativa conservadora considera a geração de 24.500 kWh mensais, gerando uma economia anual de R\$ 229.320,00 para uma tarifa média de R\$ 0,78/kWh projetada para 2016. Considerando a tendência de reajuste anual de 9% na tarifa, o *payback* simples deste investimento é equivalente à cinco anos e oito meses. Durante os vinte e cinco anos de vida útil do equipamento, a economia total irá atingir R\$ 17.000.000,00, em valores atuais.

No entanto, sob o ponto de vista financeiro, este é um investimento de baixa atratividade. A taxa interna de retorno (TIR) do investimento é positiva somente para períodos superiores a 7 anos, mesmo considerando uma baixa remuneração do capital próprio (6% a.a.). Ou seja, para o investidor, manter este dinheiro na caderneta de poupança (um dos piores investimentos do mercado) ou investir em sua produção é mais atrativo e seguro que investir em geração própria, o que explica a baixa quantidade de projetos realizados no Brasil.

7 AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DOS CUSTOS DOS PROJETOS FOTOVOLTAICOS

A análise dos componentes do custo dos projetos de fotovoltaicos pode nos auxiliar a identificar seus vetores, que impactam negativamente a Taxa Interna de Retorno dos projetos de mini e micro geração solar fotovoltaica.

7.1 Impacto dos impostos de importação

De acordo com um estudo desenvolvido pela Câmara de Comércio Brasil-Alemanha (AHK,2012), incidem sobre a importação dos equipamentos de geração de energia solar distribuída, principalmente painéis solares e inversores, os seguintes tributos:

Tabela 17 - Impostos incidentes sobre a importação.

Descrição do Item	Módulo	Inversor
Valor Aduaneiro (Valor do Item + Frete e Seguro)	10.000,00	10.000,00
(II) Imposto de Importação	12%	14%
	1.200,00	1.400,00
(IPI) Imposto sobre Produtos Industrializados	0%	15%
	0,00	1.710,00
PIS	1,65%	1,65%
	164,85	201,91
COFINS	7,60%	8,60%
	759,30	1.052,38
SISCOMEX	180,00	180,00
AFRMM - Adicional ao Frete para Renovação da Marinha Mercante (2,5%)	250,00	250,00
Armazenamento (1%)	100,00	100,00
Capatazia	10,00	10,00
Despachante (1%)	100,00	100,00
Outros	0,00	0,00
Subtotal	12.764,15	15.004,29
Alíquota do ICMS	0%	17%
Base de Cálculo	12.764,15	15.004,29
Valor do ICMS	0,00	3.073,17
Valor Total	12.764,15	18.077,46
Sobrecusto Impostos e Taxas	27,64%	80,77%

Fonte: AHK (2012)

A aplicação de impostos de importação é uma estratégia lícita para a proteção e incentivo do ciclo produtivo nacional, e visa proteger a indústria local de situações de câmbio adverso ou subsídios existentes nos países exportadores. No entanto, a indústria nacional de inversores e painéis solares é pouco expressiva e incipiente, e praticamente todos os produtos utilizados para a geração de energia solar tem sua origem no exterior.

Desta forma, a aplicação dos tributos tem como único efeito o encarecimento do custo por kWh da energia solar produzida, sem qualquer retorno para a nação além dos impostos arrecadados.

Considerando o projeto de 10 kWh da Universidade, a simples isenção dos impostos de importação reduziria o custo total do projeto em R\$ 15.193,31 como se pode observar na Tabela 18 a seguir.

Tabela 18 - Decomposição dos custos do Projeto Universitário.

Descrição do Item	Painel	Inversor	Total
Valor Aduaneiro (R\$)	26.296,02	13.250,42	39.546,44
(II) Imposto de Importação (12 e 14%)	3.155,52	1.855,06	5.010,58
(IPI) Imposto Produtos Industrializados (15%)		2.265,82	2.265,82
PIS (1,65%)	430,91	229,32	660,24
CONFINS (7,6% e 8,6%)	1.984,82	1.195,25	3.180,07
ICMS (18%)	0,00	4.076,60	4.076,60
Valor Total	33.888,00	23.980,00	57.868,00
Custo dos Impostos e Taxas			15.193,31

Fonte : Elaborada pelo Autor

Os tributos correspondem a 26,25% do valor total do projeto, e sua isenção corresponderia exatamente a 1,5 anos de redução do retorno sobre o investimento (*payback* simples), uma vez que a economia anual esperada é da ordem de R\$ 10.109,00 mantidos os atuais níveis tarifários. Além disso, a isenção dos tributos reduz o custo total da solução e a necessidade de imobilização do capital, facilitando o acesso do consumidor a esta tecnologia. A isenção fiscal não é um benefício comum nos países com maior utilização de energia solar. Os países líderes (Alemanha, Japão, Estados Unidos, China e Itália) optaram por desenvolver sua cadeia produtiva local, investindo na produção tecnológica, na geração local de empregos, na capacitação técnica e na produção de conhecimento científico.

No caso específico do Brasil, a isenção fiscal poderia contribuir para reduzir as barreiras de entrada da tecnologia. O caminho adotado por Portugal também pode ser válido: mesmo que não se fabrique as células de silício, optar pela montagem local dos painéis solares, que utilizava vidro, metais e outros componentes de menor agregação de conteúdo tecnológico, uma estratégia válida para a redução dos custos dos módulos solares e incentivo ao desenvolvimento de uma cadeia produtiva local.

No caso do projeto da Universidade, a isenção do Imposto de Importação e do Imposto de Produtos Industrializados, combinados com a depreciação acelerada em cinco anos, alterariam o retorno anual para R\$ 22.558,73 no primeiro ano, o *payback* simples para 3,4 anos e a TIR (taxa interna de retorno) para 58,45%, uma taxa que começa a tornar-se atraente para o investidor.

7.2 Impacto da incidência do ICMS

Segundo a Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica – ABRADDEE (figura a seguir), as tarifas de ICMS aplicadas no Brasil para o consumidor Residencial, nos dez maiores estados do Brasil, são:

kWh		Alíquota ICMS dos Estados									
		BA	CE	MG	PA	PE	PR	RJ	RS	SC	SP
R E S I D E N C I A L	[0;30]		Isento			Isento	Isento	Isento	12%		
	[31;50]			Isento							Isento
	[51;60]				Isento						
	[61;80]	25%								12%	
	[81;90]										
	[91;100]										
	[101;140]					15%					12%
	[141;150]					25%	29%	18%	25%		
	[151;200]		27%								
	[201;220]			30%							
	[221;250]										
	[251;300]	27%				25%				25%	25%
[301;400]											
[401;500]							29%				
> 500											

Figura 22 - Alíquota de ICMS dos 10 estados mais populosos do Brasil.

Fonte: ABRADDEE (2014)

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE,2014), os dez estados mais populosos do Brasil (Bahia, Ceará, Minas Gerais, Pará, Pernambuco, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo) representam 74% da população nacional, estimada em 202,7 milhões de habitantes em julho de 2014. As alíquotas do ICMS variam entre 12% (para pequenos consumidores residenciais no Rio Grande do Sul) até 27 % (para grandes consumidores residenciais na Bahia), um dos estados com maior potencial de geração solar. Outros tributos, tais como o Programa de Integração Social - PIS, Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público - PASEP e a Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social – COFINS, também incidem sobre as faturas de energia elétrica, e suas tarifas são uniformes para todas as unidades da Federação.

O **Convenio ICMS Nº 16/2015** autoriza, aos estados que aderirem ao mesmo, a conceder isenção de ICMS sobre a energia exportada para a rede, taxada nos estados que não aderiram. Até o momento apenas os estados de São Paulo, Goiás, Minas Gerais e Pernambuco aderiram ao convênio. A medida é importante, pois aumenta em 12 a 30% - dependendo do estado da federação - o retorno financeiro dos investimentos em geração fotovoltaica distribuída.

O Estado de Minas Gerais, ao publicar a **Lei nº 20.824**, de 31 de julho de 2013, estabeleceu que o ICMS é cobrado apenas sobre a diferença positiva entre a energia consumida e a energia injetada pelos micro e mini geradores, pelo prazo de cinco anos, contados da data de início da geração de energia, com impacto positivo no tempo de amortização dos investimentos dos projetos de geração distribuída.

A partir de 1º de setembro de 2015, o estado de São Paulo, através do **Decreto nº 61.439/2015**, também concedeu isenção de ICMS sobre a energia elétrica fornecida para micro geradores e mini geradores na quantidade correspondente a energia injetada na rede de distribuição, durante a vigência do Convênio ICMS 16/15.

7.3 Impacto da depreciação

A depreciação corresponde a um valor financeiro mensal, que será abatido do imposto de renda das empresas, atribuído ao desgaste que os ativos fixos sofrem pelo seu uso ou obsolescência. O período de depreciação pode variar de 5 anos (equipamentos eletrônicos e computadores, por exemplo) até 25 anos (edifícios e

instalações), sendo este prazo determinado por Instrução Normativa do Ministério da Fazenda, em função do tempo estimado de sua utilização econômica.

No Brasil, os painéis solares, um dos maiores componentes do custo dos sistemas de geração solar, tem vida útil de 25 anos com geração assegurada de 80% da capacidade nominal, e 90% até 12 anos de uso. Os inversores têm vida útil de 10 anos, após o que deverão ser substituídos.

Tabela 19 - Comparativo entre depreciação normal e acelerada

Item	Período 25 anos	Período 5 anos
Valor do Bem	105.000,00	105.000,00
Taxa Anual de Depreciação	4%	20%
Depreciação Anual	4.200,00	21.000,00
Depreciação Mensal	350,00	1.750,00

Fonte : Elaborada pelo Autor

No caso específico do projeto dos laboratórios da universidade, a aplicação da depreciação acelerada poderia reduzir em aproximadamente um ano o retorno sobre o investimento, elevando de R\$ 310,02 para R\$ 1.550,09 o valor da depreciação mensal. Considerando-se o investimento total de R\$ 93.005,35, a depreciação acelerada eleva o retorno mensal de R\$ 10.418,82 para R\$ 11.658,89, o que representa um acréscimo de 12,26% no fluxo de caixa mensal do projeto.

7.4 Custo do capital para investimentos em projetos

No Brasil, existem poucas linhas de crédito para investimentos em bens de capital de longo prazo e juros subsidiados, que possam financiar os projetos de mini e micro geração de energia solar, e na maioria das vezes estas linhas não estão acessíveis às pequenas e médias empresas, que compõe 95% da geração de emprego e renda no Brasil.

O BNDES, através da linha de crédito denominada BNDES Automático, limita a R\$ 300 mil o valor dos empréstimos para pequenas e médias empresas, financiamento até 80% do investimento necessário. Até a promulgação da REN ANEEL 687/2015, a RES 482/2012 limitava a capacidade da central dedicada a mini geração distribuída em 1 MW, valor que foi aumentado para 3 MW no final de 2015

II - mini geração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras; (ANEEL,2015)

Essa dificuldade estrutural do Brasil não afeta somente os projetos de geração de energia, bem como todos os projetos de infraestrutura, que possuam prazos longo de maturação e retorno sobre os investimentos.

8 PROPOSTAS DE MELHORIAS NO MARCO REGULATÓRIO DO BRASIL

As soluções adotadas em outros países, embora sejam relevantes para análise da conjuntura geral em que foram aplicadas, devem ser utilizadas com reservas para auxiliar na elaboração de propostas de mudanças no marco regulatório de cada país. As particularidades regionais devem ser observadas, bem como os valores e a cultura de sua população, da classe política, dos governantes e dos empresários.

Não existe uma correlação forte entre a adoção dos mecanismos de incentivo e o sucesso dos programas de incentivo a energia solar. Diversos países obtiveram este sucesso, utilizando caminhos e mecanismos diferentes para tal. A base de dados da Comunidade Europeia para Energia de Fontes Alternativas (RES-LEGAL) identifica oito mecanismos comumente adotados pelos seus países membros, a saber: Subsídios, Empréstimos e Financiamentos, Tarifas, Tarifas Prêmio, Leilões, Sistemas de Cotas, *Net Metering* e Incentivos Fiscais.



Figura 23 – Mecanismos de incentivo

Fonte: Elaborada pelo Autor

Quatro mecanismos de incentivo são altamente dependentes da ação do Estado: os Subsídios, os Empréstimos e Financiamentos, as Tarifas e as Tarifas Prêmio; que dependem da disponibilidade de excedente de capital para investimento. Os demais mecanismos de incentivo, como se pode observar na Figura 23 a seguir, não dependem da capacidade de investimento do Estado, e podem ser implantados por decisão executiva: os incentivos fiscais, os leilões, os sistemas de cotas e o *Net Metering*.

8.1 Concessão de incentivos fiscais

A eliminação ou redução significativa dos impostos federais (Imposto de Importação, Imposto de Produtos Industrializados, PIS, COFINS), bem como dos impostos estaduais (ICMS) na importação de painéis solares e equipamentos para mini e micro geração de energia solar não constituiria uma renúncia fiscal, uma vez os valores arrecadados destes impostos são inexpressivos, em razão da ausência de investimentos no setor.

Em relação a isenção do ICMS no consumo nos termos do Convênio 016/SEFAZ, a auto geração poderia significar uma redução da arrecadação dos estados, somente caso venha a reduzir a média de fornecimento de energia das concessionárias, hipótese pouco provável. A demanda por energia tem crescido em torno de 5% ao ano, e o atendimento desta demanda reduz a necessidade de investimento do estado em obras de infraestrutura, geração centralizada e ampliação dos sistemas de transmissão e distribuição. Além disso, o modelo atual da Resolução Normativa 482/2012 da Aneel prevê a cobrança mínima do custo de disponibilidade, variável em função do consumo médio.

A depreciação acelerada, ao reduzir o *payback* dos projetos de mini e micro geração solar distribuída, também constituiria um importante mecanismo de incentivo financeiro. O uso do FGTS (Fundo de Garantia por Tempo de Serviço) para aquisição de sistemas de geração solar poderia alavancar as vendas para as pessoas físicas. Este conjunto de medidas, sem custo de investimento para o Estado, representam uma grande desoneração do custo dos projetos de mini e micro geração fotovoltaica.

8.2 Leilões

A celebração de contratos de compra de energia de reserva (CER) através de leilões tem grande potencial para promover o desenvolvimento do ciclo produtivo, industrial e tecnológico da energia eólica e solar, uma vez que oferece contratos de fornecimento com duração de vinte anos para os vencedores dos leilões, com tarifas que ofereçam atratividade para a iniciativa privada.

Estes leilões, combinados com níveis crescentes e nacionalização dos equipamentos e componentes, foram utilizados em diversos países para desenvolver a indústria e capacitar os fornecedores locais, incentivados pela tendência de redução dos custos dos painéis fotovoltaicos tem permitido a participação crescente da tecnologia solar na matriz energética.

O primeiro leilão de contratos de energia de reserva realizado pela ANEEL em 31/10/2014 foi marcado por ofertas agressivas, resultando na contratação de 890 MW de capacidade despachável (capacidade total de 1.048 MW) a um preço médio de BRL 215/MWh (USD 87/MWh), um dos mais baixos para energia solar no mundo, segundo a empresa de análise *Bloomberg New Energy Finance* (BNEF,2015).

8.3 Cotas

Os sistemas de cotas estabelecem obrigações para as empresas, governos e cidadão a adotar determinada tecnologia que, caso não fosse incentivada ou estimulada, teriam ritmo lento de adoção ou implantação.

A Comunidade Europeia, por exemplo, através da Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu, determinou que seus Estados-Membros devem promover a eficiência energética de todos os edifícios da administração pública, responsáveis por 40% do consumo energético da Europa, de acordo com um plano de objetivos e metas comuns a partir de 01/01/2012, com término em 2020.

De forma análoga, a Diretiva 2009/28/EU (FER) determinou que 20% da geração de energia elétrica até 2020 deverá provir de fontes de energias renováveis, programa de adoção compulsória por todos os Estados-Membros.

8.4 Criação de fundos de investimentos

A redução dos tributos e encargos financeiros incidentes sobre os fundos de investimentos direcionados aos projetos de energia de fontes renováveis são mecanismos utilizados com sucesso para a captação de recursos financeiros para projetos de investimento.

No Brasil, os recursos para investimentos em energias renováveis ainda são caros, escassos e acessíveis a poucos. O principal instrumento de financiamento (Fundo Clima) mantido pelo BNDES, em novembro de 2014, não tinha recursos para

novos financiamentos devido aos projetos do LER 2014 (Leilão de Energias Renováveis), como se pode observar na página institucional do programa.

Para o consumidor residencial, a Caixa Econômica Federal oferece o Construcard, com linhas de crédito de R\$ 1.000,00 a R\$ 180.000,00, financiáveis em até 240 meses com juros de 1,85 a 1,89% a.m. mais taxa referencial (TR). A taxa efetiva desta linha de crédito chegaria, em 2015, a 25,2% a.a., inviabilizando o retorno financeiro de qualquer investimento em micro geração solar.

Fontes de financiamento de longo prazo constituem a base dos projetos bem-sucedidos de energia solar no Japão, Alemanha e Itália, uma vez que o retorno sobre o investimento destes projetos é longo para o capital próprio.

8.5 Simplificação dos procedimentos de conexão à rede

A ANELL reconhece a necessidade de melhoria da Resolução Normativa 482/2013, bem como da seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST (Acesso de Mini e Micro Geração Distribuída), tanto que determinou em abril de 2015 a abertura de Audiência Pública para o recebimento de contribuições visando o aprimoramento da própria Resolução (ANEEL,2015). Neste estudo se analisa o prazo médio de conexão à rede das unidades em operação até 31/12/2014, e se constatou que o prazo médio de conexão em 2014 foi de 163 dias, superior até mesmo ao prazo médio de conexão do ano anterior, que foi de 140 dias, como se pode observar na Figura 24.

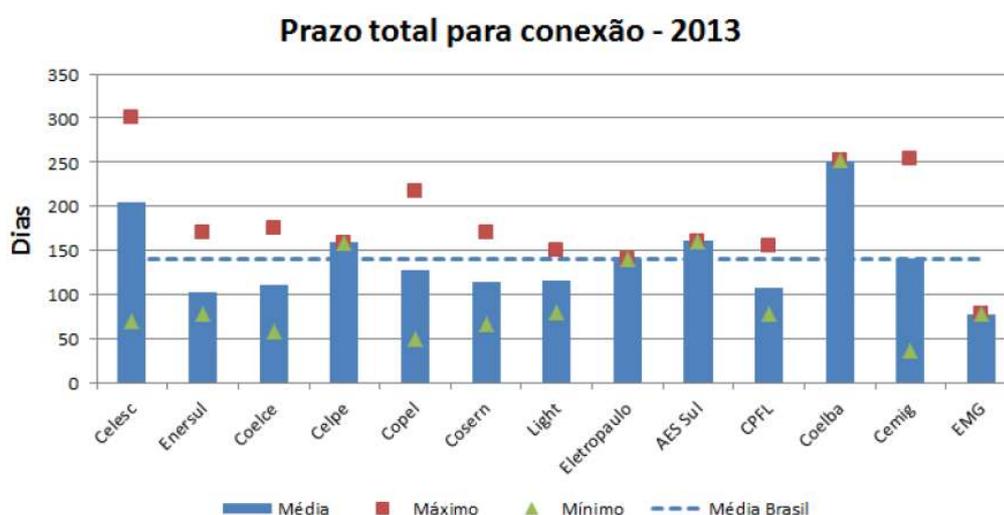


Figura 24 - Prazos de conexão à rede em 2013.
(Fonte: ANEEL, 2015)

Os motivos do atraso na autorização da conexão à rede em 48% do prazo deveram-se a concessionária, e 52% ao próprio solicitante, fato extremamente prejudicial a todos os envolvidos, pois posterga o início da amortização do investimento; bem como eleva os custos dos serviços dos fornecedores de solução.

Nos Estados Unidos, onde a Califórnia ocupa a vanguarda na produção de energia solar, existem procedimentos simplificados de conexão. Os fornecedores habilitam previamente suas soluções e projetos técnicos, e a análise não necessita ser feita caso a caso, sempre que esteja dentro dos padrões pré-definidos.

Desta forma, a criação de procedimentos e projetos padronizados poderia auxiliar na redução dos prazos de análise técnica dos projetos, principalmente dos de menor porte e complexidade técnica reduzida, típicos de consumidores residenciais.

8.6 Subsídios e tarifas diferenciadas

No Brasil, a produção e distribuição de energia elétrica é subsidiada. O sistema de bandeiras tarifárias (Verde, Amarela e Vermelha) introduz um custo adicional por kWh ao consumidor final sempre que o sistema hidrelétrico se mostra incapaz de suprir a demanda com segurança para manter estáveis as reservas hídricas.

A energia adquirida no mercado para suprir estas diferenças provém de usinas térmicas, que apresentam um custo médio por kWh similar ao custo da energia solar oferecido no último leilão de Contratos de Energia de Reserva.

Ou seja, existem mecanismos na ANEEL que permitiriam incentivar a produção de energia de fontes renováveis, utilizando-se de mecanismos similares a CCD (Câmara de Compensação de Diferenças) para financiar a compra de energia de fontes renováveis, notadamente solar fotovoltaica.



Figura 25 – Relevância das políticas públicas

Fonte: Adaptado pelo Autor (RES-Legal,2015)

No Brasil, estima-se que a participação do Estado nas obras atinja o percentual de 40% do investimento total. Ao incentivar o uso de energias renováveis em seus investimentos e obras, assumiria importante papel de incentivador da cadeia produtiva solar.

8.7 Obrigação de construção

Sob este prisma, os instrumentos de que dispõe o Estado, quer sejam os Planos Diretores Municipais, os Código de Obras, Código de Postura ou Lei de Ocupação do Solo, ou mesmo a previsão de incentivos tributários e financeiros devem ser objeto de trabalho legislativo e de programas de governo, de forma a incentivar a adoção e desenvolvimento de novas tecnologias, tanto para a geração de energia elétrica quanto para o aquecimento de água para uso sanitário.

O Governo Federal, a exemplo do Decreto 5.296 de 2 de dezembro de 2004, que estabelece normas e critérios de acessibilidade para pessoas de mobilidade reduzida (Lei da Acessibilidade), também poderia criar obrigações para as empresas, os estados e municípios adotarem critérios de sustentabilidade e eficiência energética nas novas construções, incentivando a adoção de fontes de energias renováveis.

Na Comunidade Europeia, segundo a Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu, de 19 de maio de 2010, seus Estados-Membros devem promover a eficiência energética de todos os edifícios da administração pública, responsáveis por 40% do consumo energético da Europa, de acordo com um plano de objetivos e metas comuns a partir de 01/01/2012.

No Brasil, diversos programas poderiam ser aplicados por público alvo, quer sejam programas de construção de casas populares com aquecimento solar e micro geração solar fotovoltaica, sistemas de iluminação pública por painéis solares, metas de eficiência energética para novas edificações públicas e privadas, cotas de participação de energias de fontes renováveis nos contratos de fornecimento das concessionárias para prefeituras, incentivo a geração de gás de biomassa para prefeituras municipais, etc.

A municipalidade, através de suas leis de ocupação do solo e normas de zoneamento, tem papel fundamental no direcionamento da diversificação da matriz energética nacional, através da massificação dos conceitos de *Smart Cities* (cidades inteligentes), *Green Cities* (cidades sustentáveis) e *NZero Building* (edifícios com necessidade de energia quase zero).

8.8 Papel exemplar do Estado

No Brasil, ainda não existe uma legislação que obrigue a administração pública federal, estadual, municipal ou autarquias a adotar os conceitos de edificações sustentáveis ou de eficiência energética em suas iniciativas. Como as intervenções do Estado representam até 10% do Produto Interno Bruto (BRASIL,2010), sua participação seria fundamental para incentivar a sustentabilidade e eficiência energética, principalmente na construção civil de prédios com finalidades públicas.

Recentemente, o Ministério das Minas e Energia, através do CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, publicou o Guia para Eficiência Energética nas Edificações Públicas (CEPEL,2015), onde divulga técnicas e sugestões para os gestores públicos na condução de novos projetos de edificações, ainda sob a forma de recomendações.

8.9 Linhas de crédito para pesquisa e desenvolvimento (P&D)

Criação de programas de pesquisa e desenvolvimento para incentivar o a indústria do silício em pureza eletrônica, produção local de células e painéis solares, produção de inversores e controladores de carga, desenvolvimento de sistemas de armazenamento de energia são exemplos de linhas de pesquisa necessários para o desenvolvimento da cadeia produtiva local da energia solar fotovoltaica.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) publicou, em 23/10/2015, a Chamada de Proposta de Pesquisa: Mudanças Climáticas e suas Relações com Energia, Água e Agricultura (FAPESP,2015), como parte do Programa FAPESP de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais - PFPMCG.

Esta iniciativa mostra a crescente importância da gestão da água e sua relação com a geração de energia e produção de alimentos nos grandes agrupamentos urbanos, e a necessidade de fomento da pesquisa e produção científica. De forma análoga, é necessário que se desenvolvam chamadas de propostas de pesquisas para o desenvolvimento de tecnologias de geração de energia solar fotovoltaica.

8.10 Desenvolvimento do ciclo produtivo local

Segundo Esposito e Fucks (2013), a liderança de mercado chinesa na fabricação de painéis solares é resultado de um movimento recente de suas empresas, que iniciaram seus processos de produção pelas etapas finais da cadeia fotovoltaica (montagem de sistemas fotovoltaicos), nas quais as escalas de produção são menores e o mercado é mais pulverizado. Esse foi um movimento que em uma primeira fase contou com a importação de bens de capital europeus, bem como com a importação de células ou de silício purificado em grau solar.

Hoje a China já dispõe de fabricação própria desde o silício purificado até a fabricação de células e painéis fotovoltaicos. Ou seja, o país caminhou para etapas de maior escala e concentração industrial por meio de um processo de desenvolvimento tecnológico baseado na engenharia reversa e no aprendizado por meio das tecnologias importadas da Europa, dos EUA e do Japão, bem como, mais recentemente, pela aquisição de empresas.

O estabelecimento de uma indústria local, quer seja de montagem de painéis fotovoltaicos, ou mesmo nos estágios iniciais do processamento do silício em grau solar, tem a capacidade de gerar emprego, renda e incentivar o desenvolvimento industrial, científico e tecnológico nacional.

8.11 Certificação e treinamento

Considerando as projeções da Empresa de Pesquisa Energética (EPE,2014) apresentadas na Tabela 20, até 2020 serão instalados 5 GW em usinas solares no Brasil; e estima-se que sejam criados entre 20 a 30 postos de trabalho (diretos e indiretos) por megawatt solar instalado.

Tabela 20 – Evolução da capacidade projetada de renováveis

FONTE	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	MW						
RENOVÁVEIS	133.193	142.849	146.046	149.740	154.472	158.947	164.135
HIDRO ^(a)	96.123	100.935	101.874	103.344	106.167	108.941	112.178
IMPORTAÇÃO ^(b)	5.712	5.583	5.441	5.285	5.114	4.925	4.716
OUTRAS	31.358	36.331	38.731	41.111	43.191	45.081	47.241
PCH	5.854	6.289	6.439	6.619	6.799	6.919	7.319
EÓLICA	14.099	17.439	18.439	19.439	20.439	21.439	22.439
BIOMASSA	10.905	11.603	12.353	13.053	13.453	13.723	13.983
SOLAR	500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500

Fonte: EPE (2014)

Por conseguinte, serão criados entre 100 a 150 mil novas oportunidades de emprego, cujos profissionais deverão ser treinados e certificados. Para fins de comparação, o setor eólico emprega, segundo a ANEEL, 15 pessoas para cada megawatt instalado. Devido a esta demanda, é fundamental que o governo, as empresas e as entidades de qualificação profissional trabalhem para preparar adequadamente esta mão de obra especializada, quer seja nos níveis técnicos ou superior.

9 CONCLUSÕES

Como se pode observar, a tecnologia de geração de energia solar se encontra plenamente desenvolvida, madura e estável, e apresenta resultados expressivos em muitos países do mundo.

No Brasil, país com enorme potencial de exploração da energia solar fotovoltaica, esta fonte possui pequena participação (cerca de 3%) na matriz energética nacional, principalmente devido à ausência de mecanismos de incentivos e políticas públicas (ANEEL,2014).

Sob o ponto de vista financeiro, destaca-se a pequena atratividade dos projetos de investimentos em geração solar, principalmente devido ao longo *payback*, baixa taxa interna de retorno e a dificuldade de obtenção de capital para a realização do investimento.

Devido à ausência de mão de obra especializada, seu custo mostra-se elevado em comparação com outros países com tradição em micro geração solar, o elevando ainda mais o custo total dos projetos.

A inexistência de um ciclo produtivo local faz com que praticamente todos os equipamentos e insumos sejam importados, o que gera emprego e renda nos países exportadores e incidência de tributação no Brasil.

Ainda sob o ponto de tributário, existem distorções que necessitam ser revistas, como a isenção do Imposto de Importação para painéis montados e sua incidência para partes e peças desmontadas, o que não incentiva a instalações de montadoras no país, com o consequente afastamento dos postos de trabalho.

A produção mundial do silício em grau solar (SiGS), de aproximadamente 228 mil toneladas em 2013, está concentrada em um pequeno número de empresas em quatro países: Alemanha, Estados Unidos, China e Coreia do Sul. O Brasil, maior produtor de silício metalúrgico do mundo (matéria prima do silício solar), tem grande potencial de tornar-se um produtor de SiGS, pelo menos para atender seu mercado interno.

Apesar destas dificuldades, o mercado é promissor para a geração distribuída de energia solar fotovoltaica. O excesso de oferta de SiGS no mercado externo está forçando a queda dos preços dos painéis solares. A EPE (Empresa de Pesquisa Energética), órgão ligado ao MME responsável pelo planejamento

estratégico do setor energético brasileiro, indica uma crescente participação da energia solar na composição da matriz brasileira até 2030.

A adoção dos mecanismos de incentivo e das políticas públicas aqui sugeridas podem vir a criar um ambiente favorável para o desenvolvimento da energia solar. Essa mudança deverá ser iniciada nos municípios, através das mudanças das leis de zoneamento e posturas municipais de construção, com a participação da sociedade organizada, do mundo acadêmico e do cidadão.

Segundo Fabiana Varella (VARELLA, CAVALIERO, SILVA, 2008), o sucesso dos programas de energias renováveis nos países desenvolvidos é decorrente da aplicação dos mecanismos de incentivo adequados.

Estes mecanismos, que não existiam no Brasil em 2008, ainda se mostram insuficientes em 2016 para promover o crescimento das energias renováveis na matriz energética nacional, embora a Portaria 482/2012 tenha sido um progresso.

REFERÊNCIAS

ABINEE. **Propostas para inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira.** Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. São Paulo, 2012.

AHK. **Condições de importação de mini & micro-geração distribuída fotovoltaica no Brasil.** Câmara de Comercio e Indústria Brasil-Alemanha. Rio de Janeiro, 2012.

BRASIL. **Convênio ICMS 16, de 22 de abril de 2015.** Ministério da Fazenda, Brasília-DF, 2015. Disponível em : https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/convenio-icms/2015/cv016_15. Acesso em Disponível em : 14/11/2015.

ANEEL. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012.** Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília, 2012. Disponível em : <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf> . Acesso em : 14/11/2015.

_____. **Micro e mini geração distribuída:** sistema de compensação de energia elétrica. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília, 2014.

_____. **Nota Técnica nº 17/2015-SRD/ANEEL.** Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília, 2015.

BAKULIN, P.I.; KONONÓVICH, E.V.; MOROZ, V.I.. **Curso de astronomia general.** 1987. p. 279-281.

BIROL, Fatih. **World energy prospects and challenges.** Australian Economic Review, v. 39, n. 2, p. 190-195, 2006.

BNDES. **Perspectivas da energia solar e o apoio do BNDES ao setor.** Seminário de micro e mini geração distribuída. ANEEL, BNDES, 2014

BRASIL. **Edifícios públicos sustentáveis.** Senado Federal. Cartilha, Brasília-DF, 2010. Disponível em : http://www12.senado.gov.br/institucional/programas/senado-verde/pdf/Cartilhaedificios_publicos_sustentaveis_Visualizar.pdf. Acesso em : 12/11/2015.

_____. **Projetos de lei e outras proposições.** Senado Federal. Brasília-DF, 2015. Disponível em : <http://www2.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=>. Acesso em : 14/11/2015.

CCCE. **Tratamento da energia do Proinfa na CCCE nº 107.** Janeiro de 2015, Disponível em : http://www.ccee.org.br/ccee/documentos/CCEE_347022. Acesso em 01/06/2015.

CALIFORNIA. **Renewable energy program**. Disponível em :<http://www.energy.ca.gov/renewables/>. Acesso em 12/11/2015.

CELESC. **Manual de procedimentos** - Requisitos para a conexão de micro ou mini geradores de energia ao sistema elétrico da Celesc Distribuição. Disponível em : http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985239/GUIA+EFIC+ENERG+EDIF+PUBL_v1+0_12-02-2015_Completo.zip, Acesso em 12/11/2015.

CEPEL. **Guia para eficiência energética nas edificações públicas**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em : <http://novoportal.celesc.com.br/portal/images/arquivos/normas/normativa%20micro-mini%20gerao.pdf>. Acesso em 20/05/2015.

_____. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos 2014**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em : http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf. Acesso em 20/05/2015.

CHIGUERU, Tiba et AL. **Atlas solarimétrico do Brasil** : banco de dados solarimétricos. Recife : Ed. Universitária da UFPE, 2000.

CONFAZ. **Convenio ICMS nº 6, de 5 de abril de 2013**. 2013

CRESESB. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro : EPE, 2014.

DASOL. **Dados de mercado**. Disponível em : <http://www.dasolabrava.org.br/informacoes/dados-de-mercado/>. Acesso em 21/05/2015.

DUTRA, R. M.. **Viabilidade técnico-econômica da energia eólica face ao novo marco regulatório do setor elétrico brasileiro**. Rio de Janeiro : COPPE/UFRJ, 2001, 309p. Dissertação de mestrado em Planejamento Energético.

ELLIOT, E.D.. **Why the United States does not have a renewable energy policy**. Disponível em : https://www.cov.com/~media/files/corporate/publications/2013/02/why_the_united_states_does_not_have_a_renewable_energy_policy.ashx, Acesso em 13/10/2015.

EPE. **Análise da inserção da geração solar na matriz elétrica brasileira**. Ministério de Minas e Energia Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **Plano decenal de expansão de energia 2023**. Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **Anuário estatístico de energia elétrica 2014**. Ministério de Minas e Energia Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. Rio de Janeiro, 2014.

ESPAÑA. **Boletín oficial del Estado**. Disponível em : <https://www.boe.es/>. Acesso em 13/10/2015.

ESPOSITO, Alexandre S; FUCKS, Paulo G.. **Desenvolvimento tecnológico e inserção da energia solar no Brasil**. Revista do BNDES, v. 40, 2013, pp. 85-114. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/c_onhecimento/revista/rev4003.pdf. Acesso em : 14/11/2015.

EUROPEAN PARLIAMENT, “**DIRECTIVE 2009/28/EC**: on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC”, 2009.

FAPESP. **Chamada de propostas de pesquisa** : Mudanças climáticas e suas relações com energia, água e agricultura. Governo do Estado de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www.fapesp.br/9824>. Acesso em 13/10/2015.

FINLAND. **Official statistic of Finland**. Governo da Finlândia, Hensinki, 2014. Disponível em: http://www.stat.fi/tup/julkaisut/tiedostot/julkaisuluettelo/yyti_stv_201400_2014_10374_net.pdf. Acesso em 12/10/2015.

FS UNEP. **Global trends in renewable energy investment**, 2014

GOLDEMBERG, José. **Biomassa e energia**. São Paulo : Quím. Nova, v. 32,n. 3, p. 582-587, 2009 . Disponível em : http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000300004&lng=en&nrm=iso. Acesso em : 02/06/2015.

IEA-PVS. **Nation survey** - Report of PV power applications in Spain 2014. Disponível em: <http://t.co/EQLaOgB958>. Acesso em 29/09/2015.

IRENA. **Renewable energy auctions in developing countries**. Agência Internacional de Energias Renováveis,2013. Disponível em : www.irena.org/DocumentDownloads/factsheet/costing%20factsheet.pdf. Acesso em 13/10/2015.

JAPAN. **Strategic energy plan**. Agência para Recursos Naturais e Energia, Abril de 2014. Disponível em: http://www.enecho.meti.go.jp/en/category/others/basic_plan/pdf/4th_strategic_energy_plan.pdf. Acesso em 29/09/2015.

_____. **Electricity system reform**. Agência para Recursos Naturais e Energia, Junho de 2015. Disponível em: http://www.meti.go.jp/english/policy/energy_environment/electricity_system_reform/index.html. Acesso em 29/09/2015.

LNEG. **Laboratório nacional de energia e geologia** – Unidade de energia solar. Portugal. Disponível em: <http://www.lneg.pt/iedt/unidades/10/>. Acesso em 20/05/2015.

NOBEL. **Nobel prize in Physics, 1921** – Presentation Speech. Disponível em: http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1921/press.html. Acesso em 15/02/2016.

NOS. **Operador nacional do sistema elétrico**. Brasil, 2015. Disponível em: http://www.ons.org.br/conheca_sistema/mapas_sin.aspx. Acesso em 14/11/2015.

REEGLE. **Policy and regulatory overview : Japan**. Comunidade Europeia, 2015. Disponível em : <http://www.reegle.info/policy-and-regulatory-overviews/JP>. Acesso em 13/10/2015.

RES LEGAL Europe Database. **Website de informações legais sobre fontes de energia renováveis**. Comunidade Europeia. Disponível em : www.res-legal.eu, Acesso em 13/10/2015.

SEF/MG. **Lei nº 20.824, de 31 de julho de 2013**. Disponível em : http://www.fazenda.mg.gov.br/empresas/legislacao_tributaria/leis/2013/l20824_2013.htm. Acesso em 20/05/2015.

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

SOUZA, A. P. A.. **Uso da energia em edifícios**: estudo de caso de escolas municipais e estaduais de Itabira, Minas Gerais. Dissertação, Belo Horizonte, CEFET-MG, 2005.

TOLMASQUIM, Mauricio. **As origens da crise energética brasileira**. Campinas, n.6-7,p. 179-183,jun.2000. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2000000100012&lng=pt&nrm=iso, Acesso em : 03/06/2015.

VARELLA, F. K. O. M.; CAVALIERO, C.K.N.; SILVA, E. P. **Energia solar fotovoltaica no Brasil** : Incentivos regulatórios. Revista Brasileira de Energia, v.14, p.09-22,2008.

VIRIDIAN. **Energia solar fotovoltaica**. Disponível em : <http://www.viridian.com.br/tecnologia/energia+solar+fotovoltaica/4>, Acesso em 21/05/2015.

WÜSTENHAGEN R., BILHARZ M. **Green energy market development in Germany** : Effective Public Policy and Emerging Customer Demand. Disponível em : http://www.keypointer.de/fileadmin/media/W%C3%BCstenhagen-Bilharz_2004_Green-Energy-Market_DB-111-St-Gallen.pdf. Acesso em 21/05/2015.