

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

LUIZ GUILHERME DE OLIVEIRA JUNIOR

**RAZÕES QUE LEVARAM OS CONSUMIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA A SE
TRANSFORMAREM EM GERADORES: UMA ANÁLISE DA GERAÇÃO
FOTOVOLTAICA NA CIDADE DE VITÓRIA-ES EM 2017**

**VITÓRIA
2018**

LUIZ GUILHERME DE OLIVEIRA JUNIOR

**RAZÕES QUE LEVARAM OS CONSUMIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA A SE
TRANSFORMAREM EM GERADORES: UMA ANÁLISE DA GERAÇÃO
FOTOVOLTAICA NA CIDADE DE VITÓRIA-ES EM 2017**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, na área de concentração Gestão Sustentável e Energia.

Orientadora: Prof^a. D.Sc. Adriana Fiorotti Campos

Coorientador: Prof. Dr. Ednilson Silva Felipe

**VITÓRIA
2018**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial Tecnológica,
Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

O48r Oliveira Junior, Luiz Guilherme, 1970-
Razões que levaram os consumidores de energia elétrica a se transformarem em geradores: uma análise da geração fotovoltaica na cidade de Vitória-ES em 2017 / Luiz Guilherme de Oliveira Junior. – 2018.

139 f. : il.

Orientador: Adriana Fiorotti Campos.

Coorientador: Ednilson Silva Felipe.

Dissertação (Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Geração distribuída de energia elétrica. 2. Sistemas de energia fotovoltaica 3. Políticas públicas. 4. Energia renovável.

I. Campos, Adriana Fiorotti. II. Felipe, Ednilson Silva.

III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico.

IV. Título.

CDU: 628

LUIZ GUILHERME DE OLIVEIRA JUNIOR

**RAZÕES QUE LEVARAM OS CONSUMIDORES DE ENERGIA
ELÉTRICA A SE TRANSFORMAREM EM GERADORES: UMA
ANÁLISE DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NA CIDA DE VITÓRIA - ES**

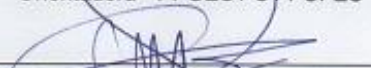
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (Modalidade Profissional) da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável na área de concentração Sustentabilidade, Ambiente e Sociedade e linha de pesquisa Gestão Sustentável e Energia.

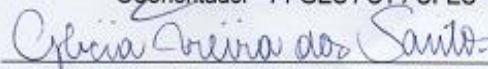
Aprovada em 21 de dezembro de 2018.

COMISSÃO EXAMINADORA

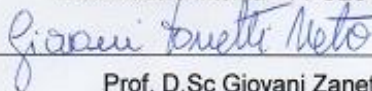


Prof.^a D.Sc. Adriana Fiorotti Campos
Orientadora - PPGES / CT / UFES



Prof. D.Sc. Ednilson Silva Felipe
Coorientador - PPGES / CT / UFES



Prof. Dr^a Glicia Vieira dos Santos
Examinadora Interna - PPGES / CT / UFES



Prof. D.Sc. Giovani Zanetti Neto
Examinador Externo - IFES


Prof. PhD. Alexandre Ottoni Teatini Salles
Examinador Externo - PPGEco / CCJE / UFES

*A memória do meu amado pai, Luiz Guilherme
À minha amada mãe, Terezinha
Aos meus filhos, Luiz Filipe e Henrique
À minha esposa, Andréia
À minha irmã, Daniella.*

AGRADECIMENTOS

A minha eterna protetora, Nossa Senhora da Penha, e a DEUS, mestre de todas as coisas, por suscitarem em mim a força para empreender esta jornada, e aos trabalhadores de sua seara, por me intuírem e guiarem nessa caminhada.

À minha companheira, amiga e amor, por vivenciar comigo cada fase desta tarefa e por suportar o cansaço e a ansiedade. Sua paciência e amor são parte da minha vitória.

À minha família, com agradecimentos extensivos à família Dias, por me dispensarem força, incentivo, compreensão, amparo e o amor de sempre.

À minha orientadora, Adriana Fiorotti Campos, por me fazer acreditar na minha capacidade e por se mostrar incansável no trabalho de orientação, cujo resultado transcende as bases tradicionais da educação. Ao meu coorientador, o professor Ednilson Felipe, por me dedicar à atenção de que eu necessitava no momento de mudança de rota desta lida.

As amigadas que conquistei nessa caminhada em especial a professora Juçara Galiza, que desde o início me apoiou e ajudou durante toda a jornada. Gratidão eterna. A minha amiga Euciane Couto, minha gratidão por estar sempre por perto quando precisei.

À banca de defesa e qualificação, em especial à professora Glícia Vieira, por sua disponibilidade e profissionalismo e por me oferecer consideráveis contribuições ao questionário de pesquisa e em toda minha dissertação.

À minha amiga e professora Silvia Salazar pela insistência em fazer com que retomasse os bancos da academia.

Aos colegas do Mestrado e todo o corpo discente do Programa de Pós Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, por contribuírem para a minha formação.

RESUMO

Com a entrada em vigor da Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012 (complementada pelas Resoluções Normativas ANEEL n.º 687/2015 e n.º 786/2017) e com a criação do Sistema de Compensação de Energia Elétrica (mecanismo nacional de *Net Metering*) surgiu, no Brasil, a possibilidade do consumidor gerar sua própria energia elétrica através de fontes renováveis (Geração Distribuída de pequena escala), tendo como suporte um espaço regulatório definido e desburocratizado. É um modelo que é vislumbrado para atrair benefícios ambientais e sociais, por ser baseado em pequenos projetos de geração de energia elétrica, e que por sua vez podem induzir padrões de consumo mais sustentáveis. Neste contexto identificar e analisar as razões que levaram os consumidores de energia elétrica a se transformarem em geradores solares fotovoltaicos, apesar da inviabilidade econômico-financeira de projetos conforme Dias, Lago e Felipe (2017), irão contribuir para decisões de futuros micro e minigeradores no propósito de optarem por essa geração. Para tanto, a metodologia utilizada foi baseada em pesquisas bibliográfica e documental e os objetivos alcançados por meio de uma entrevista aplicada em 26 Unidades Consumidoras listadas na Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) como geradoras de energia elétrica própria por meio de Unidades Geradoras Fotovoltaicas na cidade de Vitória-ES. O trabalho deixa uma contribuição de proposições para o setor de GD e analisa as políticas públicas existentes. Concluiu-se que, mesmo que a GD não faça parte de uma política estratégica consolidada (falta de conhecimento da própria Resolução e outros incentivos diretos), os geradores fotovoltaicos estão satisfeitos com o sistema, mas não o instalaram apenas para buscar redução no valor de suas contas de energia elétrica e para terem acesso a incentivos fiscais e regulatórios, mas sim, para sustentar suas crenças do ponto de vista ambiental.

Palavras - chave: Geração distribuída de energia elétrica. Sistemas de energia fotovoltaica. Políticas públicas. Energia renovável.

ABSTRACT

With the entry into force of ANEEL Normative Resolution No. 482/2012 (supplemented by ANEEL Normative Resolution n.º 687/2015 and n.º 786/2017) and with the creation of the Electric Energy Compensation System (the national mechanism of *Net Metering*), it has emerged, in Brazil, the possibility of the consumer generating their own electricity through renewable sources (distributed generation of small scale), having as support a defined and unbureaucratic regulatory space. It's a model that is glimpsed to attract environmental and social benefits because it is based on small electric power generation projects, which in turn can induce more sustainable consumption patterns. In this context, identify and analyze the reasons that led the electric power consumers to become solar photovoltaic generators, despite the economic and financial unfeasibility of projects according Dias, Lago e Felipe (2017), will contribute to decisions of future micro and mini-generators in order to opt for this generation. The methodology used was based on bibliographical and documentary research and the objectives achieved through an interview applied to 26 Consumer Units listed at ANEEL as generators of their own electricity through Photovoltaic Generating Units in the city of Vitória, Espírito Santo state. The work leaves a contribution of propositions of propositions to the sector of distributed generation (DG) and analyzes the present public policies. It was concluded that even if DG is not part of a consolidated and strategic policy (lack of knowledge of the Resolution itself and other direct incentives), photovoltaic generators are satisfied with the system, but have not installed it due only to seeking a reduction in the value of their electricity bills and make access to tax and regulatory incentives, but rather to sustain their beliefs from the environmental point of view.

Keywords: Distributed electric energy generation. Photovoltaic power system. Public policies. Renewable energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura do mercado de energia elétrica no Brasil.....	25
Figura 2 – Mapa da irradiação global horizontal no mundo.....	34
Figura 3 – Esquema simplificado de sistema de FV ligado à rede (<i>on-grid</i>) (a) e sistema isolado (<i>off-grid</i>) (b).....	37
Figura 4 – Mapa do potencial de geração solar fotovoltaica em termos do rendimento energético anual para todo o Brasil (medido em kWh/kWp.ano no perfil de cores)	62
Figura 5 – Geração de energia elétrica convencional x geração distribuída	75
Figura 6 – Média anual da radiação solar global no Espírito Santo de 1995 - 2005 ...	83
Figura 7 – Localização das UCs entrevistadas na cidade de Vitória-ES.....	110
Figura 8 – Sistema de GD solar fotovoltaico instalado no telhado da UC 03 (a) e sala dos inversores e das proteções do sistema (b)	115

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Oferta interna de energia por combustível no mundo - 2016.....	28
Gráfico 2 – Oferta mundial de energia renovável - 2016.....	29
Gráfico 3 – Participação por fonte na geração da eletricidade total no mundo - 2016.....	30
Gráfico 4 – Consumo final de eletricidade mundial por setor de 1974 - 2016	31
Gráfico 5 – Taxas de crescimento da oferta mundial das energias renováveis 1990 - 2016	32
Gráfico 6 – Capacidade fotovoltaica instalada no mundo de 2006 - 2017	40
Gráfico 7 – Oferta interna de energia no Brasil - 2017	57
Gráfico 8 – Oferta Interna de energia elétrica do Brasil - 2017	59
Gráfico 9 – Oferta interna bruta de energia no Espírito Santo - 2016	64
Gráfico 10 – Participação por fonte na geração de energia elétrica no Espírito Santo - 2016	65
Gráfico 11 – Número de instalações e capacidade instalada de GD por Estado no Brasil - 2018*	77
Gráfico 12 – Evolução da geração distribuída fotovoltaica anual e por trimestre em função da capacidade instalada no Brasil de 2014 - 2018	79
Gráfico 13 – <i>Payback</i> descontado.....	87
Gráfico 14 – Razões que levaram os consumidores a aderirem ao sistema de GD utilizando a geração solar fotovoltaica	114
Gráfico 15 – Porcentagem de respostas “SIM” e “NÃO” dos geradores solares às perguntas da pesquisa.....	116

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais políticas de incentivos para a energia renovável da China	44
Quadro 2 – Principais políticas de incentivos para a energia renovável da Alemanha	46
Quadro 3 – Principais políticas de incentivos para a energia renovável do Japão	48
Quadro 4 – Principais políticas de incentivos para a energia renovável dos EUA	50
Quadro 5 – Principais políticas de incentivos para a energia renovável do Chile	53
Quadro 6 – Principais mudanças relacionadas à micro e minigeração distribuída após a Resolução Normativa ANEEL n.º 687/2015 e a Resolução Normativa ANEEL n.º 786/2017	74
Quadro 7 – Especificações e diagrama esquemático do sistema proposto	86
Quadro 8 – Estágios das políticas públicas.....	91
Quadro 9 – Principais políticas públicas direcionadas às energias renováveis no mundo	94
Quadro 10 – Políticas públicas direcionadas às energias renováveis nos Países.....	96
Quadro 11 – Barreiras e desafios para inserção de energias renováveis	97
Quadro 12 – Principais políticas vigentes no Brasil.....	101
Quadro 13 – Espírito Santo: legislação aplicada a energias renováveis	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – <i>Ranking</i> dos dez Países com maior capacidade fotovoltaica instalada em gigawatts (GW) - 2017	38
Tabela 2 – Capacidade instalada de geração solar fotovoltaica em Países selecionados, América do Sul e Mundo de 2008 - 2017	41
Tabela 3 – Matriz de capacidade instalada de geração de energia elétrica do Brasil - 2018	60
Tabela 4 – Irradiação global horizontal solar (média) para as capitais do Brasil e cidades do mundo em kWh/m ² /dia - 2018.....	61
Tabela 5 – Quantidade e potência instalada de UCs com GD no Brasil - 2018	76
Tabela 6 – Estimativa de utilização de GD de FV em 1% das residências por microrregião - 2013	84
Tabela 7 – Parâmetros para análise de viabilidade do investimento.....	86
Tabela 8 – VPL e respectiva TMA.....	87
Tabela 9 – Participação das UCs pesquisadas	109

LISTA DE SIGLAS

ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulada
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ARSP	Agência de Regulação de Serviço Público
BEES	Balanço Energético do Espírito Santo
BEN	Balanço Energético Nacional
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CEMIG	Centrais Elétricas de Minas Gerais
CGH	Central Geradora Hidráulica
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CSP	<i>Concentrating Solar Power</i>
DoE	<i>Department of Energy</i>
EIA	<i>Energy Information Administration</i>
EPRI	<i>Electric Power Research Institute</i>
FINAME	Financiamento de Máquinas e Equipamentos
FINEM	Financiamento a Empreendimentos
FIT	Tarifa <i>feed-in</i>
FV	Energia Solar Fotovoltaica
GC	Geração Centralizada
GD	Geração Distribuída
GDSFV	Geração Distribuída de Sistema de Energia Solar Fotovoltaica
GEE	Gases de Efeito Estufa
GW	Gigawatt
GWh	Gigawatt hora
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IEA	<i>International Energy Agency</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados
IRENA	<i>International Renewable Energy Agency</i>
kW	Kilowatt

kWh	Kilowatt hora
METI	<i>Ministry of Economy Trade and Industry</i>
Mtep	Milhões de Tonelada Equivalente de Petróleo
MW	Megawatt
MWh	Megawatt hora
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
OECD	<i>Organization for Economics Co-operation and Development</i>
OIE	Oferta Interna de Energia
OIEE	Oferta Interna de Energia Elétrica
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PIE	Produtor Independente de Energia
PRODEEM	Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios
PRODIST	Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
PROENERGIA	Programa Estadual de Eficiência Energética e de Incentivo ao Uso de Energias Renováveis
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
PWh	Petawatt hora
P&D&I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
REN21	<i>Renewable Energy Policy Network for the 21st Century</i>
SEB	Setor Elétrico Brasileiro
SIN	Sistema Interligado Nacional
TGC	<i>Tradable Green Certificates</i>
TP	Tarifa Prêmio
TPES	<i>Total Primary Energy Supply</i>
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
TUST	Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão
TWh	Terawatt hora
UC	Unidade Consumidora
UFV	Unidade de Energia Solar Fotovoltaica
UNDP	<i>United Nations Development Programme</i>
Wp	Watt-pico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Justificativa/Problema da Pesquisa.....	19
1.2 Objetivos	21
1.2.1 Objetivo Geral	21
1.2.2 Objetivos Específicos	21
2 A ENERGIA ELÉTRICA NO MUNDO: A EXPANSÃO DA FONTE SOLAR FOTVOLTAICA.....	22
2.1 Estrutura do Setor Elétrico: principais conceitos.....	22
2.2 A Energia Elétrica no Mundo: o crescimento da fonte solar fotovoltaica.....	26
2.2.1 China	41
2.2.2 Alemanha	44
2.2.3 Japão.....	47
2.2.4 Estados Unidos	48
2.2.5 Chile	51
2.3 Considerações Finais	53
3 ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL: O CRESCIMENTO DA FONTE SOLAR FOTVOLTAICA.....	55
3.1 Matriz Energética do Brasil.....	57
3.2 Matriz Energética do Espírito Santo e Geração de Energia Elétrica.....	63
3.3 Considerações Finais	66
4 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL.....	68
4.1 Conceitos da Geração Distribuída e o Crescimento da GD Fotovoltaica.....	70
4.2 Geração Solar Fotovoltaica no Espírito Santo.....	82
4.3 Estudo de Viabilidade Econômica da Geração Distribuída Fotovoltaica no Espírito Santo.....	84
4.4 Considerações Finais	88
5 POLÍTICAS PÚBLICAS DE FOMENTO À GERAÇÃO DISTRIBUÍDA... ..	90
5.1 Conceitos e Definições.....	90
5.2 Mecanismos para Promoção de Energias Renováveis no Mundo.....	93
5.3 Barreiras às Entradas de Fontes Renováveis nas Matrizes Energética e Elétrica	97
5.4 Políticas Públicas e Incentivos às Fontes Renováveis no Brasil	99
5.5 Políticas Públicas e Incentivos às Fontes Renováveis no Espírito Santo.....	102
5.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
6 METODOLOGIA.....	106
6.1 Tipo da Pesquisa.....	106
6.2 Ações da Pesquisa.....	106
6.3 Pesquisa de Campo	107
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES	112
7.1 Razões que Levaram Os Consumidores a Aderirem ao Sistema de GD utilizando a Geração Solar Fotovoltaica	112

7.2 Atendimento às Expectativas dos Consumidores de Energia Elétrica que Aderiram ao Sistema de GD Solar Fotovoltaico.....	115
7.3 Discussões Sobre os Incentivos aos Geradores Distribuídos no Espírito Santo.....	117
8 CONCLUSÃO.....	120
REFERÊNCIAS.....	122
APÊNDICE A – FORMULÁRIO DE ENTREVISTA.....	136

1 INTRODUÇÃO

Essa dissertação volta-se para as razões da mudança de perfil de Unidades Consumidoras (UCs) de energia elétrica de Vitória-ES que se transformaram em geradores utilizando painéis fotovoltaicos.

Tal proposta se coloca em um contexto em que a demanda mundial por eletricidade cresce aceleradamente junto com a complexidade do setor elétrico. Hoje a eletricidade preenche essa centralidade nas sociedades, nas vidas e nas indústrias. O seu suprimento seguro, econômico e difundido é entendido como necessário; sua “descontinuação”, mesmo por pouco tempo, causa desconforto ou até transtornos nos sistemas de informação e bancários, e também para prover as condições indispensáveis da sociedade (GARCEZ, 2015).

A futura geração de energia elétrica deverá se adequar às necessidades do mercado energético, respeitando as características únicas do seu sistema elétrico, introduzindo ganhos de eficiência, confiabilidade e flexibilidade, e procurando ao mesmo tempo responder aos desafios de sempre: aumentar a eficiência de utilização dos recursos energéticos e minimizar os impactos ambientais decorrentes do seu processo (LORA; HADDAD, 2006).

A inserção de fontes renováveis na geração de energia pode ser realizada através de duas vertentes: a Geração Distribuída (GD) e a geração centralizada (GC). Nessa dissertação o foco será o método de geração distribuída, que apresenta diversos benefícios, entre eles a redução das perdas referentes à transmissão de energia elétrica, a postergação dos investimentos na expansão do sistema de distribuição e transmissão e, além disso, o impacto ambiental é reduzido. Porém, vale ressaltar a importância da GC, que tem ganhado impulso através dos Leilões, para a disseminação dessas novas fontes, uma vez que estimula a competitividade econômica frente às fontes convencionais de geração, atrai investimentos, novos fornecedores e políticas de incentivo para fontes renováveis.

Nesse cenário, a proposta de micro e minigeração distribuída, instituída pela Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012, e atualizada pelas Resoluções Normativas ANEEL n.º 687/2015 e n.º 786/2017 (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012b, 2015, 2017), que criou o sistema de compensação de energia elétrica fundamentado no mecanismo internacional de *Net Metering*, ou seja,

na medição líquida entre o que foi consumido e o que foi injetado na rede de distribuição, surgiu como alternativa para o aumento da oferta interna de energia limpa, abrindo a possibilidade de o consumidor gerar sua própria energia através de fontes renováveis. Criou-se assim, um espaço regulatório definido e desburocratizado para a Geração Distribuída (GD) de pequena escala (FREITAS; HOLLANDA, 2015; TOLMASQUIM, 2015).

Devido às condições hidrológicas desfavoráveis nos últimos anos e às medidas governamentais implantadas em 2012 (visando à diminuição de custos e melhoria nos preços da energia elétrica), agravaram-se as condições de oferta de energia. Reforçou-se assim, o debate sobre a necessidade de diversificação da matriz elétrica nacional e destacou-se (a) o incentivo às fontes alternativas, como a solar, a eólica e o biogás, como caminho para a diversificação, e (b) a descentralização da oferta de energia, para tornar menos necessários os vultosos investimentos em grandes usinas hidroelétricas (DIAS; LAGO; FELIPE, 2017).

Do lado da sustentabilidade, uma das principais motivações para o desenvolvimento da energia solar é o desejo de fugir dos combustíveis fósseis com o seu efeito adverso no ambiente como a atenuação da poluição do ar, melhorando a saúde respiratória e diminuindo a geração de gases de efeito estufa (GEE)¹.

Conforme dados da Agência Nacional de Energia Elétrica, em agosto de 2018, o número de conexões de sistemas de GD era 35.819 no País que representavam potência instalada de 429.203 W, com mais de 99% dessas fontes de origem solar. Do total de micro e minigeradores conectados à rede, somente 1,4% da capacidade instalada no País está no Espírito Santo, o que coloca o Estado na 17.^a posição, se comparado com as demais Unidades Federativas do País (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2018).

No caso do Estado do Espírito Santo, a situação apresenta-se mais complicada, a oferta interna de energia estadual é fortemente marcada por fonte não renovável. O setor de energias renováveis é ainda muito incipiente e necessita de uma gestão mais sustentável dos recursos e de políticas de incentivo. Destaca-se que a autoprodução é fortemente marcada por fonte não renovável – 66% térmicas a óleo

¹ Substâncias gasosas que absorvem parte da radiação infravermelha, emitida principalmente pela superfície terrestre, e dificultam seu escape para o espaço. Isso impede que ocorra uma perda demasiada de calor para o espaço, mantendo a Terra aquecida. O efeito estufa é um fenômeno natural.

combustível. A geração em usinas hidrelétricas (quatro), pequenas centrais hidrelétricas (13), centrais geradoras hidrelétricas (seis) e centrais geradoras solares fotovoltaicas (900) corresponde a 34% do total, de acordo com o Relatório de Informações Energéticas de janeiro a junho de 2018, apresentado pela Agência de Regulação de Serviços Públicos (ARSP) do Espírito Santo (2018).

Um dos incentivos à GD é definido no Convênio CONFAZ n.º 16/2015 que autoriza os Estados a concederem isenção do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) sobre a parcela da energia produzida e injetada na rede da concessionária, sujeita a faturamento sob o sistema de compensação de energia elétrica distribuída. No entanto, o Estado do Espírito Santo só aderiu ao Convênio em dezembro de 2017. Isso gerou desvantagens econômicas para os candidatos à geração, como, por exemplo, aumento da taxa interna de retorno (TIR) e *payback* (tempo de retorno sobre o investimento, na média acrescentada em um ano e meio nos projetos residenciais).

Do ponto de vista da segurança energética, a geração de energia renovável no Estado poderia trazer uma tranquilidade maior, visto que hoje a maioria da sua energia elétrica é importada de outros Estados da federação, criando assim uma dependência externa.

1.1 Justificativa/Problema da Pesquisa

A demanda por energia no Brasil está diretamente relacionada ao crescimento econômico e aumenta de forma progressiva. A diversificação da matriz energética com fontes de energia renovável é uma propensão global, e o Brasil já tem tomado medidas que proporcionam a inserção de novas fontes às já existentes. A energia solar vem ao encontro desse objetivo como fonte de energia abundante, renovável, não poluente e, sobretudo, disponível em todo o planeta (WORLD WIDE FUND FOR NATURE-BRASIL, 2015b).

Existem dois mecanismos assegurados pelo sistema *Smart grid*² que atuam na

² O termo *Smart grid* tem sido usado há pelo menos 10 anos, principalmente por meio do IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) e do EPRI (*Electric Power Research Institute*), sendo um conceito basicamente associado à aplicação de processamento digital e comunicações para a rede elétrica.

redução da emissão de CO₂³ independentemente da economia de energia. Primeiramente a maior integração de fontes renováveis na matriz geradora. E, também, maior desenvolvimento e integração dos veículos elétricos híbridos à rede (*PHEVs – Plug-in hybrid electric vehicles*). Ambos os mecanismos, provocam, ao mesmo tempo, economia energética e redução nas emissões, enquanto fontes renováveis, particularmente as intermitentes, como solares e eólicas, diminuem o uso de combustíveis fósseis e reduzem a intensidade global de carbono emitido na atmosfera (CENTRAIS ELÉTRICAS DE MINAS GERAIS, 2012a). A GD pode substituir ou complementar a energia da rede em locais com tarifas excessivas, gerando desse modo economia ao consumidor (WORLD WIDE FUND FOR NATURE-BRASIL, 2015b).

Na realidade do Espírito Santo, até julho de 2017, todas as instalações de GDs interligadas à rede no Estado eram do tipo fotovoltaicas, com potência variando de 0,5 até 153 kW (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2018). Entretanto, ainda não há estudos que analisam as razões que levaram estes consumidores a optarem gerar sua própria energia elétrica no município de Vitória-ES.

Nesta direção, esta pesquisa objetiva analisar as instalações de GDs conectadas à rede na cidade de Vitória-ES na ótica dos seus responsáveis, identificando quais eram as expectativas desses consumidores residenciais e comerciais antes da sua conversão para GDs, se estas foram atendidas e por quais motivos, quais são as vantagens e desvantagens dessa forma de geração de energia elétrica, compreendendo se há e quais são as oportunidades de melhora nos incentivos fiscais para micro e minigeradores distribuídos fotovoltaicos e, por último, as razões que levaram os consumidores a gerar energia elétrica própria, após entrada em vigor da Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012 e suas atualizações pelas Resoluções Normativas ANEEL n.º 687/2015 e n.º 786/2017.

A partir do conhecimento dessas razões, este estudo estará contribuindo para decisões de futuros micro e minigeradores no propósito de optarem por essa modalidade de geração de energia elétrica.

³ Também conhecido como gás carbônico, o dióxido de carbono, o famoso CO₂, é um composto químico gasoso e um dos gases que pode desequilibrar o efeito estufa. É emitido na atmosfera, principalmente, pelo uso de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural) nas atividades humanas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Identificar e analisar as razões que levaram as UCs de Vitória-ES a gerarem energia própria após entrada em vigor da Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012 e suas atualizações pelas Resoluções Normativas ANEEL n.º 687/2015 e n.º 786/2017, à luz da controvérsia sobre a viabilidade econômica do projeto solar fotovoltaico no ano de 2017.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo citado, os seguintes itens serão abordados:

- a) Identificar o quantitativo de UCs instaladas em Vitória-ES.
- b) Caracterizar o perfil das UCs.
- c) Verificar se as UCs identificadas conhecem a Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012 (atualizada pelas Resoluções Normativas ANEEL n.º 687/2015 e n.º 786/2017) e o Convênio CONFAZ n.º 16/2015.
- d) Verificar se a Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012 (atualizada pelas Resoluções Normativas ANEEL n.º 687/2015 e n.º 786/2017) contribuiu para a instalação da geração distribuída fotovoltaica nas UCs pesquisadas.
- e) Identificar quais eram as expectativas dos consumidores residenciais e comerciais (baixa e média tensão) antes da instalação da geração distribuída fotovoltaica em suas UCs.
- f) Verificar se tais expectativas foram atendidas e por quais motivos.
- g) Identificar, de acordo com a percepção dos entrevistados após a implementação da geração nas UCs, quais são as vantagens e as desvantagens dessa forma de geração de energia elétrica distribuída.
- h) Verificar, de acordo com a percepção dos entrevistados, se há e quais são as oportunidades de melhora nos incentivos fiscais para micro e minigeradores distribuídos fotovoltaicos.
- i) Verificar, como foram implantadas na cidade de Vitória-ES as políticas públicas referentes aos projetos de GDs.

2 A ENERGIA ELÉTRICA NO MUNDO: A EXPANSÃO DA FONTE SOLAR FOTVOLTAICA

A revisão de literatura apresentada neste e nos capítulos subsequentes tem como função dar suporte à compreensão do tema estudado neste trabalho. Tal conhecimento torna-se fundamental para embasar as análises relativas à importância das políticas públicas na inserção da geração distribuída solar fotovoltaica diante dos resultados das entrevistas realizadas com os prossumidores (consumidor que opta por investir na geração própria de energia) da cidade de Vitória-ES. Este capítulo aborda conceitos básicos a respeito de energia, tendo como suporte as estruturas do setor energético do Brasil. Na sequência, apresentam-se a energia elétrica no mundo com destaque para fonte de geração solar fotovoltaica e aborda seu crescimento nos principais Países que a incentivaram, por meio de políticas de incentivos fiscais e regulatórios. O texto procurou ainda contextualizar a geração de energia elétrica a partir da Geração Distribuída de Sistema de Energia Solar Fotovoltaica (GDSFV) nos Estados brasileiros, destacando o Espírito Santo, local da pesquisa de campo com as Unidades Consumidoras da cidade de Vitória-ES. Finaliza-se com o conceito de políticas públicas e seus estágios de implantação. Tal conhecimento torna-se fundamental para embasar as análises relativas ao aproveitamento do sistema solar fotovoltaico realizadas mais adiante, nos Capítulos 7 e 8.

2.1 Estrutura do Setor Elétrico: principais conceitos

Os desafios atuais enfrentados pelo setor elétrico são inúmeros: mudanças climáticas, aumento de demanda do consumo, infraestrutura insatisfatória ou antiga, universalização de acesso, novas tecnologias, dentre outros (GARCEZ, 2015).

Segundo Garcez (2015) a estrutura do setor elétrico foi baseada em modelos de economia tradicional com custo médio mais barato, gerando assim, a sua redução e aumentando a lucratividade do setor: grandes projetos de geração de energia levados aos consumidores por meio de linhas de transmissão, muitas vezes acarretando perdas de energia consideráveis.

Atualmente, o setor elétrico brasileiro está dividido em quatro segmentos: geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia. A geração de energia é

efetuada por fontes originárias de recursos hídricos, gás natural, biomassa, eólica, solar, petróleo e derivados, lenha e carvão vegetal, carvão mineral e coque, derivados de cana-de-açúcar e nuclear, com predomínio da primeira. Essa predominância decorre da extensa superfície territorial do País, com muitos planaltos e rios caudalosos. Esse potencial hídrico é estimado em 260 GW, dos quais apenas 34% já foram aproveitados (TOLMASQUIM, 2015).

O segmento de transmissão é composto por linhas de transmissão e subestações, sendo sua função principal realizar o transporte da energia produzida até as distribuidoras de energia ou consumidores livres⁴. A conciliação de economicidade com confiabilidade envolve, geralmente, opções tecnológicas (corrente alternada e contínua, por exemplo) e a necessidade de rotas alternativas para as linhas de transmissão, para minimizar o risco de contingências múltiplas (TOLMASQUIM, 2015).

A distribuição, última etapa da cadeia de suprimento do setor elétrico, tem como objetivo levar a energia entregue pelo sistema de transmissão aos consumidores residenciais, comerciais e industriais do Mercado Cativo (ACR)⁵, do Mercado Livre (ACL) e dos mercados especiais⁶. O alto índice de perdas técnicas e não técnicas, baixo índice de qualidade de serviços prestados⁷ e altos custos operacionais são problemas conhecidos deste setor (BARROS, 2014).

Nesse complexo sistema de geração, transmissão e distribuição estão presentes diversas empresas públicas, mistas e privadas, que exploram recursos naturais existentes para a geração de energia, bem como prestam os serviços de transmissão e distribuição da energia elétrica no País. Essas atividades são regulamentadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), vinculada ao

⁴ Os consumidores ditos “livres” operam no Ambiente de Contratação Livre (ACL) e podem escolher seu fornecedor de energia, negociar preços e condições contratuais.

⁵ Os consumidores ditos “cativos” pactuam contratos de adesão com o distribuidor que opera a região, mas não podem negociar as cláusulas desses contratos.

⁶ Os consumidores ditos “especiais” são os que possuem demanda contratada igual ou maior que 500 e menor que 3.000 kW, independentemente do nível de tensão. Podem contratar energia proveniente apenas de usinas eólicas, solares, a biomassa, pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) ou hidráulica de empreendimentos com potência inferior ou igual a 50.000 kW, as chamadas fontes especiais de energia.

⁷ Desde 2009 as concessionárias brasileiras não conseguiram cumprir as metas de qualidade do fornecimento medidas através dos indicadores de continuidade de DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora). O Brasil também se encontra bem abaixo das referências de qualidade de distribuição de energia internacionais (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2010, p.7).

Ministério de Minas e Energia, sendo que esta agência reguladora utiliza duas diferentes instituições para gerenciar o sistema de energia:

- O Operador Nacional do Sistema (ONS), criado pela Lei n.º 9.648/1998, pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, que exerce as atividades de coordenação do Sistema Interligado Nacional;
- Câmara de Comércio de Energia (CCEE), criada pela Lei n.º 10.848/2004, pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, autorizada pelo Poder Concedente. É responsável por promover Leilões de energia, *marketing*, registro de contrato e contabiliza a quantidade de energia comercializada em períodos de tempo.

Na CCEE, existem dois tipos de comercialização de energia:

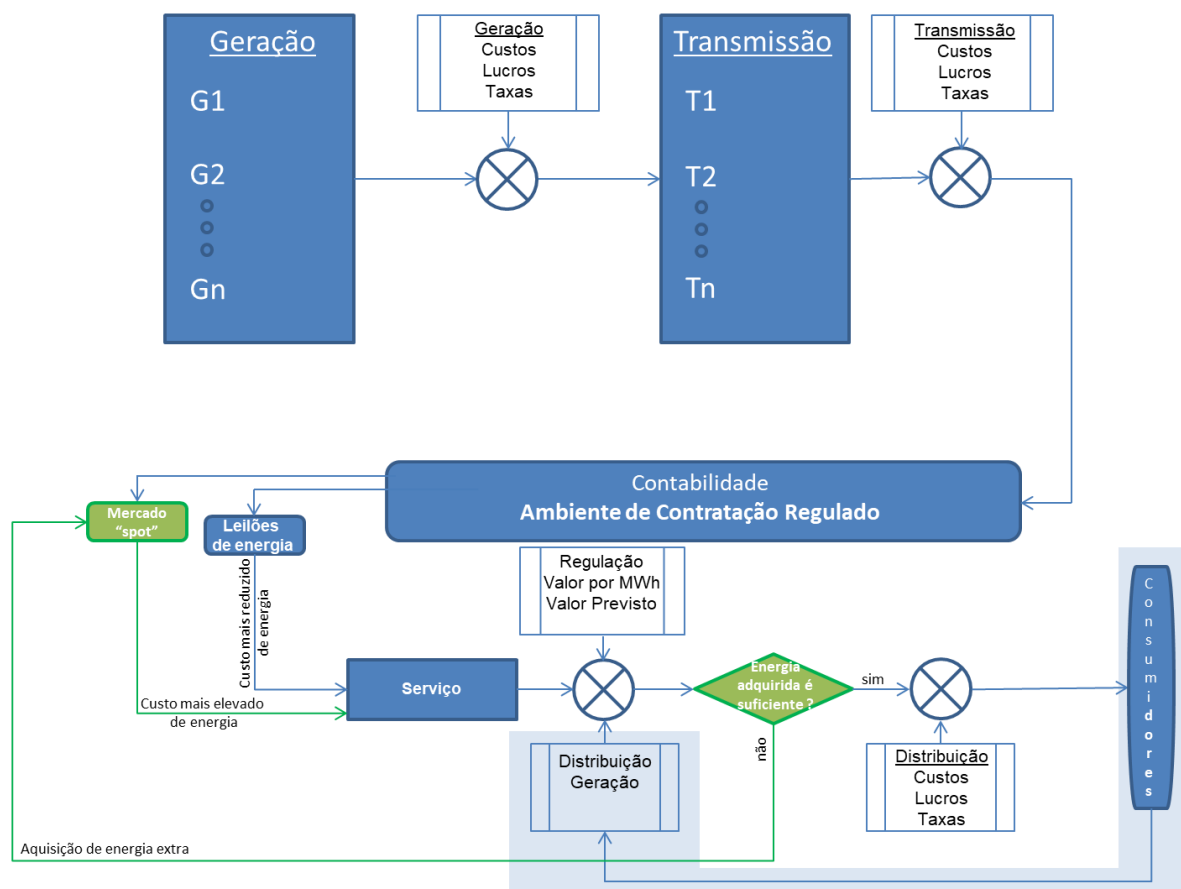
- Ambiente de Contratação Regulado (ACR) que é formado pelas concessionárias de distribuição do Sistema Interligado Nacional (SIN). Há também permissionárias de distribuição, grande parte composta por cooperativas de eletrificação que atendem seus associados. Os integrantes desse ambiente realizam as operações de compra e venda de energia elétrica entre eles, precedidas de licitação, ressalvados os casos previstos em lei, conforme regras e procedimentos de comercialização específicos.
- Ambiente de Contratação Livre (ACL) é o segmento do mercado no qual se realizam as operações de compra e venda de energia, objeto de contratos bilaterais livremente negociados entre agentes concessionários, permissionários e autorizados de geração, comercializadores, importadores, exportadores de energia, consumidores livres e consumidores especiais.

Em síntese, Camilo e outros (2017) esclarecem que as concessionárias no mercado brasileiro devem negociar estritamente no ACR, portanto, o mercado regulamentado. Para definir a compra de energia, a concessionária deve prever sua demanda para atender sua base de clientes e depois participar de Leilões de energia promovidos pela CCEE para outorgar a carga exigida das empresas de geração.

Os segmentos de geração, transmissão e distribuição no Brasil estão conectados por intermédio do Sistema Interligado Nacional, o qual é coordenado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). O último segmento é o de comercialização e tem a função de adquirir energia elétrica de empresas geradoras e vender para empresas do Mercado Livre de Energia (ACL).

Para um melhor entendimento, na Figura 1, apresenta-se um resumo de como as diferentes fases do ciclo de vida de produção de energia e mercado interagem uns com os outros até chegar ao consumidor. É importante observar que, entre muitos pontos, há inevitáveis custos operacionais crescentes (transmissão e distribuição de energia elétrica), que impõem preços elevados da eletricidade aos consumidores finais, assim como o concessionário deve administrar os custos para que sua operação seja financeiramente equilibrada (CAMILO et al., 2017).

Figura 1 – Estrutura do mercado de energia elétrica no Brasil



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Camilo e outros (2017).

O setor elétrico brasileiro é uma indústria intensiva em capital, com um produto homogêneo, a demanda se apresenta quase inelástica e tarifas são reguladas devido à existência de monopólios naturais. Essas características não favorecem a ocorrência de processos de inovação de forma explícita à dinâmica do setor. A geração própria de energia vem para desafiar as mudanças do setor que, normalmente, se dão pela busca por ganhos de eficiência e melhoria da qualidade do serviço ofertado pelo sistema elétrico do País (DANTAS et al., 2018).

Nos últimos anos e em todo mundo, a desregulamentação da indústria de energia elétrica tem levado a mudanças profundas na indústria e em seu mercado. Neste sentido, o alvo principal tem sido buscar um mercado competitivo, inovador e voltado para os consumidores (LORA; HADDAD, 2006).

A Empresa de Pesquisa Energética, vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), publicou o Plano Nacional de Energia 2030 considerando estes pontos não esquecendo a perspectiva do crescimento sustentável. As expectativas delineadas nesse conteúdo mostram a relevância a ser adquirida pelas fontes de energias renováveis e, portanto, da tecnologia solar fotovoltaica (PEREIRA JR. et al., 2008).

Dentre os principais benefícios da expansão destas fontes estão os custos evitados das perdas de transmissão e distribuição, já que a sua geração se faz perto da carga. Estima-se que estes possam chegar de 5 a 10% de todos os kWh gerados pelo sistema atual (SOLAR AMERICA BOARD FOR CODES AND STANDARDS, 2012).

Por último, vale destacar que a GD de sistema solar fotovoltaico no Brasil, apresenta vantagens em detrimento às outras fontes de geração distribuída devido à alta incidência de irradiação solar ao longo do seu território e a facilidade de instalação no meio urbano com variadas possibilidades de projetos, como será visto no Capítulo 4 desse trabalho.

Primeiramente, será visto como a GD de sistema solar fotovoltaico ganhou amplitude em diversos Países pelo mundo.

2.2 A Energia Elétrica no Mundo: o crescimento da fonte solar fotovoltaica

Estima-se que, atualmente, cerca de dois bilhões de pessoas, quase um terço da população mundial, não têm acesso à energia elétrica nem contam com os meios para que se evitem ciclos recorrentes de pobreza⁸ e privações. No Brasil este número chega a seiscentas mil pessoas segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015). Por outro lado, os impactos negativos decorrentes da produção e do uso da energia elétrica contribuem para

⁸ O Banco Mundial utiliza a faixa de US\$ 1 dólar por dia por pessoa como linha de indigência (renda suficiente para comprar apenas os alimentos necessários para repor os gastos energéticos) e de US\$ 2 dólares por dia por pessoa como linha de pobreza extrema (renda considerada suficiente para satisfazer as necessidades mínimas dos moradores de um domicílio).

aumentar a ameaça à saúde e ao bem-estar das atuais e das futuras gerações (SEVERINO, CAMARGO; OLIVEIRA, 2008).

O Banco Mundial e a *International Energy Agency (IEA)* têm relatado que a necessidade mundial de energia elétrica está aumentando tão rapidamente que uma duplicação da capacidade instalada será necessária nas próximas décadas. Prevê-se que, se o padrão de consumo de energia elétrica global, 20.863 TWh⁹ em 2016 continuar, o consumo mundial de energia será acrescido em 50% em 2030 (AKIKUR et al., 2013).

Centrais elétricas convencionais baseadas em combustíveis fósseis produzem uma grande quantidade de gases de efeito estufa (GEE)¹⁰. Na Europa, a geração de energia elétrica é responsável por um terço das emissões de CO₂; na Holanda é mais de 50% e na Índia, 45%. Uma enorme oportunidade existe dentro deste setor para reduzir a emissão e contribuir significativamente para mitigar a mudança climática (VERMA; KUMAR, 2013).

A energia renovável pode ser considerada uma saída para os problemas relatados, com a utilização de energia solar ou eólica que estão crescendo rapidamente, em detrimento à desativação de usinas nucleares, que apesar de ser uma fonte de energia eficaz, é também vulnerável a desastres naturais e a erros humanos (ZHENG; PAN, 2014).

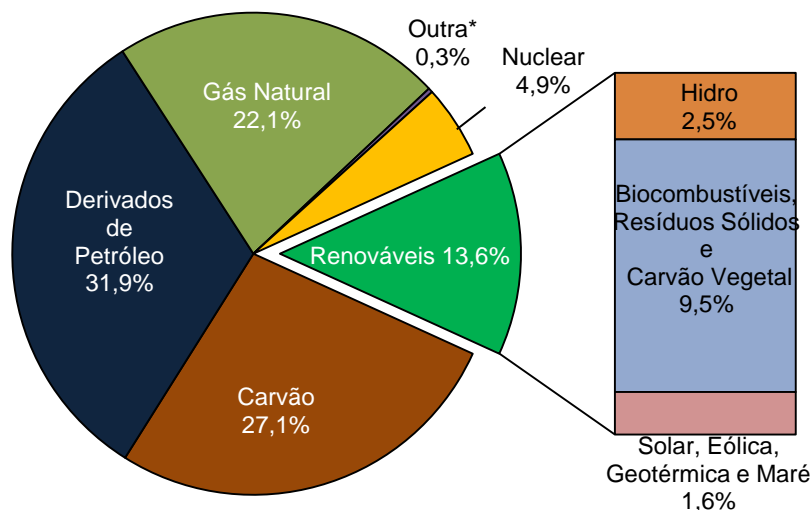
A energia, para ser conceituada como renovável, deve ser procedente de fontes naturais cuja capacidade de regeneração, no curto e médio prazo, seja constante. Do contrário, não são renováveis. Campos e Moraes (2012) afirmam que as fontes renováveis são aquelas que não sofrem alterações perceptíveis (mensuráveis) com a contínua utilização humana, tais como a energia hidráulica, a eólica, a solar e as biomassas (cultivadas ou manejadas).

⁹ Um TWh equivale a um bilhão de quilowatts-hora.

¹⁰ São substâncias gasosas que absorvem parte da radiação infravermelha, emitida principalmente pela superfície terrestre, e dificultam seu escape para o espaço. Isso impede que ocorra uma perda demasiada de calor para o espaço, mantendo a Terra aquecida. Dentre estes gases, estão o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O), perfluorcarbonetos (PFC's) e também o vapor de água.

A oferta mundial de energia primária (TPES – do inglês *Total Primary Energy Supply*), em 2016, foi de 13.761 Mtep¹¹, dos quais 13,6%, ou seja, 1.882 Mtep foram gerados a partir de fontes de energia renováveis conforme mostrado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Oferta interna de energia por combustível no mundo - 2016



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da *International Energy Agency* (2018d, p. 3).

Nota: (*) Incluem resíduos não renováveis e outras fontes não incluídas em outros lugares, como células de combustível.

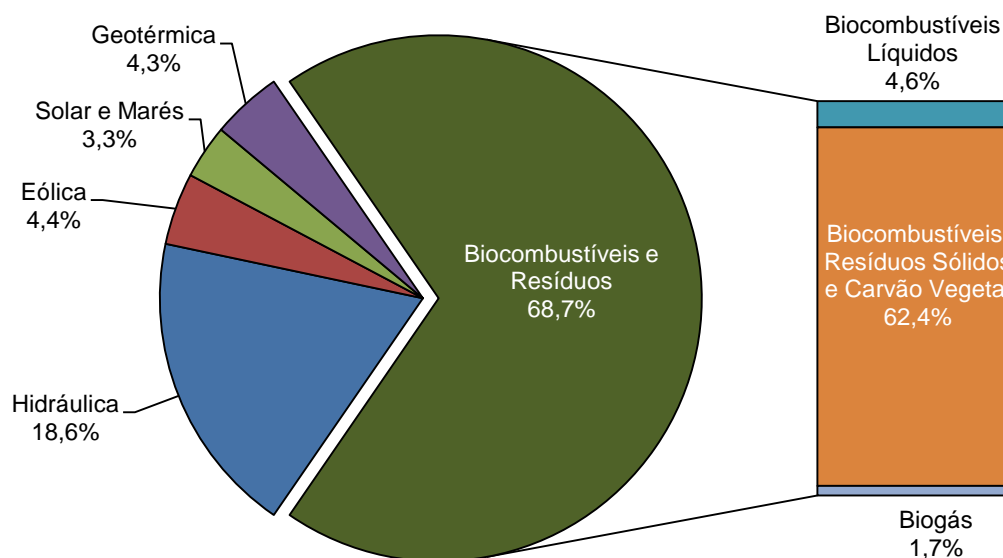
A oferta interna de energia mundial é amplamente dependente de combustíveis fósseis, como petróleo, carvão mineral e gás natural, que juntos representam 81,1% do total das fontes de energia. Juntamente com a energia nuclear, constituem-se como fontes energéticas primárias. No entanto, não são renováveis e compreendem reservas limitadas. Em se tratando de energias renováveis, na matriz de oferta mundial, os biocombustíveis, resíduos sólidos e carvão vegetal são de longe as maiores fontes de energia, representando 62,4% da oferta global de energia renovável, isso se dá devido à sua utilização não comercial generalizada nos Países em desenvolvimento (INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2018d).

A quinta maior fonte de energia é a hidráulica, que fornece 2,5% do TPES mundial e 18,6% das renováveis. A energia proveniente das fontes hidrelétricas, embora seja renovável, é encontrada em quantidade limitada e de forma concentrada nos Países. Nesse aspecto, o uso de fontes renováveis, como a eólica e a solar, tem sido cada vez mais estimulado.

¹¹ Mtep significa milhões de tonelada equivalente de petróleo. A tonelada equivalente de petróleo (tep) é uma unidade de energia definida como o calor libertado na combustão de uma tonelada de petróleo cru, aproximadamente 42 gigajoules.

Os biocombustíveis líquidos, eólica, geotérmica, solar, biogás, resíduos sólidos urbanos e a maré detêm uma parte menor fazendo o resto do fornecimento de energia renovável conforme mostrado no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Oferta mundial de energia renovável - 2016



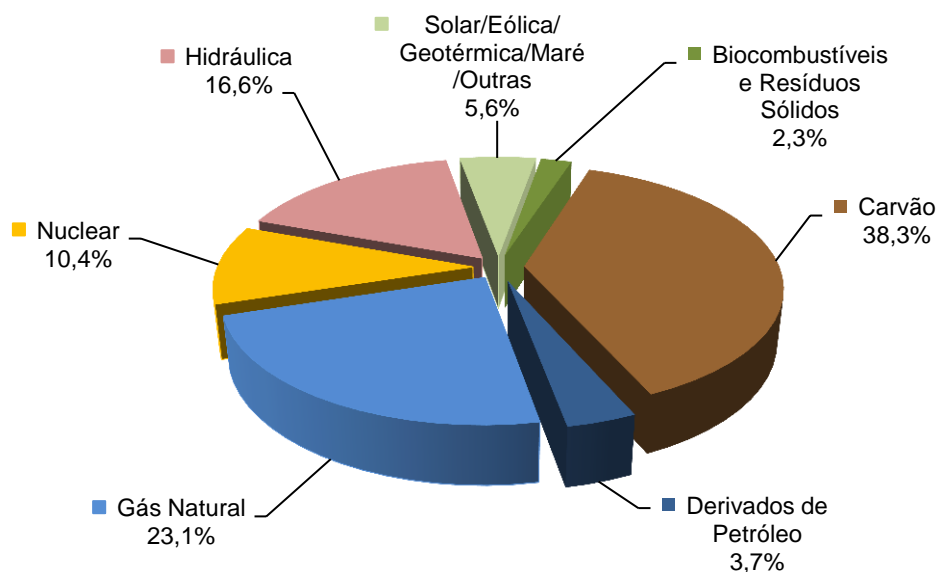
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da *International Energy Agency* (2018d, p. 3).

A eletricidade é a forma de energia de uso final que mais cresce em todo o mundo, e tem sido assim por muitas décadas. Entre 1974 e 2016, a geração total de eletricidade no mundo (incluindo o armazenamento de energia por bombeamento¹²) aumentou de 6.298 TWh para 25.082 TWh no período, um crescimento médio anual de 3,3% (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2018b).

Em 2016, a eletricidade produzida pela queima de combustíveis como carvão, derivados de petróleo, gás natural, biocombustíveis, incluindo biomassa sólida, gases líquidos a partir de biomassa, resíduos industriais e urbanos representaram 67,3% da produção mundial bruta de eletricidade, as usinas hidrelétricas (incluindo armazenamento) geraram 16,6% e as usinas nucleares 10,4%, fontes geotérmica, solar, eólica, maré motriz e outras 5,6%, e biocombustíveis e resíduos refletiram o restante, com 2,3% de participação conforme mostrado no Gráfico 3.

¹² Na análise da *International Energy Agency*, os números da produção de eletricidade incluem a hidroeletricidade por armazenamento bombeado, ou armazenamento de energia hidrelétrica bombeada. Isto está em discordância com as informações sobre Energias Renováveis e Balanços Energéticos Mundiais, que excluem a geração de armazenamento por bombeamento a partir de números de produção (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2018b).

Gráfico 3 – Participação por fonte na geração da eletricidade total no mundo - 2016



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da *International Energy Agency* (2018b, p. 4).

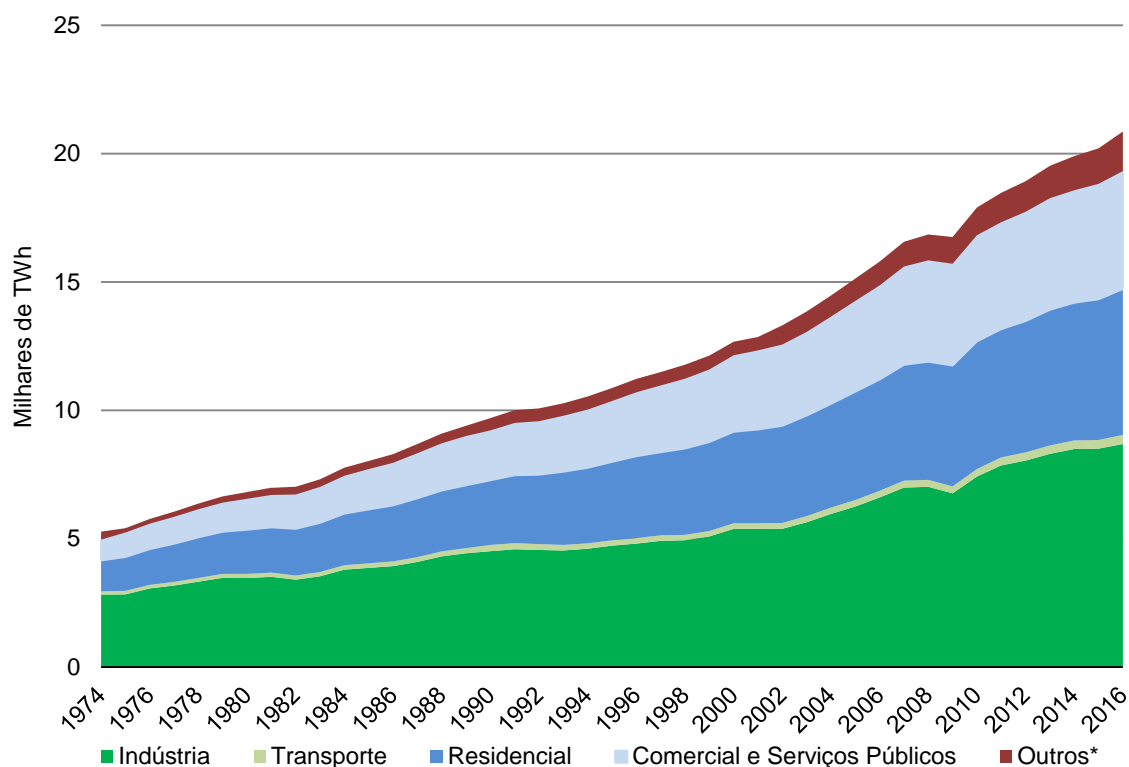
O consumo mundial de eletricidade em 2016 alcançou 20.863 TWh. O setor da indústria ainda é o maior consumidor final de eletricidade, mas a sua quota de consumo tem declinado ao longo dos anos. A reestruturação das economias dos Países da *Organization for Economic Cooperation and Development*¹³ (OECD) e as melhorias na eficiência de energia em indústrias de fabricação e processamento intensivos levaram a taxas do crescimento de consumo de eletricidade relativamente mais baixas no setor industrial desde 1974, depois da queda recorde em 2008 (3,63%). A média de crescimento entre 2011 e 2016 ficou em 2,68% contra 3,33% dos anos de 2001 a 2010, comparados com o crescimento da demanda nos setores residencial e comercial e serviços públicos (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2018b).

A indústria é o maior setor consumidor em 2016, sua participação no consumo (41,6%) que correspondeu a quase o dobro dos serviços comerciais e públicos (22,0%), e dos setores residenciais (27,2%). O setor de transporte foi responsável por 1,7% do consumo total de energia mundial e a agricultura, silvicultura, pesca e outras não especificadas, 7,4%. O consumo final total de eletricidade mundial atingiu

¹³ Países membros da OECD: Austrália, Áustria, Alemanha, Bélgica, Chile, Canadá, Coreia, Dinamarca, Estônia, Espanha, Eslovênia, Estados Unidos, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Irlanda, Islândia, Israel, Itália, Japão, Letônia, Luxemburgo, México, Nova Zelândia, Noruega, Holanda, Polônia, Portugal, Suécia, Suíça, República Eslovaca, República Tcheca, Reino Unido, Turquia (ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT, acesso em 28 out. 2018).

20.863 TWh, 3,2% acima do valor de 2015. A taxa média de crescimento do consumo final de eletricidade no mundo entre 1974 e 2016 foi de 3,3% ao ano. No Gráfico 4, mostra-se o consumo de energia nos setores da economia mundial entre os anos de 1974 a 2016.

Gráfico 4 – Consumo final de eletricidade mundial por setor de 1974 - 2016



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da *International Energy Agency* (2018b, p. 6).

Nota: (*) Inclui agricultura, silvicultura, pesca e outras não especificadas.

Os quatro Países não participantes da OECD de maior consumo de eletricidade em 2016 foram China, Índia, a Federação Russa e o Brasil que juntos representaram 66,3% de todo o consumo de eletricidade dos Países fora da OECD (ou 36,1% do consumo global). Entre esses Países que estão fora da OECD, a China é o de maior participação, com 45,6% do total do consumo. O uso da eletricidade entre os Países de fora da OECD é dominado pela demanda industrial que responde por metade do consumo (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2018b).

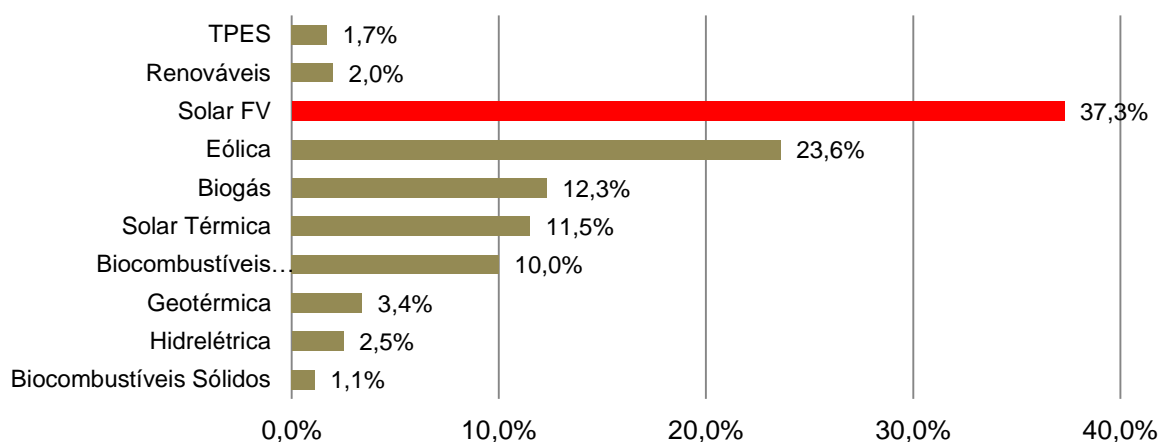
Segundo as previsões da *International Energy Agency* (2017) cerca de 675 milhões pessoas, 90% delas na África subsaariana, permanecerão sem acesso à eletricidade em 2030 (abaixo de 1,1 bilhão de 2015), e 2,3 bilhões continuarão a contar com biomassa, carvão ou querosene para cozinhar (contra 2,8 bilhões de 2015). Há alguns sinais positivos: mais de 100 milhões de pessoas por ano passaram a ter

acesso à energia elétrica desde 2012, em comparação com cerca de 60 milhões por ano, de 2000 a 2012.

Para aumentar o número de pessoas com acesso à eletricidade, a energia solar se destaca como uma das melhores soluções, visto que os sistemas fotovoltaicos são facilmente adequados para áreas remotas, onde a penetração de linhas de transmissão e distribuição de eletricidade é extremamente trabalhosa e de alto custo financeiro. Esse crescimento foi impulsionado por vários fatores, entre eles a melhoria da competitividade, diminuindo os custos das tecnologias, a iniciativa de políticas públicas específicas para o setor, o melhor acesso a linhas de financiamento, as preocupações ambientais e de segurança energética, a demanda crescente de energia nas economias em desenvolvimento e emergentes e a necessidade de acesso à energia moderna. Os avanços tecnológicos em módulos solares fotovoltaicos, avanços de fabricação, economias de escala e reduções no equilíbrio dos custos do sistema têm conduzido para baixo os custos dos sistemas fotovoltaicos instalados globalmente (INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2016).

Enquanto a taxa de crescimento da oferta total mundial de energia primária mundial TPES foi de 1,7% de 1990 até 2006, as fontes renováveis de energia cresceram a uma taxa anual média de 2%, ligeiramente superior. A energia solar fotovoltaica tem sido especialmente superior visto que expandiu a uma taxa média anual de 37,3% como pode-se observar no Gráfico 5.

Gráfico 5 – Taxas de crescimento da oferta mundial das energias renováveis 1990 - 2016



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da *International Energy Agency* (2018d, p. 7).

A energia solar fotovoltaica (FV) é considerada como uma das principais opções para desempenhar um papel importante em longo prazo por se correlacionar diretamente à energia solar, não envolver partes móveis, ser consistente com soluções descentralizadas e fora da rede (*off-grid*). Isto sugere que a energia solar fotovoltaica tem potencial competitivo em comparação com fontes de energia alternativas tradicionais como as hidrelétricas e a eólica (LACERDA et al., 2016).

O desenvolvimento de novas tecnologias de energia solar é considerado uma das muitas soluções-chave para as desvantagens atuais enfrentados pelo setor elétrico, como os custos de suprimento de energia elétrica. Mas apesar da rápida expansão que o campo das tecnologias solares tem enfrentado, várias barreiras técnicas, como baixa eficiência das células solares, baixo equilíbrio do sistema¹⁴, obstáculos econômicos (altos custos iniciais e falta de mecanismos de financiamento) e obstáculos institucionais (infraestrutura inadequada e escassez de mão de obra qualificada) têm prejudicado a disseminação dessa geração no mundo (KABIR et al., 2018).

Enquanto incentivos e descontos podem ser motivos eficazes para o desenvolvimento desses mercados, existem também esforços crescentes para retirada desses subsídios fiscais, como já acontece em alguns Países, como cortes acentuados nos incentivos, o que pode retardar o crescimento dessa indústria. Para reverter esse potencial declínio, as políticas públicas estão mudando para apoiar a implantação de sistemas de energia solar em larga escala¹⁵ (KABIR et al., 2018).

Apenas três fontes de energias renováveis, isto é, biomassa, geotérmica e solar podem ser utilizadas para gerar energia térmica suficiente para geração de energia elétrica. Dessas três, a energia solar exibe o maior potencial global, já que as fontes geotérmicas são limitadas a alguns poucos locais e a oferta da biomassa não é onipresente na natureza. Vários fatores (por exemplo, latitude, variação diurna, clima e variação geográfica) são amplamente responsáveis por determinar a intensidade do influxo solar que passa pela atmosfera da Terra. A quantidade média de energia

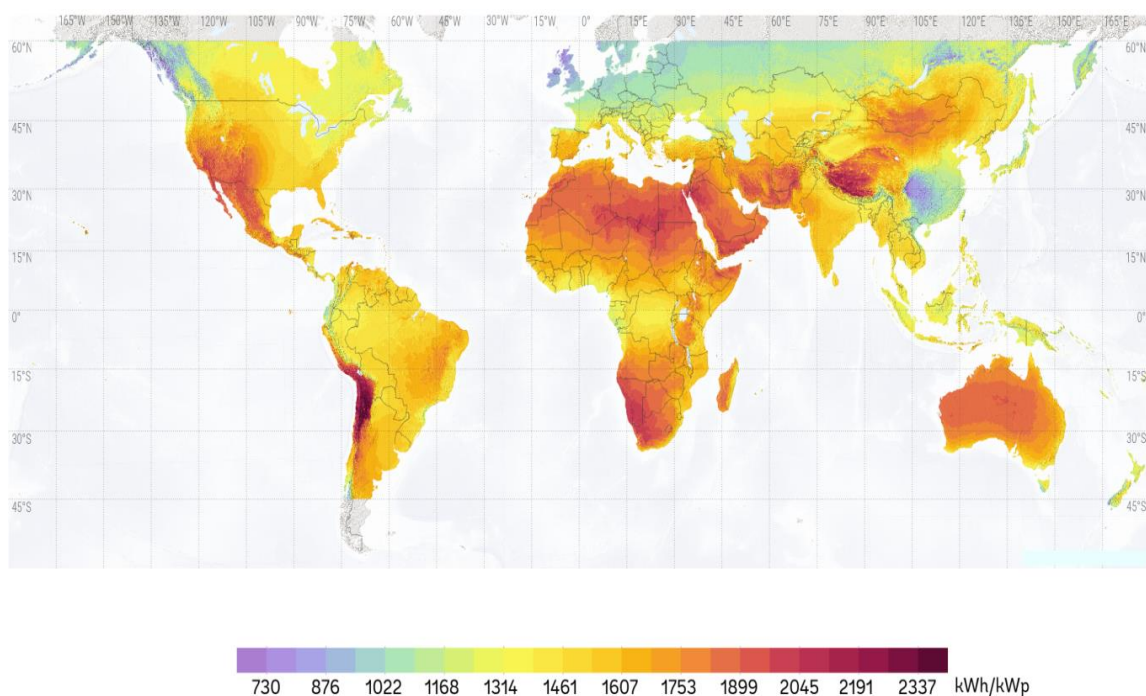
¹⁴ O equilíbrio do sistema (em Inglês: *Balance of System*, também conhecido pelo acrônimo BOS) compreende todos os componentes de um sistema fotovoltaico com a exceção dos painéis fotovoltaicos. Isso inclui a fiação, interruptores, um sistema de montagem, um ou mais inversores solares, baterias e carregador de bateria.

¹⁵ Novas tecnologias para captação de energia solar em grande escala (por exemplo, *Concentrating Solar Power*) já estão implantadas ou em desenvolvimento em Países desenvolvidos e em desenvolvimento (KABIR et al., 2018).

solar recebida na atmosfera da Terra é de cerca de 342 W/m^2 , dos quais 30% é espalhado ou refletido de volta ao espaço, deixando 70% (239 W/m^2) disponível para colheita e captura. A irradiância solar efetiva anual varia de 60 a 250 W/m^2 em todo o mundo (AL-TAMEEMI; CHUKIN, 2016).

Os lugares mais ensolarados do planeta são encontrados no continente africano. Estima-se que o potencial de energia fotovoltaica e concentrada (*Concentrating Solar Power*) na África seja cerca de 660 e 470 petawatt horas (PWh)¹⁶, respectivamente (KABIR et al., 2018). Hang e outros (2008) estipulam que em torno de 6300 km^2 de terreno das regiões norte e oeste da China (onde a radiação solar é entre as mais altas do País) têm cerca de 1300 GW de capacidade de geração de eletricidade por fonte solar. Só em termos de comparação, hoje a China lidera o *ranking* de Países com capacidade instalada com aproximadamente 10% dessa capacidade (131 GW) (INTERNACIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2018b). O mapa do potencial de irradiação solar fotovoltaica global no mundo é mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Mapa da irradiação global horizontal no mundo



Fonte: Adaptado Solargis (2018a).

Diante do abundante potencial desse recurso, atualmente, os processos mais usuais de aproveitamento da luz solar para geração de eletricidade e de calor são: o

¹⁶ Um petawatt hora (PWh) equivale a 1.000.000.000.000.000 watt hora (Wh).

sistema de FV, que converte a luz do sol em energia elétrica através dos chamados módulos fotovoltaicos compostos de células solares e o aproveitamento de luz solar por *Concentrating Solar Power* (CSP), energia solar concentrada, que é feita por meio de plantas de médio e grande porte utilizando sistemas ópticos (lentes, espelhos) para concentração da radiação solar e aquecimento de fluidos a altas temperaturas que produz calor para uso direto ou geração de energia elétrica (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2015).

A geração fotovoltaica consiste na conversão direta da energia eletromagnética existente na radiação solar em energia elétrica, sem fazer uso de parte móvel como nas termelétricas. Dessa maneira, qualquer variabilidade na irradiação solar afeta imediatamente a geração fotovoltaica. Por ser um sistema estático, em dias nublados podem ser observadas variações de potência de aproximadamente 50% em intervalos de tempo entre 30 e 90 segundos, e de aproximadamente 70% em intervalos de tempo entre dois e dez minutos (NORTH AMERICAN ELECTRIC RELIABILITY CORPORATION, 2009). De modo comparativo, estima-se que em intervalos de 30 minutos a variabilidade da geração fotovoltaica seja cerca de dez vezes maior que da geração eólica (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2016a).

Já a geração por energia solar concentrada possibilita o armazenamento de energia térmica, o que facilita o gerenciamento de despacho de energia durante o dia. A energia térmica aumenta o fator de capacidade¹⁷ do sistema e sua eficiência para atender às cargas de pico, bem como para operar na carga básica com energia de origem solar. Além disso, usando o mesmo poder de bloco para produzir eletricidade e, em seguida, operar na carga base, as plantas de CSP podem operar em sistemas híbridos que empregam diferentes configurações (MONTES et al., 2011; ZHANG et al., 2010). A hibridização com combustíveis não renováveis é outra maneira pela qual o CSP pode ser projetado para ser despachável. Embora o combustível de reserva possa não ser renovável (a menos que seja derivado da biomassa), fornece benefícios operacionais para a turbina e melhora o rendimento solar. As aplicações de CSP vão desde pequenos sistemas distribuídos de dezenas de kW a grandes centrais centralizadas de centenas de MW (ARVIZU et al., 2011).

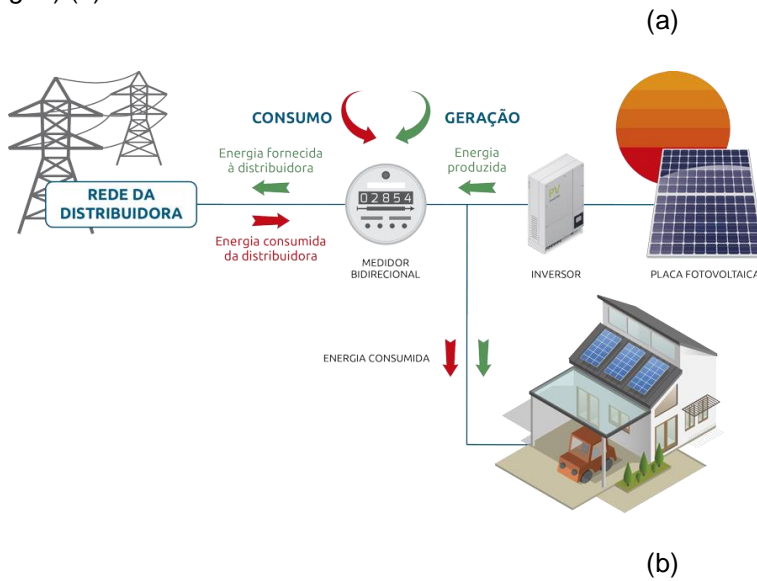
¹⁷ O fator de capacidade de um sistema de geração de energia elétrica é a proporção entre a produção efetiva da usina em um período de tempo e a capacidade total máxima neste mesmo período.

Segundo informações da *International Renewable Energy Agency* (2018b), atualmente, os líderes em capacidade instalada de projetos já em operação com tecnologia CSP são Espanha (2.304 MW) e Estados Unidos (1.758 MW), seguidos de Países como China, Índia, Chile, África do Sul, Marrocos e Oriente Médio. A inserção significativa nestes Países decorre principalmente dos subsídios e programas de fomento governamentais oferecidos. A capacidade instalada mundial é de 4.951 MW.

O sistema fotovoltaico que converte a luz do sol em energia através das placas pode ser montado em pequenos sistemas autônomos, em geral na GD ou em grandes centrais, que empregam energia solar, de modo centralizado. Os sistemas de FV podem ser divididos conceitualmente entre sistemas conectados à rede e sistemas autônomos. Ligado à rede, estes sistemas são utilizados como fonte de alimentação com conexões de rede, na maioria das vezes em uma cidade ou área urbana (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2015).

Em contrapartida, os sistemas autônomos fotovoltaicos são geralmente usados para fornecer energia às áreas distantes, numa única casa e/ou motor, ligado a bateria, painel solar e controlador de carga inversor, ou pode fornecer energia a um povoado inteiro. Sistemas fotovoltaicos que são projetados para operar em paralelo com a rede podem alimentar cargas locais independentemente da rede pública em um modo autônomo (*off-grid*) durante interrupções. Além disso, eles podem envolver armazenamento de bateria ou outras fontes, a fim de aumentar a confiabilidade geral do sistema. Por outro lado, estes sistemas autônomos são projetados para fornecer energia para determinadas cargas independentemente da rede elétrica (MOHAMED; ESHAER; MOHAMMED, 2012). Na Figura 3, ilustram-se os dois tipos de sistemas de FV ultimamente utilizados.

Figura 3 – Esquema simplificado de sistema de FV ligado à rede (*on-grid*) (a) e sistema isolado (*off-grid*) (b)



Fonte: Adaptado Taranto e outros (2017).

O progresso considerável na produção anual de módulos fotovoltaicos no mundo, a partir da década de 1990, se deu principalmente em função dos programas de incentivo, em especial os programas alemão, espanhol e japonês (MAYCOCK, 2005). Um dos principais objetivos de incentivo à utilização das fontes renováveis de energia é o aumento do seu grau de competitividade e, conseqüentemente, a diversificação da matriz energética mundial e a questão ambiental (diminuição de emissões de CO₂). Uma característica fundamental de qualquer mecanismo de incentivo consiste na redução gradual desses fomentos num intervalo de tempo estipulado. Assim as empresas seriam obrigadas a investir em tecnologias para reduzir seus custos e tornar as fontes renováveis incentivadas cada vez mais competitivas com as fontes tradicionais (CAVALIERO; SILVA, 2005).

Estes incentivos iniciais levaram Países como China, Japão, Estados Unidos, Itália, Espanha, Índia e Japão a saírem na frente em busca de fontes renováveis de origem solar, como a fotovoltaica. Na Tabela 1, mostra-se o *ranking* dos Países com maior capacidade instalada de energia solar fotovoltaica em 2017.

Tabela 1 – *Ranking* dos dez Países com maior capacidade fotovoltaica instalada em gigawatts (GW) - 2017

Ranking	2014	2015	2016	Capacidade Instalada em 2017 (GW)	Capacidade Anual Acumulada em 2017 (GW)
1	China	China	China	China 53	China 131
2	Japão	Alemanha	Japão	Estados Unidos 10,6	Estados Unidos 51
3	Estados Unidos	Japão	Alemanha	Índia 9,3	Japão 49
4	Reino Unido	Estados Unidos	Estados Unidos	Japão 7	Alemanha 42
5	Alemanha	Itália	Itália	Turquia 2,6	Itália 19,7
6	França	Reino Unido	Reino Unido	Alemanha 1,8	Índia 18,3
7	Coreia do Sul	França	Índia	Austrália 1,25	Reino Unido 12,7
8	Austrália	Espanha	França	Coreia do Sul 1,2	França 8
9	África do Sul	Austrália	Austrália	Reino Unido 0,9	Austrália 7,2
10	Índia	Índia	Espanha	Brasil 0,9	Espanha 5,6

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da *Internacional Renewable Energy Agency* (2018b).

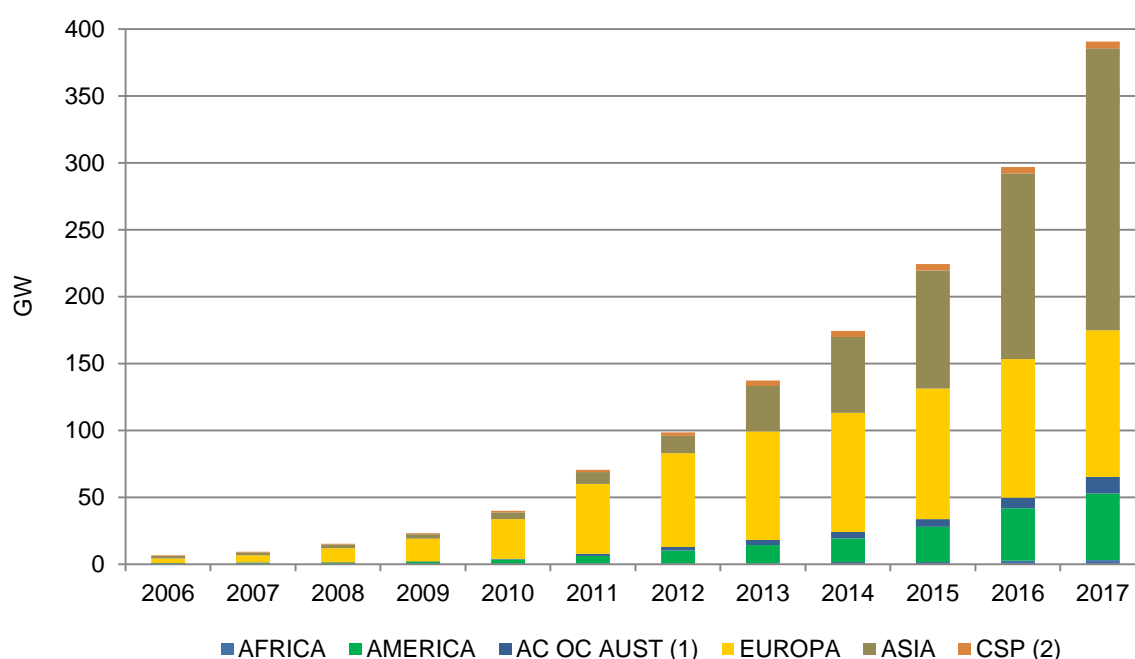
Em 2017, o mercado de FV atingiu valores consideráveis, continuando sua evolução expansão global, atingiu um recorde de crescimento de 100 GW. Depois de uma fraca expansão em 2014, e uma lenta em 2015 (25%), o mercado continuou seu crescimento em 2016 e 2017. A principal razão é a contribuição da China, cujo percentual dessa expansão correspondeu a quase 54% do total instalado em 2017. Pela primeira vez, as adições de energia solar fotovoltaica aumentaram mais rapidamente do que qualquer outro combustível, superando o crescimento líquido do carvão (INTERNACIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2018a).

O mercado global de FV cresceu rapidamente na última década. A capacidade acumulada global de FV instalada cresceu de 6,2 gigawatts (GW) no final de 2006 para 390 GW no final de 2017. Isso representa aproximadamente 384 GW de acréscimo de capacidade líquida durante o período de 11 anos, 6.190% de

crescimento. Adições líquidas durante o período mais recente de 2010 a 2017 cresceram cerca de 30% ao ano. Entre 2016 e 2017 este crescimento foi de 32%, sendo que 94% de capacidade líquida da década foram instaladas durante estes últimos anos (INTERNACIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2018b).

Depois de um máximo histórico acima de 22 GW em 2011, anualmente as instalações na Europa declinaram pela primeira vez em 2012. Em 2014 e 2015 não ultrapassaram 9 GW, mas com 44% da capacidade instalada cumulativa global, a Europa ainda era a região líder no final de 2015. As novas instalações não excederam 5 GW durante 2016, a quota europeia da capacidade cumulativa total de FV diminuiu para 28% no final de 2017 (INTERNACIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2018b). No Gráfico 6, verifica-se o crescimento por regiões da capacidade instalada de FV e CSP no mundo.

Gráfico 6 – Capacidade fotovoltaica instalada no mundo de 2006 - 2017



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da *International Renewable Energy Agency* (2018b).

Notas: (1) ME OC EU significa Meio Este (Bahrein, Iran, Iraque, Jordânia, Kuwait, Líbano, Omã, Catar, Arábia Saudita, Estado da Palestina, República Árabe da Síria, Emirados Árabes Unidos, Iêmen), Oceania e Eurásia (Armênia, Azerbaijão, Geórgia, Federação da Rússia, Turquia); (2) *Concentrating Solar Power*.

A FV se tornou uma das principais protagonistas do setor elétrico em vários Países. Globalmente, estima-se que cerca de 500 TWh, ou 500 bilhões de kWh foram produzidos em 2017 por sistemas fotovoltaicos instalados e comissionados até o final de dezembro de 2017. Isso representa mais de 2% da demanda de eletricidade

do planeta, embora alguns Países tenham atingido percentuais significantes em relação ao total da energia gerada, como por exemplo, Honduras com 13,26%, Alemanha com 7,47%, Grécia com 7,34% e Itália com 7,11%. A média da contribuição geral da FV europeia é de cerca de 4% da demanda de eletricidade. O Japão atingiu a marca de 5,93% em 2017 e a China atingiu 3%. No final de 2017, 385,6 GW em sistemas de FV estavam instalados no mundo, 70 vezes mais que em 2006 (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2018d).

A Ásia é o líder do mercado global de FV no final de 2017. Após um período de crescimento médio mundial de 54% ao ano entre 2000 e 2013, em 2014, o mercado fotovoltaico chinês cresceu 15,2 GW e já havia ultrapassado a Alemanha como líder mundial em adições de novas capacidades anuais e em capacidade instalada cumulativa, e durante 2016 e 2017 novas adições de FV na China ultrapassaram 34 GW acumulando sua capacidade em 53 GW (INTERNACIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2018b).

Ao lado da China e da Índia, o Japão ainda permanece uma presença relevante no mercado com 7 GW instalados em 2017 e com capacidade instalada acumulada de 49 GW. A posição do terceiro lugar em GW instalados em 2017 foi finalmente assumida pela Índia que instalou 9,3 GW no último ano, à frente do Japão (INTERNACIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2018b).

Na Europa, o destaque foi a Alemanha, que confirmou sua posição de liderança no continente e instalou 1,8 GW em 2017, totalizando 42 GW em instalações fotovoltaicas no fim de 2017. O Reino Unido seguiu com 0,95 GW, a França com 0,87 GW e a Holanda que continuou a progredir instalando 0,85 GW (INTERNACIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2018a).

A prática mundial mostra que as questões ambientais e a necessidade da interdependência de fontes de energia têm sido as principais incentivadoras ao uso da energia solar fotovoltaica. A inevitabilidade de diversificação da matriz energética local associada à geração limpa confere a fonte solar uma oportunidade de ampliação da capacidade atual instalada.

Esta prática, com o incentivo de políticas públicas às fontes de energias renováveis, será exposta nas próximas seções, onde será evidenciado como a China, Alemanha, Japão, Estados Unidos e Chile tiveram resultados nas implantações dessas

políticas, além de serem destaques em termos de capacidade instalada de energia solar fotovoltaica mundial.

A capacidade instalada nesses Países, no mundo, na América do Sul e no Brasil é demonstrada na Tabela 2.

Tabela 2 – Capacidade instalada de geração solar fotovoltaica em Países selecionados, América do Sul e Mundo de 2008 - 2017

Capacidade (MW)	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Mundo	14630	22444	38576	68785	95850	133261	169863	09596	292021	385674
China	113	156	414	2298	3628	16188	25198	42988	77556	130632
Alemanha	6120	10564	17552	25037	32641	36335	38234	39786	40714	42394
Japão	2144	2627	3618	4914	6632	13599	23339	33300	41600	48600
Estados Unidos	1153	1614	2909	5172	8137	11759	14878	21684	32958	41131
América do Sul	15	18	46	64	164	200	508	927	2038	3726
Chile	12	14	17	22	32	57	294	639	1666	2183
Brasil	-	-	1	1	2	5	15	23	80	1097

Fonte: Elaborada pelo autor com base nos dados da *International Renewable Energy Agency* (2018b).

2.2.1 China

A China registrou taxas de crescimento econômico de dois dígitos nas décadas de 1980 e 1990. Este crescimento teve enormes implicações para consumo de energia e impacto ambiental (MARTINOR, 2001). Um de seus problemas ambientais, as emissões de dióxido de carbono (CO₂), estão associadas ao consumo de energia, e elas são baixas comparadas a uma base per capita, porém o País é o segundo em produção de CO₂ do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos. Essa emissão deve-se 75% à queima de carvão como fonte de energia primária que representava a participação dominante do consumo total da China em 2010. Com o aumento do preço da energia elétrica a utilização da energia solar é estimulada, trazendo grandes benefícios ambientais e econômicos inerentes dessa fonte renovável (SOLANGI et al., 2011).

Este incentivo à fonte solar provocou várias pesquisas na área. Durante a década de 1980 começaram os estudos sobre a energia fotovoltaica, quando duas linhas de produção de células solares fotovoltaicas de silício cristalino foram colocadas em

operação, sendo que dez anos mais tarde, a produção de células solares de silício cristalino doméstico aumentava a uma taxa de 20% ao ano (ZHANG; HE, 2013).

Após a conferência de cúpula da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre Meio Ambiente Global e Desenvolvimento, realizada em Rio de Janeiro de 1992, a China desenvolveu uma resposta rápida para a implantação de uma estratégia de desenvolvimento sustentável. Foi publicada a "Agenda da China do Século 21", neste documento programático, salienta-se que "a energia renovável é a base do futuro padrão energético". A política do governo foi claramente direcionada para um maior impulso em todos os aspectos da tecnologia e aplicação fotovoltaica (YANG et al., 2003).

O desenvolvimento de novas políticas de energia renovável remonta de 2004, quando a China anunciou o plano de desenvolver uma lei sobre energias renováveis e estabelecer um fundo de desenvolvimento para o setor. Com a criação da *China National Renewable Energy Centre* (CNREC), uma instituição de pesquisa de política de energia renovável, gestão industrial e coordenação, desenvolvida em estreita cooperação com a Dinamarca, o País experimentou um rápido crescimento no setor, vindo a alcançar a liderança da cadeia de suprimento de equipamentos em 2007, com produção total de mais de 1 GW de energia solar fotovoltaica (INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2014b; ZHANG; HE, 2013). E um dos motivos para este crescimento se deu pela melhoria da tecnologia de células, de módulos e de componentes ao longo da década de 1990 (YANG et al., 2003).

Desde a entrada em vigor da "Lei de Energia Renovável" em janeiro de 2006, garantiu-se a conexão das fontes de energia renováveis à rede. Dentre as medidas implementadas, destacaram-se: alterações na legislação visando o desenvolvimento de eletricidade proveniente de fontes de energia renovável, incluindo a exigência de compra garantida; preço de compra de eletricidade baseado em energia renovável determinado pela *National Development & Reform Commission* (NDRC); fornecimento de base legal, regulamentos e práticas administrativas para suporte elétrico baseado nas energias renováveis; regras de implementação para tarifas de eletricidade baseada em renováveis de acordo com os preços determinados pelo esquema de Leilão de energia elétrica, dentre outros (INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2014b).

Em 2009, dois programas de subsídios vieram a reforçar claramente a determinação para apoiar a adoção da FV, o *The Rooftop Subsidy Program* e o *Golden Sun Program*, ambos com o objetivo de incentivar o crescimento da indústria fotovoltaica chinesa, sendo que o primeiro enfatizou eficiência de geração e o segundo, o consumo no local dos sistemas em rede (geração distribuída) (ZHAO; WAN; YANG, 2015).

Em 2011 foi anunciado o lançamento pelo governo chinês das tarifas *feed-in* com o nome de *Notice on Perfection of Policy Regarding Feed-in Tariff of Power Generated by Solar*. Este projeto beneficiava, de acordo com a região e data da implantação, os projetos fotovoltaicos com uma tarifa prêmio por kWh gerado. Os Leilões, que eram realizados no País desde 2003, foram utilizados para determinar o preço real da eletricidade, baseada em fontes renováveis e posteriormente para tarifas *feed-in*, sendo que as mesmas evoluíram ao longo do tempo e foram continuamente reduzidas de acordo com o custo desenvolvimento da tecnologia.

O Conselho de Estado Chinês, em 2012, enfatizou na época que a geração fotovoltaica seria uma nova indústria estratégica e que o desenvolvimento da indústria de FV seria crucial para ajustar a estrutura energética do País, promovendo uma revolução na produção de energia e métodos de consumo, e avançando no desenvolvimento ecológico sustentável (ZHANG; HE, 2013).

A capacidade total instalada de sistemas solares fotovoltaicos logo chegou a um patamar de 22 MW em 2002, alcançado ao final de 2017, 130.646 MW. A China desponta como líder em capacidade instalada de sistemas de FV no mundo, sendo que as fontes solares (FV e CSP) correspondiam a 21% de todo o recurso renovável instalado no País no final de 2017 (INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2018b).

Refletindo seu *status* incontestado como líder produtor de equipamentos fotovoltaicos e o maior mercado de instalação em 2017, a China respondeu por cerca de dois terços dos empregos do setor de FV em todo o mundo, cerca de 2,2 milhões de pessoas, sendo 800 mil no segmento de instalações. Essa participação equivale a 66% de todos os empregos na energia renovável no País (INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2018c). No Quadro 1, são

mostradas os detalhes das políticas de incentivos para energias renováveis da China.

Quadro 1 – Principais políticas de incentivos para a energia renovável da China

Políticas fiscais
<p><i>Notice on Leveraging the Role of Price and Promoting the Sound Development of the Photovoltaic Industry (2013)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Três valores de tarifas <i>feed-in</i> dependendo da localização do sistema (província) + 0,9; 0,95 e 1,0 Yuan por kWh gerado. • Subsídios nacionais para geração de energia são de 0,42 Yuan/kWh.
<p><i>Interim Measures for the Administration of Subsidy Funds for Energy Conservation and Emissions Reduction (2015)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Preferências tarifárias, incluindo impostos comerciais, impostos sobre valor agregado e impostos sobre o rendimento (IRR) das indústrias de equipamentos de energia solar.
<p><i>Notice on Continuing the Implementation of the Value-Added Tax Policy for Photovoltaic Power Generation (2016)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Desconto de 50% sobre imposto de valor agregado (IVA) para as indústrias que produzem equipamentos de energia solar.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Zhang, Qin e Wei (2019).

2.2.2 Alemanha

A Alemanha liderou o mundo em capacidade fotovoltaica instalada durante a primeira década dos anos 2000 e possuía 81% da potência em todo o mundo em 2006, 64% em 2007, 35% em 2008 e 67% em 2009 (EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION, 2012). Em 2010, o *National Renewable Energy Action Plan* (NREAP) projetou que a participação da energia renovável na sua matriz energética será de 38% até 2020, 50% até 2030, 65% em 2040 e 80-95% até 2050 (SAHU, 2015).

Uma das razões que levou a Alemanha a este patamar de liderança foi o estímulo dado pelo governo alemão por preocupações de segurança energética durante a década de 1970. As fontes de energia renováveis foram promovidas como um meio potencial de aliviar os riscos associados com alta dependência de importação de combustível fóssil. Depois de duas crises energéticas (1973-1974 e 1979-1980) que desencadearam impactos econômicos severos sobre o País, iniciou-se uma política em prol da energia renovável adotando diferentes leis, tais como *Electricity Feed Law* no ano de 1990 e *Renewable Energy Law* no ano de 2000, que

desempenharam um papel importante, fornecendo incentivos para fábricas de energia renovável por meio de doações, incentivos em dinheiro, empréstimos a juros reduzidos e garantias públicas (MELO; JANNUZZI; BAJAY, 2016; AVRIL et al., 2012).

Estas leis permitiram a compra de eletricidade gerada renovável pelas concessionárias de distribuição de energia elétrica, também grandes subsídios do governo e empréstimos para os geradores de energia renovável com a implementação de tarifas para o financiamento de projetos de longo prazo (tarifas *feed-in*), assim atraíram um número elevado de investidores que acreditaram no sucesso do projeto, promovendo uma expansão mais rápida das fontes renováveis na matriz energética alemã, tornando o País um defensor das medidas de políticas internacionais para o combate a mudança climática (SARASA-MAESTRO; DUFOLOPEZ; BERNAL-AGUSTI'N, 2013).

Segundo Avril e outros (2012) a energia fotovoltaica teve três etapas na Alemanha. A primeira foi o programa de descontos “*1000 Solar Roof Program*” que oferecia descontos de 70% dos custos do sistema para instalações na faixa de 1 a 5 kW para as instalações residenciais. A segunda etapa teve início em 1999 com o início do apoio às instalações fotovoltaicas maiores que 1 kW, empréstimos com taxas de juros de 4,5% e financiamento de até 100% do total da instalação. Ao final de 2005, o programa concluiu a instalação de mais de 100.000 sistemas conectados a rede elétrica no País.

No ano de 2000, a Lei de Energias Renováveis (EEG – do alemão *Erneuerbare-Energien-Gasetz*) introduziu novas metas e condições estabelecidos para o desenvolvimento da energia solar fotovoltaica no País. O objetivo principal da EEG era substituir o carvão e a eletricidade gerada por fontes não convencionais de energias renováveis, como a energia nuclear. Nos anos de 2004 a 2009, novas revisões e alterações foram aplicadas ao EEG, como, por exemplo, a participação obrigatória de 30% das fontes renováveis no fornecimento de eletricidade até 2020 e propostas para a regressão do valor da tarifa *feed-in*, que eram subsidiadas pelo governo (MELO; JANNUZZI; BAJAY, 2016).

Na Alemanha, as emendas da Lei de Energias Renováveis que entraram em vigor em 2017, ampliando os mecanismos de apoio financeiro para sistemas solares

fotovoltaicos edifícios residenciais. A tarifa *Feed-in* (FIT) permanece para projetos fotovoltaicos e eólicos solares com menos de 750 kW e para projetos de biomassa inferiores a 150 kW (RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY, 2018). No Quadro 2, mostram-se detalhes das principais políticas de incentivos para energias renováveis até o final de 2017 da Alemanha.

Quadro 2 – Principais políticas de incentivos para a energia renovável da Alemanha

Políticas fiscais
<p><i>Act on Developing Renewable Energy Sources (Renewable Energy Sources Act) (2017)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • A fim de proteger o clima, o ato visa aumentar a proporção de fontes renováveis de eletricidade no fornecimento total de energia para pelo menos 18% até 2020, para 40-45% em 2025, para 55-60% em 2035 e para 80% até 2050 e integrar essas quantidades de eletricidade no sistema de fornecimento de eletricidade (§ 1 EEG). • Em geral, todas as tecnologias usadas para gerar eletricidade a partir de fontes renováveis são elegíveis para tarifas <i>feed-in</i> (§ 19 par. 1 EEG 2017). • As tarifas <i>feed-in</i> são concedidas apenas para eletricidade efetivamente adquirida pelo operador da rede (§ 21 par. 1 EEG 2017). A eletricidade não pode ser consumida instantaneamente (<i>off-grid</i>) da usina e precisa ser transmitida através da rede (§ 21 par. 2 no 1 EEG 2017).
<p><i>Act to Promote Renewable Energy for Heating Purposes (2009)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Programas de treinamento para integradores: os instaladores são treinados para instalar tecnologias de energia renovável; • Programas de Certificação para instalações de energias renováveis: as usinas devem cumprir os requisitos técnicos (certificados), dependendo da tecnologia específica, para serem conectados à rede. • As autoridades públicas devem desempenhar um papel exemplar na promoção das energias renováveis.

Fonte: Elaborado pelo autor com base na *Legal Sources on Renewable Energy* (2018).

De acordo com a Internacional Renewable Energy Agency (2018a, 2018b), a Alemanha tem uma meta nacional para atingir a capacidade fotovoltaica solar com 51 GW em 2020. Em 2000, a geração de energia a partir da energia solar era de 64 kWh, mas no final de 2016, a geração de energia era 38.098 GWh, o que mostra um grande aumento na demanda pela geração de energia solar. A capacidade instalada de FV foi de 42,4 GW no final de 2017, o que correspondia à participação de 37% de todas as fontes de renováveis no País.

2.2.3 Japão

Na Ásia, o apoio de autoridades locais e do setor privado à tecnologia faz com que o Japão mantenha-se como um importante mercado para fotovoltaica. A política de eletricidade no Japão é gerenciada pela *New Energy Foundation* (NEF), que pertence ao *Ministry of Economy Trade and Industry* (METI), o qual editou vários programas de incentivo a fonte solar desde 1994, visando subsidiar o custo de instalação, fornecendo metade dos custos de instalação de sistemas de FV para empresas privadas, organizações públicas locais e outras organizações em escolas, espaços públicos, armazéns, edifícios de escritórios, instalações privadas e assim por diante. Outros projetos que vieram mais tarde aceleraram a introdução de novas energias e apoiaram os projetos regionais que os governos estabeleceram para nova energia, como subsídios de 1/3 do custo da instalação de novos projetos (AVRIL et al., 2012).

Mesmo antes do acidente na usina nuclear de Fukushima, em março de 2010, o mercado japonês já crescia rapidamente, com 990 MW instalados em 2010 e 1,3 GW em 2011, o que elevou a capacidade instalada do País para 4,9 GW no final deste mesmo ano.

Em 2009, o País introduziu uma política para subsidiar os sistemas fotovoltaicos residenciais e iniciou um novo programa de compra de energia excedente gerada dessa fonte, também adotou mecanismos de promoção para GD e para outras fontes renováveis, entre eles um sistema de tarifas diferenciadas, modelo de compensação de energia elétrica com a opção de compra do excedente gerado e um sistema de cotas, onde as distribuidoras são obrigadas a contratar uma fração do total de energia vendida de fontes renováveis (SAHU, 2015).

Além disso, o Japão traçou metas e se comprometeu a alcançar 10% de sua energia primária em renováveis até 2020. Em 2003, foi definida a Lei Básica de Política Energética que é a estratégia energética do Japão e está apoiada em três princípios básicos: assegurar um fornecimento estável, adequação ambiental e utilização dos mecanismos de mercado. As metas da Lei para 2030, com respeito às alternativas energéticas, é aumentar a taxa de independência energética de 38% para 70%, aumentar a participação das fontes de energia com emissões zero na matriz de 34% para 70%, diminuir pela metade as emissões de CO₂ e manter a eficiência

energética do País no mais alto nível mundial. Para alcançar essas metas, o País se propõe a expandir e intensificar todos os mecanismos de promoção utilizados (MARTINS, 2015). As características da política fiscal estabelecida pela *Agency for Natural Resources and Energy* ligada ao METI através do *Act on Purchase of Renewable Energy Sourced Electricity by Electric Utilities (2009)* são demonstradas no Quadro 3.

Quadro 3 – Principais políticas de incentivos para a energia renovável do Japão

Política fiscal
<p><i>Act on Purchase of Renewable Energy Sourced Electricity by Electric Utilities (2009)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Esta Lei obriga as concessionárias elétricas a comprar eletricidade gerada a partir de fontes renováveis de energia (solar fotovoltaica, energia eólica, energia hidráulica, geotérmica e biomassa) com base em um contrato de preço fixado pelo valor de JPY 40/kWh para sistemas de energia renovável com uma capacidade acima de 10 kW por um período de 20 anos. Sistemas de energia renovável abaixo de 10 kW (residencial) a taxa de compra é de JPY 42/kWh por um período de dez anos.

Fonte: Elaborado pelo autor com base no *Ministry of Economy Trade and Industry (2012)*.

O crescimento do mercado fotovoltaico na Ásia nos últimos anos (liderado pela China e Japão) mais do que compensou o declínio na Europa, resultando em crescimento contínuo na nova capacidade global das instalações, apesar de um ligeiro declínio geral em 2012. A capacidade adicionada do Japão entre 2014 e 2016 foi de mais de 28 GW, isso o colocou na segunda posição mundial em 2016, totalizando 41,6 GW de capacidade instalada. No final de 2017, bateu o patamar de 49 GW o que correspondia a 60% da capacidade total das energias renováveis no País e o terceiro lugar mundial em capacidade acumulada neste ano, atrás somente da China e Estados Unidos (INTERNACIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2018b).

2.2.4 Estados Unidos

Apesar da conhecida dependência dos combustíveis fósseis, há um crescente interesse dos Estados Unidos por fontes renováveis. Entre 2009 e 2010, o crescimento da energia solar foi de 77% e a participação das fontes renováveis na capacidade total era de 11% em 2010. Em 2011, foi o primeiro País em total de

investimentos em energia limpa dentro do grupo do G20¹⁸. No final de 2012, a capacidade acumulada era de 9,4 GW, um incremento de mais de 84% da capacidade acumulada do ano anterior, ainda que, entre 2013 e 2017 houve uma queda na taxa média de crescimento de quase 30% em comparação ao quinquênio 2008 e 2012, que foi de 65% (SAHU, 2015; INTERNACIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2018b).

Apesar da queda do crescimento nos últimos anos, o País tornou-se o mercado fotovoltaico mais importante da América e um dos principais *players* fotovoltaicos do mundo. Em 2017, foram instalados 10,6 GW em projetos de energias fotovoltaicas, aumentando a capacidade instalada para 51 GW, ficando em segundo lugar no *ranking* mundial. Os Estados Unidos também tem um parque de 1,76 GW de capacidade instalada em CSP, o segundo maior do mundo, atrás somente da Espanha (INTERNACIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2018b).

O País começou a incentivar as fontes renováveis através dos atos de política energética criando vários créditos fiscais federais como o *Production Tax Credit* (PTC), promulgado pela Lei Federal *Energy Policy Act* de 1992 que reduz o imposto de renda federal dos proprietários de projetos de energia renovável, o *Investment Tax Credit* (ITC), outro programa de garantia de empréstimos do departamento de energia foi, criado pela *Energy Policy Act* de 2005 e reforçada pelo *American Recovery and Reinvestment Act* de 2009, apoiou os investidores de projetos de energia limpa, fornecendo um financiamento de até 80% do custo do projeto e o *Advanced Energy Manufacturing Tax Credit* (MTC), que concede créditos fiscais as novas instalações de energia renováveis ou em expansão (SUEYOSHI; GOTO, 2014).

Muitos Estados do País também aderiram a *Net Energy Metering* (NEM), alternativa de uma medição líquida entre o que se consome de energia elétrica e o que se injeta na rede de distribuição da concessionária de energia. Através dessa política os Estados Unidos incentivaram a criação de empregos no setor e surgiu uma nova oportunidade de investimento e geração de renda para o País (SAHU, 2015).

¹⁸ O G20 é formado por ministros de finanças e chefes dos bancos centrais de 19 nações: os que formam o G8 e ainda 11 emergentes. No G8 estão: Alemanha, Canadá, Estados Unidos, França, Itália, Japão, Reino Unido e Rússia. Os outros Países membros do G20 são: Brasil, Argentina, México, China, Índia, Austrália, Indonésia, Arábia Saudita, África do Sul, Coreia do Sul e Turquia.

O *Department of Energy* (DoE), órgão de gabinete do governo dos EUA preocupado com as políticas do País em matéria de energia e segurança no manuseio de material nuclear, estabeleceu o objetivo de geração de 10 a 15% da energia total dos Estados Unidos a partir da energia da fonte solar até 2030. A contribuição da energia solar poderá alcançar até 10% das necessidades de energia do País até 2025. O relatório, elaborado pela empresa de pesquisa *Clean Edge* e a *Co-op America* sem fins lucrativos, projeta cerca de 2% da eletricidade do País virá de sistemas centralizados de energia solar, enquanto os sistemas solares fotovoltaicos fornecerão mais de 8% da eletricidade do País (SOLANGI et al., 2011).

Segundo *Solar Energy Industries Association* (2018), em 2017 os Estados Unidos amargaram sua primeira perda de emprego no setor solar desde 2010. A maior parte ocorreu no segmento de instalação de sistemas solares fotovoltaicos, afetado por uma redução de 22% nas novas adições de capacidade de plantas de maiores escalas de capacidade e também pelo término do incentivo fiscal federal de 30% de crédito sobre o investimento no projeto solar. Mesmo assim, 250.000 pessoas estavam empregadas diretamente no setor solar americano no final de 2017, o que corresponde a 32% de todos os postos de trabalho gerados pelo setor de energias renováveis no País (INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2018c). No Quadro 4, mostram-se as principais políticas de incentivo dos EUA para energias renováveis.

Quadro 4 – Principais políticas de incentivos para a energia renovável dos EUA

(continua)

Política fiscais
<p><i>American Recovery and Reinvestment Act - Public Law 109-58/2005</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Oferecem incentivos fiscais e garantias de empréstimo para produção de vários tipos energias renováveis que incluem energia solar, eólica, geotérmica, oceânica e biomassa; • Exige que o Departamento de Energia estude e relate os recursos energéticos naturais existentes, incluindo energia eólica, solar, das ondas e maremotriz; • Fornece crédito fiscal para a produção de eletricidade a partir da energia eólica, energia geotérmica, energia solar, resíduos sólidos urbanos e carvão vegetal.

Quadro 4 – Principais políticas de incentivos para a energia renovável dos EUA

(conclusão)

Política fiscais
<p><i>Energy Independence and Security Act of 2007 (2007)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Estabelece uma nova classe de instalações de geração, denominadas Instalações qualificadas (QFs), que recebem um tratamento tarifário e regulatório especial. Os QFs têm o direito de vender uma quantidade de energia e para uma concessionária. Os QFs podem incluir instalações de pequenos geradores renováveis de até 80 MW; • Proporciona até 50% de subsídio equivalente para a construção de pequenos projetos de energia renovável que terão capacidade comercial de geração elétrica de menos de 15 MW para fontes de energias renováveis que incluem solar, eólica, geotérmica, oceânica e biomassa; • <i>Renewable Energy Innovation Manufacturing Partnership Program</i> – faz concessões para apoiar desenvolvimento de pesquisas, demonstração e implantação de processos avançados de manufatura, materiais e infraestrutura para tecnologias de energia renovável. As tecnologias elegíveis incluem aquelas para sistemas solares, eólicos, de biomassa, geotérmicos, armazenamento de energia e células de combustível.
<p><i>American recovery and reinvestment Act: appropriations for clean energy - Tax-Based Provisions (2009)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Production Tax Credit (PTC)</i> - para tecnologias de energia renovável. Contribuintes que investem em certas instalações de produção de energia podem reivindicar um crédito fiscal equivalente a aproximadamente US\$ 0,021 por kWh de energia produzida pela instalação qualificada a partir da data em que o projeto for colocado em serviço. • <i>Investment Tax Credit (ITC)</i> - crédito fiscal para investimentos em tecnologias de energia renovável. Contribuintes que investem em certas propriedades de energia têm direito a um crédito de imposto de investimento de 30% com base nos custos do projeto para qualificação de propriedades de energia renovável. • <i>Manufacturing Tax Credit (MTC)</i> - crédito tributário de fabricação para instalações de energias renováveis. Os solicitantes de MTC recebem um crédito até 30% dos custos de capital para projetos aprovados.

Fonte: Elaborado pelo autor com base na *International Energy Agency* (2018c).

2.2.5 Chile

No Chile, a demanda por eletricidade aumentou 42% de 2006 a 2016 (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2018a) e de acordo com o plano energético chileno, o consumo deve mais que dobrar até 2050. No período 1990-2010, as emissões deste setor dobraram, colocando a participação do setor energético em quase 75% do total das emissões do País para o ano de 2010. Por sua parte, o subsetor de geração de eletricidade aumentou sua participação no total de emissões de 17% para 36% no mesmo período (CHILE, 2016).

Até 2012, em comparação com outras regiões, as Américas Central e do Sul não tinham demonstrado negócios de atividade fotovoltaica, apesar dos combustíveis fósseis fornecerem 64% de toda a eletricidade, contribuindo assim com uma maior participação das emissões de GEE. As usinas solares desenvolveram-se por todo o País, quadruplicando a sua capacidade de geração de energia solar desde o ano de 2013 (URREJOLA et al., 2016). A região norte possui um dos mais altos níveis de irradiância do mundo, bem como uma das maiores taxas de eletricidade da América Latina. Devido a essas condições, o Chile é um dos poucos Países onde vários projetos de FV estão sendo desenvolvidos com poucos subsídios do governo e, conseqüentemente, o setor de está com um crescimento rápido (WATTS et al., 2015).

Em 2008, através da Lei n.º 20.257/2008 foi estabelecido um regime de cotas obrigatórias para fontes de energia renováveis não convencionais¹⁹, iniciando em 2010 com 5%, com aumento progressivo de até 10% até 2024, o que deve ser atendido pelas geradoras comerciais. Mais recentemente, em outubro de 2013, a Lei n.º 20.698/2013 introduziu novas mudanças na regulamentação de novas renováveis no Chile, elevando a cota em 20% até 2025 e permitindo que o Ministério de Energia realize licitações públicas anuais para a compra de energia elétrica gerada por fontes de energia renováveis não convencionais (pequenas centrais hidrelétricas, solar, geotérmica, ondas oceânicas, marés, dentre outras) (BATLLE, 2014).

Deve-se frisar, todavia, que o Chile, desde 2012, tornou-se um País promissor para a energia solar (5% da capacidade instalada em 2016) (URREJOLA et al., 2016). Ao final de 2015, a energia solar fotovoltaica tornou-se a fonte de eletricidade mais barata do País (RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY, 2016). O recorde de preço baixo foi atingido através de uma licitação de energia gerada de fonte solar, o valor ficou abaixo de US\$2,91. Neste mesmo ano, o volume de geração originado de energia desta mesma fonte representou 2.639 GWh. Em janeiro de 2017, o País ratificou o Acordo de Paris²⁰ se comprometendo a uma redução incondicional de 30% de seus níveis de emissão de GEE de 2007 até 2030. Essa meta pode aumentar para 35-45%, dependendo de investimentos

¹⁹ Em espanhol fuentes de energía renovable no convencional (ERNC).

²⁰ O Acordo de Paris é um acordo mundial sobre as alterações climáticas assinado em 12 de dezembro de 2015, em Paris. O acordo apresenta um plano de ação destinado a limitar o aquecimento global a um valor "bem abaixo" dos 2 °C, e abrange o período a partir de 2020.

externos no País (apoio financeiro internacional) (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2018a).

No Quadro 5, mostram-se as principais políticas regulatórias e fiscais do Chile, o que salienta a preocupação do País quanto ao cumprimento das metas estabelecidas de ampliação de utilização de fontes renováveis não convencionais.

Quadro 5 – Principais políticas de incentivos para a energia renovável do Chile

Políticas regulatórias
<ul style="list-style-type: none"> • Modificações na Lei Geral de Serviços Elétricos: Decreto n.º 244/2006 – Geração não convencional de energia, pequenos produtores.
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de Cotas: Lei n.º 20.257/2008 – estabeleceu que os geradores com capacidade acima de 200 MW devem comercializar no mínimo 5% da energia proveniente de fontes renováveis não convencionais.
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Net Metering</i>: Lei n.º 20.571/2012 – propõe a compensação da energia particular inserida no sistema através do pagamento do preço <i>net</i> de energia, contemplando instalações até 300 kW.
<ul style="list-style-type: none"> • A Lei n.º 20.698/2013 estende a 20% a obrigação de inserção de fontes renováveis não convencionais até 2025. Esta impõe que o <i>Ministério da Energía</i> faça licitações públicas para cumprir a obrigação de injeção de fontes renováveis não convencionais introduzida pela Lei n.º 20.257/2008.
<ul style="list-style-type: none"> • Leilões de Energia: Lei de Licitações n.º 20.805/2015.
<ul style="list-style-type: none"> • A Lei n.º 20.936/2016 visa identificar áreas do território onde existem altos potenciais para geração de energia renovável. Determina que deverão ser elaborados relatórios periódicos sobre o desempenho do sistema elétrico e geração renovável não convencional. Quanto ao transporte assegura isenção de pedágios para usinas geradoras de energia renovável não convencional.
Políticas fiscais
<ul style="list-style-type: none"> • Isenção parcial ou total na Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão/Distribuição: Lei n.º 19.940/2004.
<ul style="list-style-type: none"> • Financiamento: créditos para investimento em energias renováveis através de linhas de financiamento de US\$ 5 milhões a US\$ 20 milhões.

Fontes: Elaborado pelo autor com base em Couto e outros (2018).

No ano de 2017 foi acrescentada em instalações fotovoltaicas 0,98 GW, e sua capacidade instalada atingiu 2,18 GW no final deste ano, o que representava 20% de todas as fontes de energia renovável instalada no País. No final de 2017, o Chile era o líder dessa geração na América do Sul, com 58,6% da geração total (ver Tabela 2, na página 41). O Brasil, apresentado no Capítulo 3, estava em segundo lugar com 29,4% (1,09 GW) (INTERNACIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2018a).

2.3 Considerações Finais

De uma forma geral, este capítulo abordou os principais aspectos da energia fotovoltaica a nível mundial, com destaque aos dez maiores Países em instalações solares fotovoltaicas no final de 2017.

O setor de energia renovável tem experimentado o maior número de mudanças durante a última década. A energia solar está agora entre as proeminentes tecnologias com custos mais acessíveis e já alcança a paridade de custos em muitos Países (RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY, 2017).

O progresso continua a ser feito na indústria fotovoltaica com o objetivo de melhoria da eficiência das placas fotovoltaicas e redução de custos no futuro próximo, com intuito de aumentar a sua participação nas matrizes energéticas dos Países.

A principal motivação para o desenvolvimento da energia solar é o desejo de evitar os combustíveis fósseis com o seu efeito adverso ao meio ambiente. As políticas de acesso à rede, apoiadas por políticas regulatórias e fiscais, têm desempenhado um papel fundamental na atração de investimentos em energias renováveis em todo mundo. Outro aspecto motivador para o aumento da geração de energia renovável são as metas a serem buscadas pelos Países para diminuir os gases de efeito estufa, principalmente o CO₂. Neste aspecto, o Acordo de Paris, aprovado em 2015, contribui para preservação de ecossistemas (por evitar grandes empreendimentos elétricos com altos impactos ambientais ou de combustíveis fósseis) em nações que assinaram o tratado.

O mercado de energia solar fotovoltaica cresce continuamente desde 2006 no mundo a taxas médias anuais próximas a 45%. Alguns Países tiveram um crescimento acima da média, como foi o caso da China (148%) e Chile (101%). Em 2016, o mercado cresceu 32% elevando o total global para 290GW e em 2017, com uma adição de 95 GW a capacidade instalada global atingiu 385 GW (INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2018b).

No Brasil, o uso de fontes renováveis, através da GD de pequena escala, especialmente a solar fotovoltaica foi incrementada a partir da publicação da Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012. No próximo Capítulo será abordada a participação das fontes renováveis na matriz elétrica brasileira.

3 ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL: O CRESCIMENTO DA FONTE SOLAR FOTVOLTAICA

O Brasil dispõe de uma matriz elétrica de origem predominantemente renovável, onde se destaca a geração hidráulica, que responde por 65,2% da oferta interna de energia (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2018). Kileber e Parente (2015) afirmam que, ocorreu diversificação das fontes de energia elétrica no Brasil, apesar do *mix* de eletricidade atual não ser necessariamente mais renovável e mais limpo. Embora seja uma energia “limpa”²² em termos de emissões poluentes de gases de efeito estufa, as severas secas dos últimos anos expuseram a fragilidade do País em relação à fonte hídrica, mesmo sendo apontado por Silva, Marchi Neto e Seifert (2016) como a espinha dorsal do sistema de geração de energia brasileiro, essa se mostrou vulnerável à escassez de eletricidade por essa fonte e tal situação tem levado o governo brasileiro a buscar alternativas em outras fontes renováveis a fim superar esse desafio.

Para garantir a segurança energética, a energia gerada pelas usinas térmicas complementaram as energias provenientes das hidrelétricas (em momentos de insuficiência – crise hídrica). Com isso, surgiram novas inquietações. Se antes os impactos ambientais eram concentrados ao longo de sistemas fluviais, áreas represadas, reservatórios, incluindo fauna e flora e a população ribeirinha, hoje o crescimento da termoeletricidade trouxe preocupações com a poluição e os gases de efeito estufa.

Neste cenário, Bajay e outros (2018) destacam que o desenvolvimento da GD renovável possui potencial para a redução dos gases de efeito estufa e permite aos consumidores obter os benefícios de produzir energia elétrica em suas próprias instalações a partir de fontes que não poluem o meio ambiente, como a solar. Guerra e outros (2015) inferem que, no ano de 2007, o Brasil já estava em uma posição privilegiada na comparação com outros Países em termos de índices internacionais de emissão de dióxido de carbono (CO₂) equivalente. Atualmente, no Brasil, 1,5% das emissões de gases de efeito estufa provêm do setor elétrico, essa percentagem a nível global atinge 24%. Mesmo com índices favoráveis relativos às

²² O termo "limpa", quando associado à energia, refere-se àquela produzida e usada de maneira a apoiar o desenvolvimento humano em todas as suas dimensões social, econômica e ambiental.

emissões de CO₂ equivalente comparada à média mundial, o planejamento energético brasileiro se preocupa em manter uma matriz mais “limpa” e diversificada com o uso de fontes renováveis de energia.

Generalizando a discussão, Silva, Marchi Neto e Seifert (2016) destacam que a hidroeletricidade é a primeira fonte de energia renovável e continuará a exercer um papel importante em um horizonte de dez anos. Contudo, Tolmasquim (2015) ressalta que a capacidade de regularização hidrelétrica brasileira, que era de até cinco anos, está se reduzindo para poucos meses de consumo. Nessas condições, cresce a importância das interligações regionais, da geração renovável complementar, como a biomassa, a solar e eólica, e da geração termelétrica para assegurar o suprimento de energia.

Considerando a predominância da geração hidrelétrica²³, o sistema brasileiro é altamente interligado de forma a aproveitar a interdependência e sinergia entre a operação de usinas localizadas em diferentes localizações geográficas. O Sistema Interligado Nacional abrange grande parte do território brasileiro e atende quase a totalidade da população, sendo que, atualmente, apenas uma capital, Boa Vista, não faz parte dele. Essa grande interligação é uma característica marcante do sistema brasileiro, não sendo comum em outros Países. Por exemplo, nos Estados Unidos, País com proporções equivalentes ao Brasil, mas com demanda muito maior, existem vários sistemas elétricos distantes entre si ou com pequena capacidade de interconexão.

A grande integração do Sistema Interligado Nacional pode ser uma vantagem para a expansão das usinas renováveis, como eólicas e fotovoltaicas. O fato de abranger regiões com diferentes peculiaridades climáticas faz com que as ameaças e a variabilidade de geração diminuam, mas são necessários investimentos vultosos na ampliação da rede de transmissão (CASTRO et al., 2017). Além disso, de acordo com Agência Nacional de Energia Elétrica (2008), os maiores potenciais hidráulicos remanescentes no Brasil localizam-se em regiões com fortes restrições ambientais e distantes de centros consumidores.

Mesmo com esses desafios, o Brasil se destaca mundialmente porque dispõe de uma das matrizes energéticas mais privilegiadas do planeta. A participação de fontes

²³ Considerando o período entre 1971 e 2017, a participação média da hidrelétrica é 73,68%.

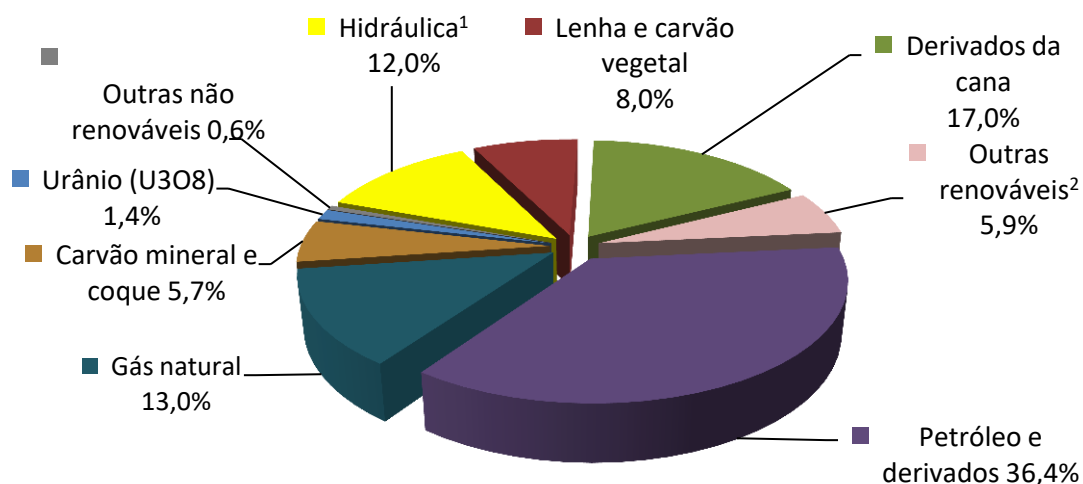
renováveis em 2017 ficou entre as mais elevadas do mundo (42,9%) da oferta interna de eletricidade, enquanto a média mundial era de 13,7% em 2015. Nos Países da OECD, a oferta interna de energia oriunda de fontes renováveis representava apenas 10,1% em 2015. O indicador brasileiro é quase cinco vezes maior que dos Países da OCDE e três vezes superior ao indicador médio mundial, por esse motivo, pode-se considerar que o Brasil tem uma matriz energética “limpa” (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2018).

3.1 Matriz Energética do Brasil

De acordo com as macroaplicações de energia no Brasil, podem-se constatar dois grandes sistemas de energia: o de mobilidade (transporte) de cargas e pessoas e o de fornecimento de energia elétrica para diversos fins. No primeiro sistema, predominam os combustíveis líquidos, os derivados de petróleo e uma fração renovável representada pelo etanol e pelo biodiesel, com recente participação do gás natural. No segundo sistema, destaca-se a energia hidrelétrica. A soma de ambos os sistemas gera o resultado quantitativo da energia geral consumida no País, ou seja, a matriz energética brasileira (KILEBER; PARENTE, 2015; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2018).

No Gráfico 7, observa-se a oferta interna de energia (OIE), conforme apresentado no Balanço Energético Nacional (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2018).

Gráfico 7 – Oferta interna de energia no Brasil - 2017



Fonte: Elaborado com base nos dados da Empresa de Pesquisa Energética (2018).

Notas: (1) Inclui importação de eletricidade; (2) Inclui energia eólica, solar, geotérmica, residual e outras.

O aproveitamento hidrelétrico ainda representa um elemento importante de ampliação de oferta de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional. A maior parte do potencial ainda a aproveitar encontra-se na região Norte e traz com ele uma série de desafios, principalmente de caráter ambiental, para sua utilização na expansão da oferta de energia elétrica (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2018).

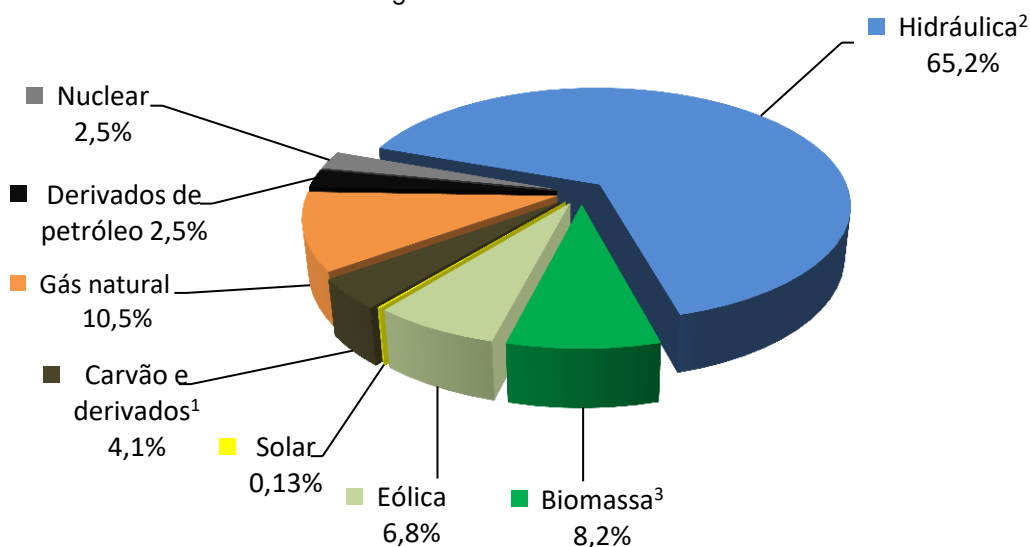
Nesse panorama, não se pode deixar de lado o potencial proporcionado pelo desenvolvimento das usinas de pequeno porte, Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e Centrais Geradoras Hidráulicas (CGHs), com um grande conjunto de empreendimentos ainda não aproveitados e que traz inúmeros benefícios para a matriz elétrica brasileira, como as sinergias com outras fontes renováveis, eólica, biomassa e fotovoltaica, e, principalmente, flexibilidade operativa e de armazenamento no horizonte operativo de curto prazo (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2018).

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (2018), a oferta interna de energia elétrica (OIEE) do Brasil é considerada um subconjunto da matriz energética e apresentou uma oferta interna de energia elétrica em 2017 de 624,3 TWh. Desse total, as fontes renováveis corresponderam a 80,4%.

Apesar da alta taxa de crescimento percentual, a energia solar fotovoltaica ainda é considerada pouco significativa na OIEE do Brasil correspondendo somente a 0,13% enquanto outras renováveis como, eólica, biomassa têm participações mais expressivas de 6,8% e 8,2%, respectivamente. A utilização da energia solar fotovoltaica no Brasil quando comparada com alguns Países, é considerada mínima (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2018). No Gráfico 8, mostra-se a OIEE do Brasil em 2017²⁴.

²⁴ Segundo o Plano Decenal de Expansão de Energia 2026, na matriz da oferta interna de energia, a hidráulica continua com supremacia em 2026, respondendo por 52% da potência instalada total (incluindo importações). As fontes pequenas centrais hidrelétricas, pequenas centrais geradoras, eólicas, solar e biomassa, somadas, passam a responder por 30% da OIEE em 2026, mais que o triplo do indicador de 2014 (9,4%). Neste contexto, as fontes renováveis participam com 82% em 2026, percentual superior ao verificado em 2014 (74,6%), que foi prejudicado pelo baixo regime de chuvas naquele ano (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2017).

Gráfico 8 – Oferta interna de energia elétrica do Brasil - 2017



Fonte: Elaborado com base nos dados da Empresa de Pesquisa Energética (2018).

Notas: (1) Inclui gás de coqueria; (2) Inclui importação de eletricidade;

(3) Inclui lenha, bagaço de cana, lixívia e outras recuperações.

Já a participação na matriz de capacidade de geração elétrica em junho de 2018 da energia eólica foi de 13.205 MW, 8,2% da capacidade instalada total na matriz, enquanto que a participação da biomassa foi de 14.703 MW (9,1%), bem superior a participação da energia solar que foi de 1.678 MW (1,0%). Desse total, 1.323 MW (79%) são de usinas fotovoltaicas centralizadas e 355 MW (21%) são de sistemas fotovoltaicos de geração distribuída (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2018).

Apesar da baixa participação da fonte solar na matriz de capacidade de geração elétrica do Brasil em junho de 2018, foi a fonte que mais cresceu no País em 12 meses (entre junho/2017 a junho/2018), representando um acréscimo de 490,8%. Na Tabela 3 mostram-se as participações das fontes de energia na matriz de geração nacional destacando-se a hidrúlica com 102.384 MW (63,6%) e a térmica (27,1%).

Tabela 3 – Matriz de capacidade instalada de geração de energia elétrica do Brasil - 2018

Fonte	Capacidade Instalada	Número Usinas	Capacidade Instalada (MW)	Capacidade Instalada (%)	Evolução Capacidade Instalada Jun. 2018/Jun. 2017 (%)
Hidráulica	99.422	1.413	102.384	63,6%	2,9%
UHE	93.858	219	96.415	60,0%	2,7%
PCH*+ CGH**	5.549	1.138	5.818	3,6%	4,9%
CGH GD	15	56	50	0,0%	232,0%
Térmica	43.327	3.163	43.568	27,1%	0,6%
Gás Natural	13.026	168	13.003	8,1%	-0,2%
Biomassa	14.227	560	14.703	9,1%	3,4%
Petróleo	10.198	2.265	9.823	6,1%	-3,7%
Carvão	3.713	24	3.718	2,3%	0,1%
Nuclear	1.990	2	1.990	1,2%	0,0%
Outros	150	31	297	0,2%	98,1%
Térmica GD	22	113	33	0,0%	49,3%
Eólica	11.061	595	13.205	8,2%	19,4%
Eólica (não GD)	11.051	538	13.195	8,2%	19,4%
Eólica GD	10	57	10.314	0,0%	1,3%
Solar	284	39.416	1.678	1,0%	490,8%
Solar Fotovoltaica (não GD)	177	2.254	1.323	0,8%	647,4%
Solar GD	107	37.162	355	0,2%	231,9%
Capacidade Total sem GD	153.940	7.199	160.286	99,7%	4,1%
Geração Distribuída (GD)	154	37.388	449	0,3%	190,6%
Total - Brasil	154.095	44.587	160.734	100,0%	4,3%

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do Ministério de Minas e Energia (2018, p.13).

Um dos motivos do crescimento da fonte solar na matriz é o nível de irradiação solar obtido no território brasileiro, facilitando sua disseminação. Pela sua localização e extensão territorial, o Brasil recebe irradiação solar com capacidade de geração solar equivalente a 1000 MWh/m²/ano (SILVEIRA; TUNA; LAMAS, 2013). A maior parte do território brasileiro está localizada relativamente próxima da linha do Equador e é irradiado com energia solar variando de 1500 a 2300 kWh/m²/ano, em

comparação com 900 a 1850 kWh/m²/ano na Alemanha, França, Itália e Espanha (LACCHINI; RÜTHER, 2015).

Como pode ser visualizado na Tabela 4, o valor máximo de irradiação solar horizontal diária média encontrada entre as capitais brasileiras foi de 6,08 kWh/m²/dia na cidade de Fortaleza-CE. Enquanto a menor irradiação solar horizontal diária média encontra-se na cidade de Florianópolis-SC com o valor de 4,36 kWh/m²/dia. A capital de Vitória-ES tem uma irradiação solar horizontal diária média de 5,05 kWh/m²/dia. Entre as cidades dos Países estudados no Capítulo 2, o destaque é Santiago no Chile com o valor de 5,57 kWh/m²/dia, enquanto Berlim é de 2,88 kWh/m²/dia.

Tabela 4 – Irradiação global horizontal solar (média) para as capitais do Brasil e cidades do mundo em kWh/m²/dia - 2018

Capital/DF	IGHS*	Capital	IGHS
Fortaleza (CE)	6,08	São Luiz (MA)	5,38
Natal (RN)	6,03	Cuiabá (PR)	5,36
Teresina (PI)	5,92	Campo Grande (MS)	5,34
Aracaju (SE)	5,89	Belo Horizonte (MG)	5,29
João Pessoa (PB)	5,84	Manaus (AM)	5,21
Maceió (AL)	5,82	Porto Velho (RO)	5,05
Recife (PE)	5,78	Vitória (ES)	5,05
Macapá (AP)	5,67	Rio Branco (AC)	5,03
Belém (PA)	5,55	Rio de Janeiro (RJ)	4,84
Brasília (DF)	5,55	São Paulo (SP)	4,61
Goiânia (GO)	5,55	Porto Alegre (RS)	4,60
Palmas (TO)	5,55	Curitiba (PR)	4,42
Salvador (BA)	5,48	Florianópolis (SC)	4,36
Boa Vista (RR)	5,46		
Cidade/País	IGHS	Cidade/País	IGHS
Santiago (Chile)	5,60	Tóquio (Japão)	3,88
Miami (EUA)	5,21	Pequim (China)	3,81
Madrid (Espanha)	4,73	Ottawa (Canadá)	3,70
Nova Deli (Índia)	4,70	Londres (Inglaterra)	2,79
Sidney (Austrália)	4,41	Paris (França)	3,13
Roma (Itália)	4,39	Berlim (Alemanha)	2,88
Nova Iorque (EUA)	4,06	Moscou (Federação Russa)	2,86

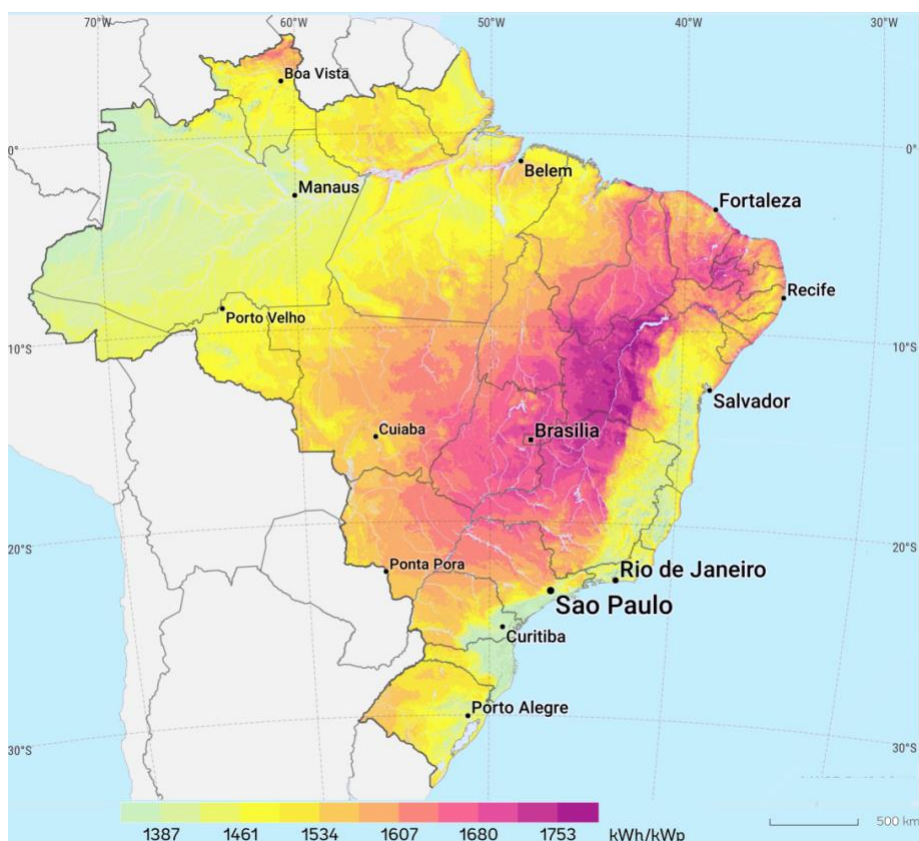
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2017).

Nota: (*) Irradiação global horizontal solar.

Conhecer o recurso solar é chave para seu devido aproveitamento. Nesse sentido, os Estados de Minas Gerais e São Paulo se destacaram na avaliação do potencial

solar de seus respectivos territórios. Em 2012, por exemplo, foi lançada o Atlas Solarimétrico de Minas Gerais (CENTRAIS ELÉTRICAS DE MINAS GERAIS, 2012b), e, em 2013, São Paulo publicou o estudo intitulado “Energia Solar Paulista: levantamento do potencial” (SECRETARIA DE ENERGIA, 2013). Destaca-se, finalmente, que em Campinas, no início de agosto de 2014, foi inaugurado o Laboratório de Energia Fotovoltaica Richard Louis Anderson, voltado à pesquisa e ao desenvolvimento de módulos fotovoltaicos customizados. Essa iniciativa deve ajudar a disseminar o conceito de edifícios integrados e tem papel importante na difusão da microgeração fotovoltaica (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014). O mapa do potencial de irradiação solar fotovoltaica do Brasil é apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Mapa do potencial de geração solar fotovoltaica em termos do rendimento energético anual para todo o Brasil (medido em kWh/kWp²⁵.ano no perfil de cores)



Fonte: Adaptado Solargis (2018b).

Ainda que o modelo energético brasileiro apresente um forte potencial de expansão, o total de energia que poderia ser aproveitado com tecnologias renováveis mais

²⁵ Wp (Watt-pico) é a unidade de medida utilizada para painéis fotovoltaicos e significa a potência em Watt fornecida por um painel em condições específicas e reproduzidas em laboratório.

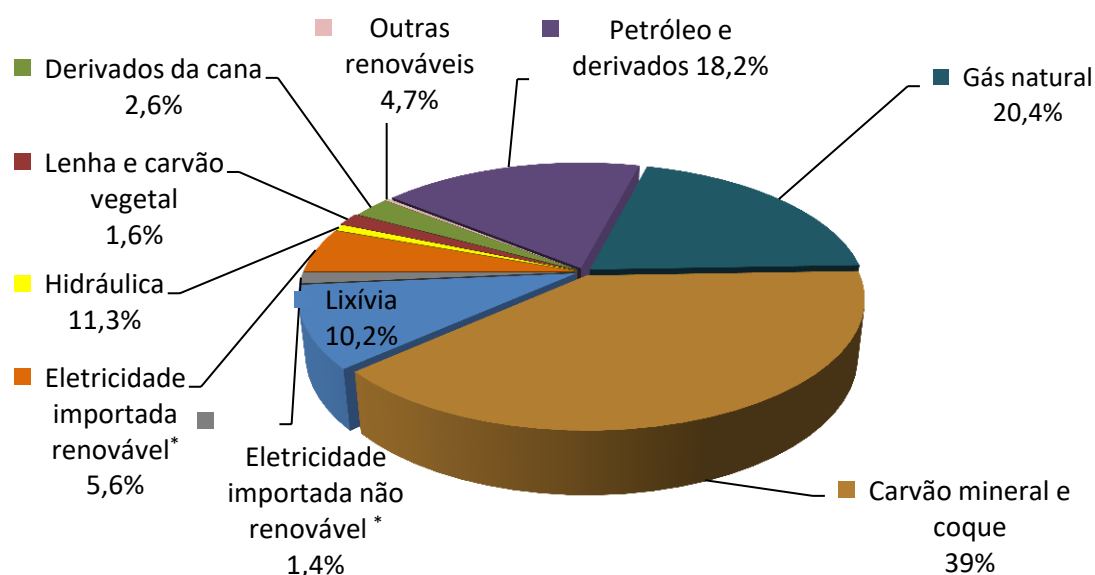
atuais supera em muito a demanda nacional. A utilização de tais fontes envolve dois objetivos estratégicos principais: incentivar a busca de soluções “limpas” e sustentáveis e diminuir os custos de produção de energia (GUERRA et al., 2015; POTTMAIER et al., 2013). Assim, essa prerrogativa estratégica de planejamento também deve estender-se em nível estadual.

Com relação ao Espírito Santo, o relatório mais atual disponibilizado ARSP (AGÊNCIA DE REGULAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS, 2017) é o Balanço Energético do Espírito Santo (BEES), que foi elaborado segundo a metodologia adotada no Balanço Energético Nacional (BEN) e recomendada pela Empresa de Pesquisa Energética, na qual se utiliza uma matriz energética ampla, que possibilita uma adequada configuração das variáveis físicas específicas do setor energético, em especial para as peculiaridades do Estado.

3.2 Matriz Energética do Espírito Santo e Geração de Energia Elétrica

A exploração dos recursos, petróleo e gás natural, por exemplo, grande parte na região capixaba é realizada principalmente por empresas privadas, o que limita o controle do Estado à imposição de impostos e recebimento de *royalties*. Segundo Campos (2016), devido às próprias características das indústrias de ferro-gusa e aço e mineração e pelletização e de sua importância para o Estado, o impacto da participação do carvão mineral e coque (que é uma fonte não renovável de energia) é muito alto, sendo a principal participação na oferta interna bruta de energia estadual. Deve-se destacar, também, a importante participação do gás natural, do petróleo e derivados. No caso das renováveis, o destaque é a participação da lixo (10,2%). A oferta interna bruta de energia do Espírito Santo por fonte demonstra ainda que existe uma grande dependência por fontes não renováveis no Estado conforme mostrado no Gráfico 9.

Gráfico 9 – Oferta interna bruta de energia no Espírito Santo - 2016



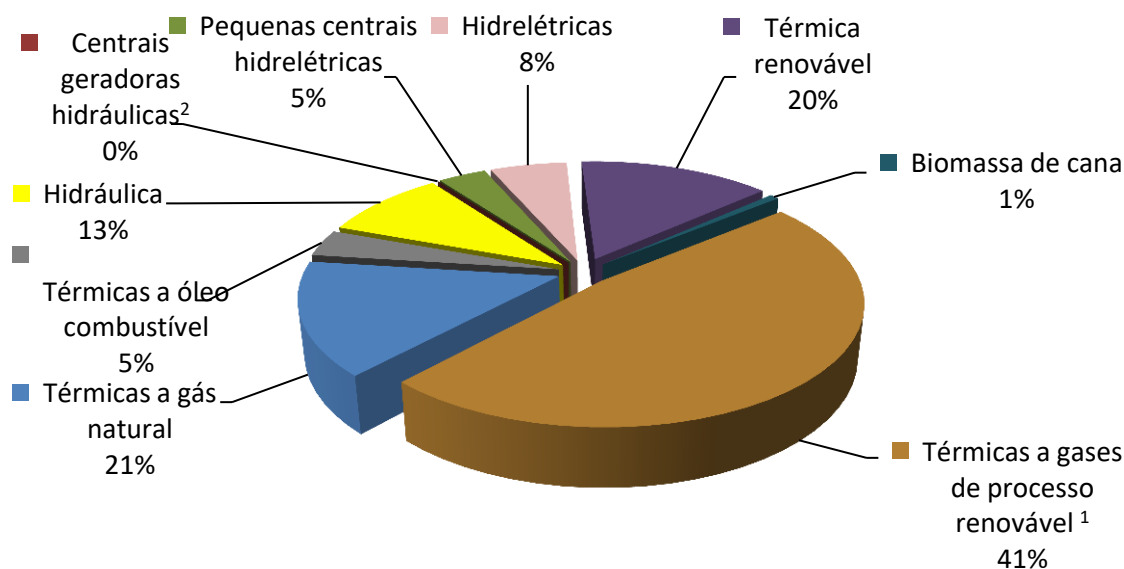
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da Agência de Regulação de Serviços Públicos do Espírito Santo (2017).

Nota: (*) A energia elétrica importada pelo Espírito Santo é composta por um *mix* de energias renováveis e não renováveis oriundas do Sistema Interligado Nacional. Portanto, esse item considerou, à parte, as produções nacionais de energia elétrica renovável e não renovável.

Em comparação a matriz elétrica nacional, a oferta interna de energia estadual é fortemente marcada por fonte não renovável, a demanda interna é suprida basicamente por importação (70%) e complementada por autoprodutores de energia elétrica. Em março de 2018, a autoprodução, usinas termelétricas a óleo combustível somavam uma capacidade instalada de 1.015,6 MW, representando 63,22% da capacidade de geração estadual. Já as fontes renováveis correspondiam a 36,79% da capacidade instalada, distribuídas assim: usinas hidrelétricas (303,5 MW), pequenas centrais hidrelétricas (222,4 MW), centrais geradoras hidrelétricas (1,87 MW) e centrais geradoras solares fotovoltaicas (3,21 GW), sendo a geração distribuída fotovoltaica, responsável por 0,21% desse total. No Gráfico 10, mostra-se a participação por fonte na geração de energia elétrica em 2016²⁶.

²⁶ No Balanço Energético do Espírito Santo (BEES) não é apresentado a OIEE, por esse motivo trabalhou-se com a matriz de geração de energia elétrica.

Gráfico 10 – Participação por fonte na geração de energia elétrica no Espírito Santo - 2016



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da Agência de Regulação de Serviços Públicos (2018).

Notas: (1) Aciaria, Coqueria e Auto-fornos; (2) Dados não disponíveis e/ou percentual muito baixo.

Em estudo sobre as políticas energéticas e climáticas do Espírito Santo realizado por Fiorot (2016), mostrou que no que diz respeito ao uso de energias renováveis no Estado, este setor ainda é muito incipiente e não deveria ser, visto que apresenta uma irradiação solar global horizontal na média da Região Sudeste (4,95 kWh/m²/dia), e isso põe o Espírito Santo com potencial para desenvolver a energia fotovoltaica em seu território. Segundo o autor, de forma geral, não há estratégia para uma gestão mais sustentável dos recursos no longo prazo. Esse fato, segundo Campos (2016), justifica a elaboração de políticas públicas que fomentem o crescimento de fontes renováveis de energia, a eficiência energética e a conservação de energia no Espírito Santo.

As políticas públicas estaduais relacionadas ao incentivo de fontes renováveis são justificadas em vários documentos oficiais com o desafio de buscar soluções técnicas eficientes capazes de identificar fontes que suprem as necessidades atuais de consumo dos seres humanos, sem comprometer a qualidade de vida, a segurança e a própria sobrevivência das próximas gerações. Afinal, o desenvolvimento econômico de Estados e regiões depende hoje, mais que nunca, da identificação e correta exploração de recursos que permitam a produção de energia limpa, a partir de fontes renováveis. Por isso, nos últimos anos, os investimentos em pesquisas nesse campo cresceram muito e têm apresentado

excelentes resultados (AGÊNCIA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ENERGIA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, 2013).

Um dos programas de políticas públicas estaduais que poderá ter um impacto positivo no setor energético é o Programa de Economia Verde, o qual contempla política de eficiência e segurança energética, e de incentivos a fontes renováveis de energia.

Um dos pontos para viabilizar estes objetivos é investir na geração distribuída no Espírito Santo, trazendo uma grande oportunidade de movimentar a economia estadual e de geração de empregos, desde a pesquisa até a fabricação dos equipamentos e a prestação de serviços de instalação e manutenção. Destaca-se a energia solar fotovoltaica que apresenta vantagens em relação às demais fontes de geração distribuída, devido à alta incidência de irradiação solar no Estado e pela facilidade de instalação em diversos contextos urbanos e de adaptações às construções existentes.

3.3 Considerações Finais

Apesar da localização privilegiada do País com abundância do recurso de irradiação solar em toda extensão territorial, com índices melhores de que muitos Países, a participação da energia solar na OIEE do Brasil é incipiente e corresponde a apenas 0,13% da oferta interna total de energia, com uma taxa de crescimento anual considerada alta (490,8%), sua utilização, é considerada baixa.

O Espírito Santo possui uma OIEE mais fóssil que a nacional e a participação da energia solar fotovoltaica se faz com sistemas descentralizados com uma participação de 0,21% na geração de energia elétrica estadual com apenas 3,21 GW.

Um estudo desenvolvido pela agência reguladora estadual, intitulado de “Energia Solar no Espírito Santo - Tecnologias, Aplicações e Oportunidades”, visou fornecer informações fundamentais para o conhecimento e aproveitamento do enorme potencial que o sol oferece em todo o território estadual tanto para o meio urbano e rural e setores residenciais, comerciais e industriais.

O destaque da fonte solar se faz presente a nível estadual devido ao movimento mundial de Países a favor dessa fonte renovável que traz mais eficiência de energia

limpa, renovável e é compatível com projetos de expansão econômica e desenvolvimento social, devido à sua confiabilidade.

Por outro lado, um ponto positivo da inserção da energia solar fotovoltaica por meio da GD é a possibilidade de diminuir o despacho térmico, uma vez que o aumento desse tipo de geração pode auxiliar no armazenamento de água nos grandes reservatórios para ser utilizada em momentos onde o sistema fotovoltaico não tem o seu combustível disponível.

O próximo capítulo irá mostrar como o crescimento da GD está contribuindo para a inserção das energias renováveis na OIEE do Brasil e, em menor escala, na estadual.

4 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL

O suprimento confiável, econômico e universalizado de energia elétrica é entendido como essencial para o funcionamento da economia e da sociedade. No entanto, os impactos ambientais causados pela sua geração, transmissão e distribuição estão sendo questionados. Esse fato, associado ao enorme avanço tecnológico dos últimos anos, abriu um razoável espaço para a expansão da GD, que tem como seus principais focos o fornecimento de energia elétrica a quem ainda não tem acesso a ela e a redução dos impactos ambientais da geração centralizada convencional (GARCEZ, 2015; SEVERINO; CAMARGO; OLIVEIRA; 2008).

A abundância da geração elétrica e sua disponibilização territorial por meios das redes de distribuição trouxeram bem-estar e uma maior capacidade produtiva. No início do século XXI, o conceito da geração centralizada de energia elétrica está dando lugar à geração descentralizada ou distribuída, em que cada consumidor pode gerar sua própria energia elétrica e se conectar com a rede de distribuição, ora fornecendo energia elétrica, ora a consumindo. Isso se deu graças ao desenvolvimento da tecnologia dos painéis fotovoltaicos e ao uso do conceito de cogeração²⁸ acessíveis aos consumidores finais (SILVA, 2015).

Em resposta a esse movimento no mundo todo, alguns Países veem em políticas de incentivos à geração distribuída de eletricidade uma das formas de atender aos seus setores elétricos de maneira que contemplem a inclusão social por meio de geração de renda e emprego, bem como a diminuição de gases de efeito estufa²⁹ e a preservação de ecossistemas, por evitar grandes empreendimentos de geração, como, por exemplo, o caso de projetos de grandes hidrelétricas no Brasil (GARCEZ, 2015).

Nesse contexto, torna-se interessante a inserção em grande escala tanto dos sistemas fotovoltaicos desenhados para a geração de energia em comunidades afastadas, onde o custo para levar às redes de transmissão e sistemas de

²⁸ Segundo o Dicionário de Terminologia Energética, o conceito de “cogeração” refere-se à produção simultânea e sequencial de duas ou mais utilidades – calor de processo e potência mecânica e/ou elétrica, a partir da energia disponibilizada por um ou mais combustíveis (WORLD ENERGY COUNCIL, 2011).

²⁹ O governo brasileiro responsabilizou-se por atingir metas de emissões de CO₂ em vários setores (metas de redução total entre 36,1% e 38,9%). Dias depois da COP-15 (Copenhague), mediante a Lei n.º 12.187/2009, estabeleceu-se que tais metas deveriam ser cumpridas para o horizonte de 2020 e, também, instituiu-se a Política Nacional sobre Mudança do Clima (CAMPOS, 2016).

distribuição não compensa financeiramente às distribuidoras, quanto dos sistemas conectados à rede elétrica. Um sistema solar fotovoltaico, interligado à rede pública e integrado à construção é baseado numa fonte renovável e não poluente de energia, o sol. É considerado um grande colaborador para atenuar as questões ambientais, causados pelo crescimento global do uso da energia elétrica. Além de preencher elementos de revestimento arquitetônico, o sistema pode ser considerado uma alternativa para aumentar a eficiência energética das edificações.

A GD, embora não se configure como uma estrutura essencial, é uma modalidade tecnológica de geração que, ao mesmo tempo, serve como instrumento de política pública e de estratégia regulatória para o setor que permite aos consumidores obter os benefícios de produzir energia elétrica em suas próprias instalações e a partir de fontes que não poluem o meio ambiente, como a solar e a eólica. Do ponto de vista econômico, a GD evita o custo do investimento no parque centralizado, em razão de os valores de referência não incorporarem os custos tarifários de distribuição de energia que segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica corresponde a 17% valor total da energia elétrica (BAJAY et al., 2018; AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2017b).

Por isso, as transformações no setor elétrico provocadas pela GD já começam a ser percebidas em diversos Países e é um dos tópicos mais debatidos no âmbito do planejamento energético no mundo. Ela é apontada como o futuro da produção de energia elétrica. Em Países de mercados mais maduros, a exemplo da Alemanha, Itália, Bélgica, Estados Unidos, Japão e China são considerados como alternativa à expansão de parques centralizados e de grande porte, os quais apresentam grandes impactos socioambientais (FREITAS; HOLLANDA, 2015).

De acordo com Severino, Camargo e Oliveira (2008), no Brasil, por motivos sociais, ambientais, econômicos, legais e estratégicos, a discussão acerca desse tema é imprescindível, sendo eles: (a) nos últimos anos, a qualidade ambiental da matriz energética brasileira piorou bastante; (b) as mudanças climáticas anunciadas podem comprometer a segurança hídrica necessária a principal fonte de geração de energia elétrica no País; (c) a insuficiência de água nos reservatórios e de gás natural pode causar desabastecimento de energia elétrica ou, no mínimo, aumentar o risco de que isso ocorra e a insegurança para toda a sociedade, com fortes impactos

econômicos; (d) o País tem o compromisso legal da universalização do acesso à energia elétrica.

Logo depois do racionamento de energia elétrica de 2001, dentre outros programas, foi criado em 2004 pelo Governo Federal, por meio do Decreto n.º 5.025/2004, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa). Seu objetivo foi elevar a participação de fontes de geração de energia elétrica na matriz energética brasileira a partir de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), usinas eólicas e biomassa. Também foram objetivos do programa a nacionalização de equipamentos e o fortalecimento da indústria de base voltada para o suprimento da cadeia de fornecedores dessas tecnologias de geração.

De forma geral, esses incentivos são iniciativas que visam ao estímulo e ao fomento da produção, comercialização e distribuição da energia renovável como um todo, buscando melhorar a participação dessas fontes na matriz elétrica e aumentar a segurança energética do País. No caso da fonte fotovoltaica, o início da sua expansão foi devido ao primeiro marco regulatório específico para a GD, definido pela Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012, que objetivou a valorização desse energético como fonte de energia elétrica renovável não convencional, inserido, também, num ambiente de oferta descentralizada de energia. Assim, na sequência desta revisão, mostra-se o que significa a GD e como foi o crescimento dos sistemas de geração de energia fotovoltaica no Brasil.

4.1 Conceitos da Geração Distribuída e o Crescimento da GD Fotovoltaica

O tema GD é bastante importante, faz-se necessário que seja amplamente debatido, a começar por uma apresentação conceitual. Podendo ser classificada sob diferentes aspectos, de acordo com Pepermans e outros (2005), o *Conseil International des Grande Réseaux Électriques* (CIGRÉ) a GD pode ser caracterizada como uma geração com capacidade máxima entre 50 e 100 MW, conectada à rede de distribuição e não planejada nem despachada de maneira centralizada. Já o *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (IEEE) citado por Pepermans e outros (2005), define-a como uma geração suficientemente menor que a centralizada, de tal maneira que a conexão pode ser feita perto da carga, não necessitando de linhas de transmissão extensas do ponto de geração ao ponto de consumo. Por sua vez, Tolmasquim (2015) apresenta a GD como a geração de energia elétrica de pequeno

porte, ligada na rede de distribuição, de qualquer fonte, e não despachada centralizadamente pelo operador do sistema elétrico. O Decreto n.º 5.163/2004 interpreta a GD como pequenas centrais hidrelétricas, como geração termelétrica, inclusive cogeração, com eficiência não inferior a 75%, e como geração a partir da biomassa ou de resíduos de processo, independentemente de sua eficiência (BRASIL, 2004).

A versão atualizada do manual para o PRODIST (Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional), criado pela Resolução Normativa ANEEL n.º 345/2009 foi alterado na época da publicação da Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012, a qual contava com uma definição e procedimentos para GD. Neste documento, a GD podia ser entendida como a produção de energia elétrica, de qualquer potência, conectada diretamente ao sistema elétrico de distribuição ou mediante instalações de consumidores, podendo operar em paralelo ou de forma isolada e despachadas ou não pelo Operador Nacional do Sistema (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012a).

Além do PRODIST, a GD já tinha sido citada pela legislação brasileira no artigo 14 do Decreto n.º 5.163/2004. Este Decreto explica que a geração distribuída é a produção de energia elétrica originada dos investimentos de agentes concessionários, permissionários ou autorizados, conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição do comprador, exceto os empreendimentos hidrelétricos com capacidade instalada superior a 30 MW e alguns empreendimentos termelétricos, inclusive de cogeração, com eficiência energética inferior a 75% (setenta e cinco por cento). Porém, termelétricas que utilizem biomassa ou resíduos de processo como combustível não são limitados por esse percentual (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012a).

No ano de 2010, a Companhia Paranaense de Energia (2010) publicou um Manual de Acesso de Micro e Minigeração Distribuída ao sistema da Copel, no qual definiu condições para conexão e acesso de geração à rede de distribuição. Esse manual significou grande avanço nos conceitos, metodologias e padrões relativos à GD de energia elétrica, cujas fontes podem ser a eólica, a solar, a biomassa, a hidráulica ou a cogeração qualificada.

Mesmo assim, a GD de pequena escala não teve expressão em termos de inserção no mercado, quando, na linha mais comumente utilizada no mundo, Países como Alemanha, Chile e Estados Unidos, utilizaram e ainda utilizam este sistema. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), no exercício de suas competências legais, promoveu a Consulta Pública n.º 015/2010 (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA, 2010a) e a Audiência Pública n.º 042/2011 (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA, 2011), instauradas com o objetivo de debater os dispositivos legais que tratam da conexão de geração distribuída de pequeno porte na rede de distribuição.

Como resultado desse processo de consulta e participação pública na regulamentação do setor elétrico, foi elaborado e publicado o primeiro marco regulatório específico de GD, a Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012, que criou o Sistema de Compensação de Energia Elétrica e estabeleceu as condições gerais para o acesso de micro e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, permitindo a instalação de pequenos geradores (tais como: painéis solares fotovoltaicos e microturbinas eólicas, entre outros) no local do consumo de energia elétrica e criou o chamado sistema de compensação de energia elétrica (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012b; SILVA, 2015).

Em suma, a Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012 instituiu a modalidade denominada de *Net Metering*, um espaço regulatório definido e desburocratizado para a GD, garantindo que consumidores pudessem: (i) instalar pequenas usinas (hidráulica, solar, eólica, biomassa ou de cogeração qualificada) de forma a injetar a energia gerada na rede da distribuidora, na qual estão conectados; (ii) ceder essa energia a título de empréstimo gratuito à distribuidora; e (iii) compensar o montante emprestado com o consumo próprio de energia elétrica (SILVA, 2015).

Três anos após esta Resolução, com o objetivo de reduzir os custos e o tempo para a conexão da micro e minigeração, compatibilizar o Sistema de Compensação de Energia Elétrica com as Condições Gerais de Fornecimento (Resolução Normativa n.º 414/2010)³⁰, aumentar o público alvo e melhorar as informações na fatura, a ANEEL realizou a Audiência Pública n.º 26/2015 (AGÊNCIA NACIONAL DE

³⁰ Anteriormente o limite da microgeração distribuída estabelecidos pela Normativa ANEEL n.º 482/2012 não era equivalente aos da Resolução Normativa ANEEL n.º 414/2010, ou seja, o limite de potência para microgeradores era até 100 kW enquanto na Resolução Normativa ANEEL n.º 414/2010 é de 75 kW (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2010c).

ENERGIA ELÉTRICA, 2015a) que culminou com a publicação da Resolução Normativa ANEEL n.º 687/2015 (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015b), a qual revisou a Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012 e a seção 3.7 do Módulo 3 dos PRODIST. Com as modificações a seção 3.7 do PRODIST ficou assim:

[...] microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW, que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada à rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75kW e menor ou igual a 3MW para fontes hídricas, ou menor ou igual a 5MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada à rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015b, p.1).

Além dessas modificações, a Resolução Normativa ANEEL n.º 687/2015 trouxe aperfeiçoamento das informações na fatura, ampliação e aumento do público-alvo, créditos de geração calculados com base integral e ampliação do prazo para recebimento dos mesmos, de 36 meses na Resolução ANEEL n.º 482/2012, para até 60 meses.

Em 2017, através da Resolução Normativa ANEEL n.º 786/2017 (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2017), houve uma nova alteração da Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012, que considerou somente a proposta de alteração dos limites impostos às centrais geradoras de energia elétrica de fonte hidráulica para padronizá-las com as demais fontes renováveis. No entanto, a Resolução Normativa ANEEL n.º 687/2015, ampliou a margem de potência para 75 kW até 3 MW para as fontes hidráulicas. A outra alteração visou à vedação do enquadramento como microgeração ou como minigeração distribuída das centrais geradoras que já tenham sido objeto de registro, concessão, permissão ou autorização, ou tenham entrado em operação comercial ou, ainda, tido sua energia elétrica contabilizada no âmbito da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), ou seja, antes da vigência da Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012, ou comprometida diretamente com concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica, cabendo à própria distribuidora identificar esses casos (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012b, 2015b).

No Quadro 6, observam-se algumas das principais mudanças relacionadas à microgeração distribuída na Resolução Normativa ANEEL n.º 687/2015 e na Resolução Normativa ANEEL n.º 786/2017.

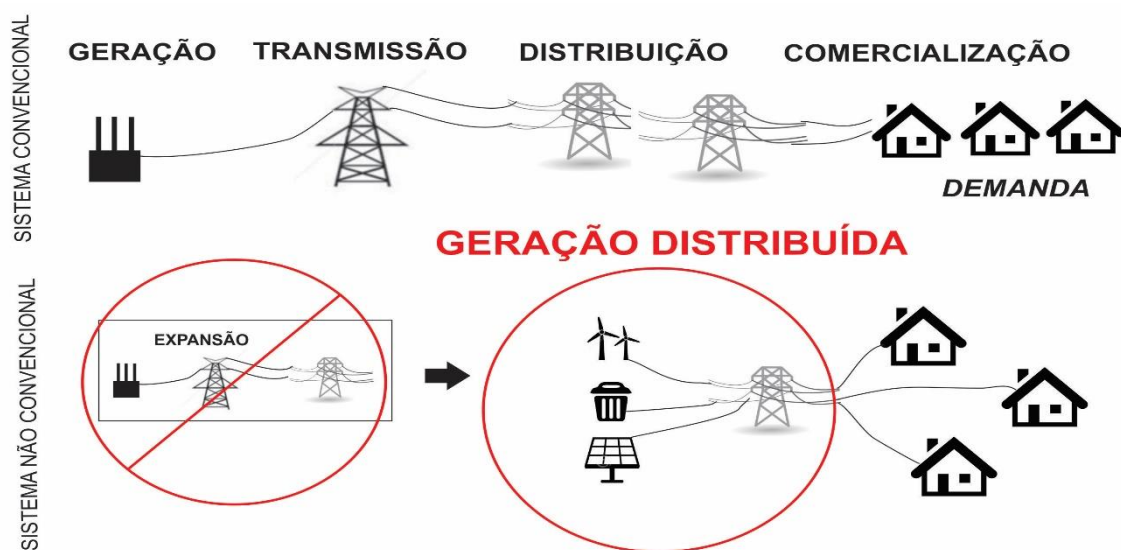
Quadro 6 – Principais mudanças relacionadas à micro e minigeração distribuída após a Resolução Normativa ANEEL n.º 687/2015 e a Resolução Normativa ANEEL n.º 786/2017

Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012	Resolução Normativa ANEEL n.º 687/2015	Resolução Normativa ANEEL n.º 786/2017
Microgeração distribuída: com potência instalada menor ou igual a 100 kW.	Microgeração distribuída: com potência instalada menor ou igual a 75 kW; minigeração distribuída – com potência instalada superior a 75kW e menor ou igual a 5 MW.	Não houve alteração.
Minigeração 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, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.	Minigeração 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, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.	Minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5MW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.
No sistema de compensação de energia elétrica, a energia ativa gerada por UC distribuída (microgeração ou minigeração) é cedida, através de empréstimo gratuito, à distribuidora local e, após, é compensada com o consumo de energia elétrica ativa.	No sistema de compensação de energia elétrica, a energia ativa gerada por UC distribuída (microgeração ou minigeração) é cedida, através de empréstimo gratuito, à distribuidora local e, após, é compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma UC ou de outra de mesma titularidade da UC onde os créditos foram gerados.	Não houve alteração.
Quem pode: renováveis e cogeração qualificada.	Permite empreendimentos com múltiplas unidades consumidoras (condomínios) e geração compartilhada, caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa.	Não houve alteração.
-	-	É vedado o enquadramento como microgeração ou minigeração distribuída das centrais geradoras que já tenham sido objeto de registro, concessão, permissão ou autorização, ou tenham entrado em operação comercial ou tenham tido sua energia elétrica contabilizada no âmbito da CCEE ou comprometida diretamente com concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica, devendo a distribuidora identificar esses casos.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nas informações da Agência Nacional de Energia Elétrica (2012b, 2015b, 2017).

A energia produzida por pequenos geradores pode ser comercializada e injetada diretamente nas linhas de distribuição, evitando custos com a expansão das linhas de transmissão e com subestações. Assim, a GD permite um modelo descentralizado de geração elétrica, diferente do convencional, mas complementar, aumentando ganhos com a eficiência global do sistema. Equivale a um abatimento de carga, pois a energia elétrica é consumida no próprio local onde é gerada. Ela evita e desloca a geração de uma fonte que seria despachada para atender a carga caso não houvesse essa geração. Pode-se visualizar este esquema na Figura 5.

Figura 5 – Geração de energia elétrica convencional x geração distribuída



Fonte: Galiza (2017, p.149).

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (2016b), dentre as tecnologias utilizadas na GD de pequeno porte, os sistemas fotovoltaicos apresentam maior destaque desde a publicação da Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012 com a maior participação no número de conexões. Após cinco anos de regulamentação, segundo Agência Nacional de Energia Elétrica (2018), a capacidade instalada nas UCs convertidas em geradores no Brasil, atingiu a potência de 429 MW com um total de 36.030 empreendimentos ligados à rede até agosto de 2018, sendo 79,2% de centrais geradoras solares fotovoltaicas, ou seja, 339,9 MW enquanto as fontes térmicas, pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) e eólicas apresentavam participações de 7,13%, 11,28% e 2,40%, respectivamente no Brasil (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2018).

A participação das GDs provenientes de outras fontes no total é minoritária (89.352 kW), correspondendo a 21% da capacidade instalada no País. As instalações de

GDs de usinas termelétricas provenientes de biogás, resíduos florestais, gás natural e casca de arroz encontram-se em sua maioria localizadas nos Estados do Sudeste do País, destaque para Minas Gerais com 62 usinas e 12.167 kW instalados. Já as usinas eólicas, se localizam na região Nordeste, destaque para o Ceará, com 24 instalações e 10.085 kW de potência total nas instalações. E por fim, as Centrais Geradoras Hidrelétricas estão localizadas, em sua maioria, nos Estados do Sudeste e Centro-oeste, sendo Minas Gerais o Estado de maior capacidade instalada dessa fonte, com 29.885 kW de potência em 27 usinas (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2018).

Na Tabela 5, mostra-se o total das UCs do País com a respectiva capacidade instalada.

Tabela 5 – Quantidade e potência instalada de UCs com GD no Brasil - 2018

UCs com Geração Distribuída *			
Tipo	Quantidade	Quantidade de UCs que recebem os créditos	Capacidade Instalada (kW)
Total	36.030	50.590	429.202,90
Centrais Geradoras Hidrelétricas	54	7.202	48.419,48
Centrais Geradoras Eólicas	57	100	10.314,40
Centrais Geradoras Solares Fotovoltaicas	35.819	43.040	339.849,94
Usinas Térmelétricas	100	248	30.619,08

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (2018).

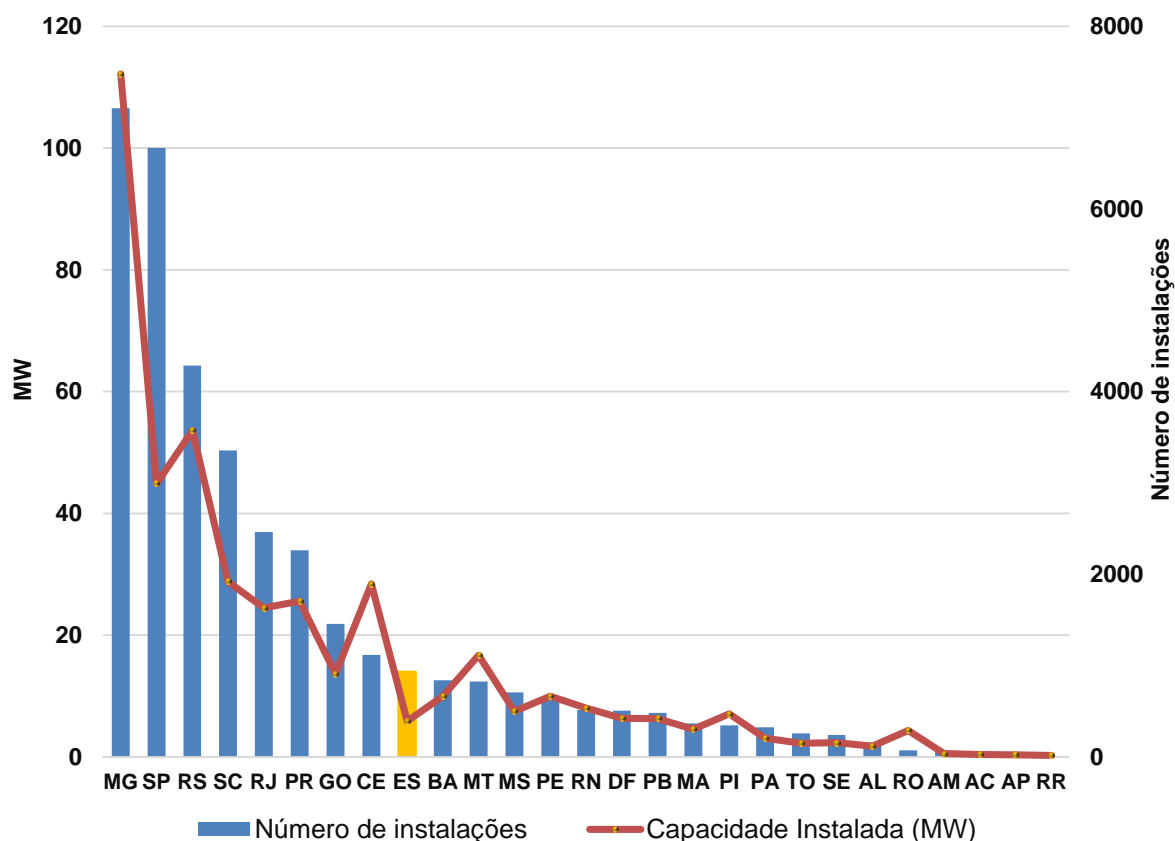
Nota: (*) Dados atualizados em 13 de ago. de 2018.

Em termos da distribuição dos sistemas de GD solar fotovoltaico nos Estados, Minas Gerais reúne o maior número de UCs (7.101). Parte desse resultado deve-se ao fato desse Estado, por meio da Lei n.º 20.824/2013, conceder isenção de ICMS no fornecimento de energia elétrica produzida em usinas geradoras de energia elétricas por fonte solar, eólica, biogás, central geradora hidráulica (CGH), biomassa de reflorestamento e de resíduos urbanos ou animais (SECRETARIA DE ESTADO DA FAZENDA, 2013).

Fato interessante que os Estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio Grande do Sul, os três primeiros em capacidade, juntos, têm quase 50% da capacidade instalada

nacional de sistemas de GD fotovoltaicos, sendo a distribuição entre os estados heterogênea. No Gráfico 11, observa-se o número de instalações de GD e a capacidade instalada dos sistemas por Estados do País.

Gráfico 11 – Número de instalações e capacidade instalada de GD por Estado no Brasil - 2018*



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (2018).
Nota: (*) Dados atualizados em 13 de ago. de 2018.

O Estado do Espírito Santo ocupa a 17ª colocação no *ranking* dos Estados em capacidade instalada e o 9ª em número de sistemas de GDSFV, apesar de se localizar em área de boa incidência solar, comparada aos Estados do Sul do Brasil, ficando atrás de Estados como Rio Grande do Sul (3ª colocação), Santa Catarina (4ª colocação), e Paraná (6ª colocação), que possuem níveis inferiores de radiação (ver Tabela 4 na página 61).

As adesões ao modelo de microgeração distribuída cresceram consideravelmente desde o marco regulatório da GD, entretanto a cobrança de ICMS surgiu de uma lacuna da Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012. A definição sobre a cobrança de impostos e tributos federais e estaduais foge à competência da Agência Nacional de Energia Elétrica, cabendo à Receita Federal e às Secretarias de Fazendas Estaduais do País tratar da questão.

No âmbito dessa tributação destacam-se as ações do Conselho Nacional de Política Fazendária (Confaz), por meio da publicação do Ajuste Sinief (CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA FAZENDÁRIA, 2015a) e do Convênio CONFAZ n.º 16/2015 (CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA FAZENDÁRIA, 2015b). O Ajuste dispõe sobre os procedimentos relativos às operações de circulação de energia elétrica, sujeitas a faturamento sob o Sistema de Compensação de Energia. O Convênio CONFAZ n.º 16/2015 concede a isenção do ICMS, que passou a incidir sobre a diferença entre a energia consumida e a energia injetada na rede. Anteriormente, o imposto incidia sobre a energia total consumida, sem considerar a energia injetada na rede pelo micro ou minigerador (BAJAY et al., 2018).

Até agosto de 2018, 23 Estados e o Distrito Federal haviam aderido ao Convênio CONFAZ n.º 16/2015, que autoriza a isenção de ICMS em operações internas relativas à circulação de energia elétrica, sujeitas a faturamento sob o sistema de compensação de energia elétrica tratado na Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012, sendo eles: Acre, Alagoas, Amapá, Bahia, Espírito Santo³¹, Ceará, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Rondônia, Roraima, São Paulo, Sergipe, Tocantins e o Distrito Federal. É relevante ressaltar que a cobrança ou não do imposto fica a cargo do Estado e pode ser retirada. Essa isenção do ICMS foi essencial para a expansão e a viabilidade econômica da geração distribuída no País (BAJAY et al., 2018).

O ICMS é um tributo estadual aplicável à energia elétrica. “Para aqueles Estados que não aderiram ao Convênio CONFAZ n.º 16/2015, mantém-se a regra anterior, na qual o ICMS é cobrado sobre todo o consumo, desconsiderando assim a energia injetada na rede pela micro ou minigeração” (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2016, p. 13).

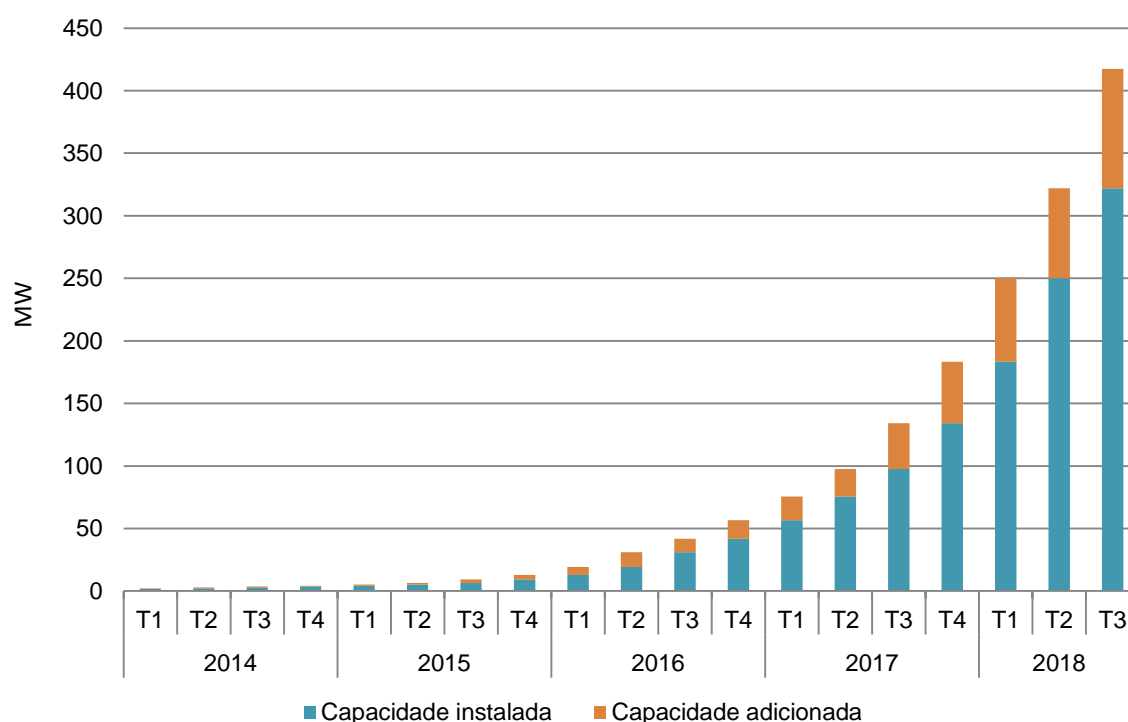
É válida para todos os Estados, a isenção do Programa de Integração Social (PIS) e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) que foi

³¹ Embora o Estado do Espírito Santo tenha declarado a adesão ao Convênio CONFAZ n.º 16/2015 em seu portal no de 12 de dezembro de 2017 (SAMORA, 2017), e esta decisão ter sido publicada no Diário Oficial da União, em maio de 2018, através do Despacho n.º 67/2018 (CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA FAZENDÁRIA, 2018), até outubro de 2018 as UCs geradoras de sua própria energia não haviam recebido isenção do ICMS da geração, pois a falta de Lei e Decreto Estadual para regulamentar essa isenção não possibilitou o término da cobrança do ICMS na energia gerada por essas UCs.

formalizada pela Lei n.º 13.169/2015, do Governo Federal (BRASIL, 2015). Esses tributos passaram a incidir apenas sobre a diferença entre a energia consumida e a injetada na rede pelas UCs com a micro e minigeração distribuída, o que trouxe vantagens econômicas, como a diminuição do *payback*³² do sistema solar fotovoltaico.

No Gráfico 12, ressalta-se o crescimento de geração fotovoltaica por trimestre, em número de capacidade instalada e destaca as adições dessa capacidade no decorrer dos semestres.

Gráfico 12 – Evolução da geração distribuída fotovoltaica anual e por trimestre em função da capacidade instalada no Brasil de 2014 - 2018



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (2018).

Mas, apesar do número de conexões mostrado, é necessário, para que haja uma ampliação maior na GD de sistemas fotovoltaicos, uma base jurídica ampla que estabeleça instrumentos de política para incentivar a aquisição de sistemas de energias renováveis não convencionais e criar um bom ambiente para os pequenos

³² Significa "retorno". Trata-se de uma estratégia, um indicador usado nas empresas para calcular o período de retorno de investimento em um projeto, ou seja, tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor desse investimento.

investidores interessados neste tipo de geração de energia elétrica³³ (MELO; JANNUZZI; BAJAY, 2016). Assim, uma situação melhor a partir das perspectivas socioeconômicas e ambientais pode ser obtida por políticas energéticas que aperfeiçoem a combinação de todas as fontes de energia disponíveis numa determinada sociedade (KIEBER; PARENTE, 2015).

Na última década, inovações tecnológicas, mudanças econômicas e também uma regulação ambiental mais restritiva resultaram em uma renovação do interesse pela geração distribuída. Segundo Pepermans e outros (2005), foram cinco os principais fatores que contribuíram para essa evolução: (1) o desenvolvimento de tecnologias de geração elétrica em escala reduzida, (2) restrições na construção de novas linhas de transmissão, (3) aumento na demanda por uma eletricidade mais confiável, (4) liberalização do mercado de energia e (5) preocupações com as mudanças climáticas.

Segundo a *International Energy Agency*, existem diversas opções de políticas públicas de incentivo à GD a serem consideradas. Políticas públicas de incentivo ligadas à tarifa, como a *Feed-in-Tariff* (FiT)³⁴, comuns em Países europeus e asiáticos, e o *Net Energy Metering*, nos Estados Unidos, Chile e Brasil, têm sido as mais utilizadas, frequentemente combinadas com incentivos fiscais. Em alguns locais, como a Índia, utiliza-se ainda Certificado de Energias Renováveis (*Renewables Energy Certificates* – REC), utilizados também no Chile (FREITAS; HOLLANDA, 2015).

No sistema FiT, as concessionárias de energia elétrica são obrigadas a conectar em sua rede qualquer gerador, além de terem a obrigatoriedade de comprar dos produtores independentes de energia (PIE) toda essa energia renovável a preços determinados pelo governo (geralmente um valor maior do que o preço de mercado convencional). Esse pagamento aos PIEs é garantido por um período de tempo, também previamente estabelecido pelo governo e devidamente regulamentado. O

³³ Estes instrumentos devem ser bem projetados para fornecer incentivos econômicos, tais como isenções fiscais e facilidades de crédito, para tornar possíveis os pequenos produtores adquirir e instalar sistemas de energias renováveis não convencionais e, além disso, deve estabelecer condições para minimizar os riscos de investimento, por exemplo, por meio de contratos de longo prazo (MELO; JANNUZZI; BAJAY, 2016).

³⁴ Tarifa *Feed-in-Tariff* foi criada na Europa e o sistema de medição é similar ao do *Net Metering*, mas o consumidor tem uma tarifa de venda de energia elétrica e outra de venda do excedente exportado para a rede proveniente da sua geração, superiores ao da tarifa de energia consumida, o que torna o sistema extremamente vantajoso (GRIMONI, 2018).

preço pago pela energia renovável, ou seja, tarifa prêmio (TP) tem uma relação direta com o custo de geração da fonte renovável. Por esse motivo, para cada fonte é pago um valor de TP (INTERNATIONAL SOLAR ENERGY SOCIETY, 2005). No final de 2015, 110 Países e/ou Estados tinham adotado políticas *Feed-in*, ou de tarifa fixa, fazendo deste o mecanismo regulatório mais amplamente usado para promover energia elétrica renovável no mundo (RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY, 2016).

É claro que o investimento apenas em energia fotovoltaica e somente na forma distribuída não é o ideal para o País. No Brasil dispõe-se de condições favoráveis para adotar, também, outras fontes renováveis de energia. Mas, no contexto atual, a geração fotovoltaica representa o modelo energético mais simples de ser elaborado nos âmbitos residencial, comercial e industrial, propiciando um ambiente de perdas reduzidas e, principalmente, de maior segurança energética, fruto da desconcentração da produção. Apesar de ser uma fonte intermitente de energia, ela pode ser utilizada combinada com outras fontes permitindo que a curva de geração fique mais estável ao otimizar o uso dos equipamentos, ocasionando um maior fator de capacidade do sistema híbrido (WORLD WIDE FUND FOR NATURE-BRASIL, 2015a).

Segundo Esposito e Fuchs (2013), nos mercados desenvolvidos, os acréscimos da demanda e da escala de produção e o desenvolvimento tecnológico viabilizaram a contração de preços e, em decorrência, a expansão do uso dessa fonte de energia limpa. A melhoria na utilização de recursos, nos processos de fabricação e no aumento da eficiência dos módulos fez com que o *payback* recuasse para menos de três anos nos sistemas de geração fotovoltaicos. Foram registrados preços mais baixos, recordes em Leilões de projetos de energia solar fotovoltaica na América Latina, no Oriente Médio e na Índia. Durante a última década, também, os investimentos em energia renovável nos Países em desenvolvimento, como a China, Brasil e Índia, cresceram de forma constante e superaram o total de investimento dos Países da OECD pela primeira vez em 2015. O crescimento constante foi em grande parte devido ao fato que os equipamentos de energias renováveis têm diminuído os custos no decorrer dos anos (BHANDARIB et al., 2015).

Assim, no cenário de tendência mundial de transição para uma economia de baixo carbono, associada aos altos custos de transmissão de energia e à crescente

demanda mundial de eletricidade, a GD de sistemas fotovoltaicos surge como importante alternativa (MARTINS, 2015). Em termos de Brasil, o arcabouço regulatório para essa modalidade é novo e somente após a Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012 e as Resoluções Normativas ANEEL n.º 687/2015 e n.º 786/2017 esta opção se tornou mais acessível. Com relação ao Espírito Santo, houve também um crescimento natural de sistemas fotovoltaicos de GD como demonstrado no próximo subitem.

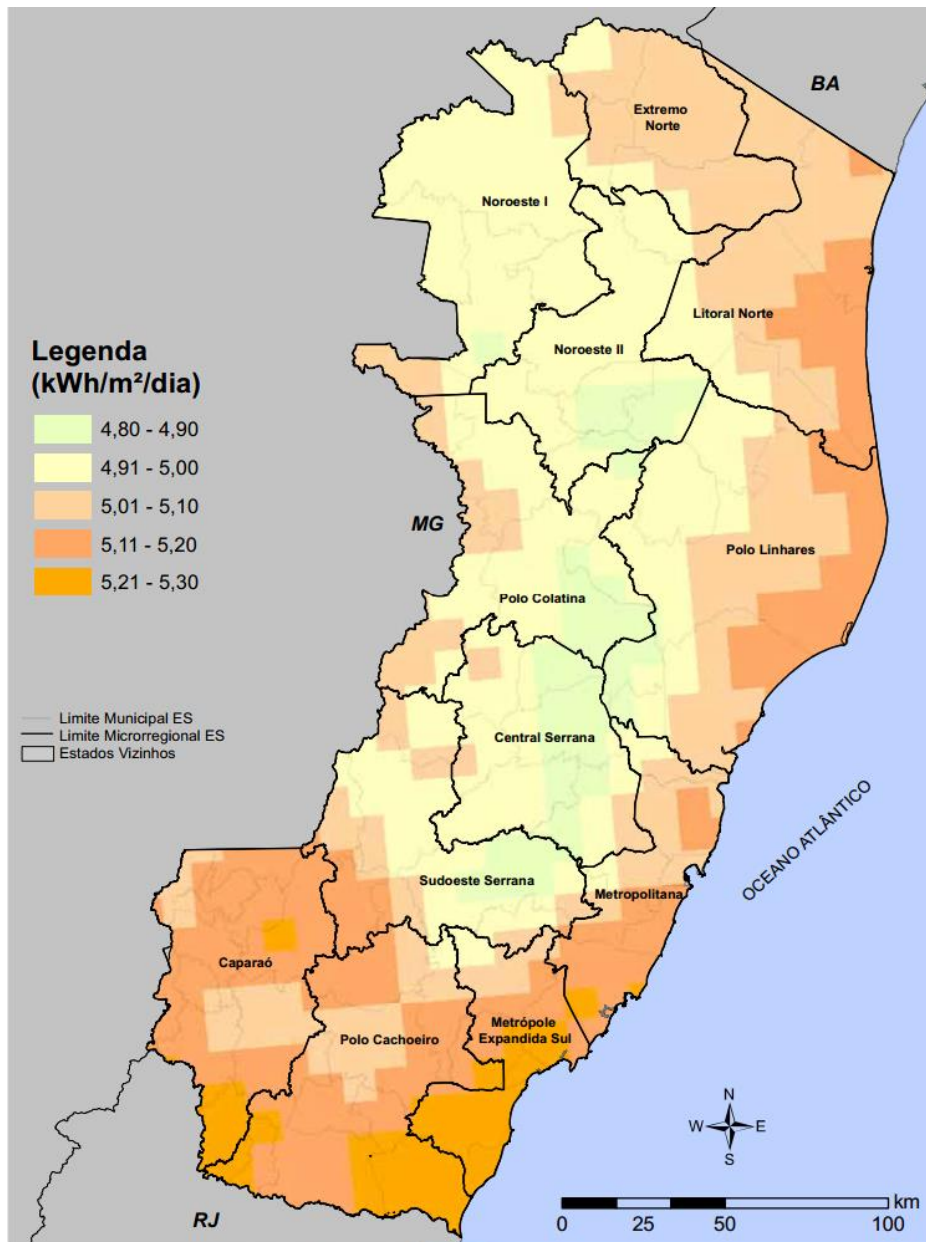
4.2 Geração Solar Fotovoltaica no Espírito Santo

Uma das características mais importantes para instalação de projetos de sistemas fotovoltaicos de GD é sua localização, pois quanto maior a irradiação no local menor será o valor gasto em equipamentos para conseguir a mesma geração se comparada com locais de menores irradiações solares. Em termos de incidência solar, observa-se que o Estado apresenta uma boa média de irradiação devido à sua localização tropical. A variação da radiação solar³⁵ incidente no plano inclinado para o Espírito Santo está entre 5,07 e 5,58 kWh/m²/dia.

Pelo estudo desenvolvido pela Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo (2013), o Estado apresenta pouca variação no nível de radiação solar em seu território, tendo a radiação global horizontal, média anual do total diário, variando entre 4,76 e 5,25 kWh/m²/dia. O intervalo de variação no nível de radiação no Espírito Santo é bem menor do que a encontrada em nível nacional que está entre 4,25 kWh/m²/dia (Santa Catarina) e 6,50 kWh/m²/dia (Bahia). Tais resultados indicam que o potencial solar no Estado para geração de energia elétrica pode ser mais bem aproveitado. Na Figura 6, mostra-se a média da radiação solar global do Estado entre os anos de 1995 e 2005.

³⁵ Radiação solar é a designação dada à energia radiante emitida pelo sol, em particular aquela que é transmitida sob a forma de radiação eletromagnética.

Figura 6 – Média anual da radiação solar global no Espírito Santo de 1995 - 2005



Fonte: Adaptado Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo (2013, p.22).

Este mesmo estudo pondera que: “devido à pequena variação de radiação média incidente entre as microrregiões, calcula-se que um sistema de 1,4 kWp (com 10,5 m² e 5 a 6 placas) seja suficiente para atender à demanda residencial típica em qualquer microrregião do Estado” (AGÊNCIA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ENERGIA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, 2013, p. 48). Na Tabela 6, mostram-se os valores possíveis de potência instalada e de geração de energia elétrica em 1% das residências nas regiões listadas utilizando o sistema solar fotovoltaico de 1,4 kWp descrito anteriormente, chega-se aos seguintes valores por microrregião no Estado.

Tabela 6 – Estimativa de utilização de GD de FV em 1% das residências por microrregião - 2013

Microrregião	Potência (MWp)	Geração (MWp)	Quantidade de Placas
Total	12,75	18.058,59	94.475
Caparaó	0,67	957,72	4.949
Central Serrana	0,43	588,93	3.172
Extremo Norte	0,23	325,14	1.738
Litoral Norte	0,73	1.027,15	5.428
Metrópole Expandida Sul	0,52	753,63	3.880
Metropolitana	5,55	7.946,33	41.139
Noroeste I	0,42	571,84	3.086
Noroeste II	0,50	688,79	3.732
Polo Cachoeiro	2,33	1.914,43	9.856
Polo Colatina	0,71	983,37	5.287
Polo Linhares	1,12	1.562,65	8.274
Sudoeste Serrana	0,53	738,62	3.933

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo (2013, p.49).

Mas, mesmo o Espírito Santo com este potencial para desenvolvimento dessa fonte, não vislumbrou no cenário nacional. Segundo Dias, Lago e Felipe (2017), alguns pontos inviabilizam o sistema fotovoltaico de geração distribuída, como o elevado custo inicial de investimento e as altas taxas de juros, sendo que a maioria dos beneficiados dessa tecnologia são os consumidores com maior poder aquisitivo, uma análise sobre o *payback* do investimento será demonstrado na próxima seção.

4.3 Estudo de viabilidade econômica da geração distribuída fotovoltaica no Espírito Santo³⁶

Foi elaborado por Dias, Lago e Felipe (2017) um estudo de viabilidade econômica para um sistema fotovoltaico instalado na cidade de Vitória-ES. O sistema é composto de módulos fotovoltaicos, inversor de frequência para conectar diretamente à rede de energia elétrica da concessionária.

O parâmetro para a escolha dos módulos foi a melhor relação estimada de custo por energia produzida (R\$/kWh) e para o inversor a melhor relação entre o custo e a potência de saída (R\$/W). Para calcular a da energia produzida por esses módulos foi utilizada a seguinte Equação 1.

³⁶ Este item foi baseado em Dias, Lago e Felipe (2017).

$$Eg = Is \times Ap \times \eta_p \times \eta_i \times nd \times np \quad (1)$$

Sendo:

Eg = energia gerada – kWh/dia;

Is = irradiação solar diária média – kWh/m²/dia (obtida no *site* da CRESESB);

Ap = área do módulo – m² (obtida no catálogo do equipamento);

η_p = eficiência de conversão do módulo (%) – (obtida no catálogo do equipamento);

η_i = eficiência do inversor (%) – (obtida no catálogo do equipamento);

nd = número de dias do mês;

np = número de módulos.

A irradiação solar no local de instalação foi obtida no *site* do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (2018) e calculou-se então a energia mensal produzida pelo sistema fotovoltaico usando a equação 1. Por fim, determinou-se a análise de viabilidade econômica do investimento a partir dos seguintes critérios: (1) valor presente líquido (VPL); (2) taxa interna de retorno (TIR) e o *payback* descontado.

O VPL foi calculado de acordo com a equação abaixo, utilizaram-se taxas mínimas de atratividade (TMA) diferenciadas, visto que, ela é única para cada investidor. Empregou-se o método de aproximações sucessivas, para se obter a TIR, atribuindo-se taxas até obter VPL=0. No cálculo do *payback* descontado considerou-se a taxa de desconto de 10% a.a.

Fórmula algébrica do VPL:

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{CF_j}{(1+i)^j} - CF_0$$

Sendo:

CF_0 = fluxo de caixa no ano zero (investimento inicial);

j = ano; e n = ano final;

i = taxa mínima de atratividade.

Na composição do fluxo de caixa, considerou-se a economia que se dará no serviço de fornecimento de energia pelo produto entre o valor da tarifa de energia e a energia gerada anualmente. Os critérios utilizados por Dias, Lago e Felipe (2017) são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Parâmetros para análise de viabilidade do investimento

Parâmetros técnicos		Fonte
Vida útil do sistema (exceto inversores)	25 anos	Fornecedor
Custo anual de operação e manutenção	1% do investimento	EPE, 2012
Troca do inversor no 15º ano do projeto	valor orçado	Fornecedor
Perda de eficiência dos módulos	0,65% a.a.	EPE, 2012
Perda na energia produzida*	10%	Fornecedor
Reajuste da tarifa de energia	6,99% a.a.	FREITAS; HOLLANDA, 2015
Tarifa (subgrupo B1)	R\$ 0,64	EDP, 2016

Fonte: Adaptado Dias, Lago e Felipe (2017).

Nota: (*) Perda na potência de pico dos módulos em função do aumento de temperatura ocorre a redução da tensão e, conseqüentemente, a potência gerada diminui. As perdas por temperatura são decorrentes em questão da redução da tensão, e como o resultado da potência elétrica é uma proporção da tensão e da corrente, ocasiona uma menor geração de energia.

Também jugou-se que o sistema fotovoltaico estimado fará com que todo o consumo residencial de energia elétrica seja oriundo da sua própria geração, não necessitando consumir energia da distribuidora (que no caso do estudo, é a EDP Escelsa). E dimensionou-se um sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR) de 1,5 kW, sendo capaz de suprir uma demanda mensal de 200 kWh e que, concomitantemente, corresponde ao valor médio de potência instalada na maioria das residências capixabas. Para o estudo de Dias, Lago e Felipe (2017), o arranjo do sistema e as verificações técnicas do dimensionamento estão representados no Quadro 7.

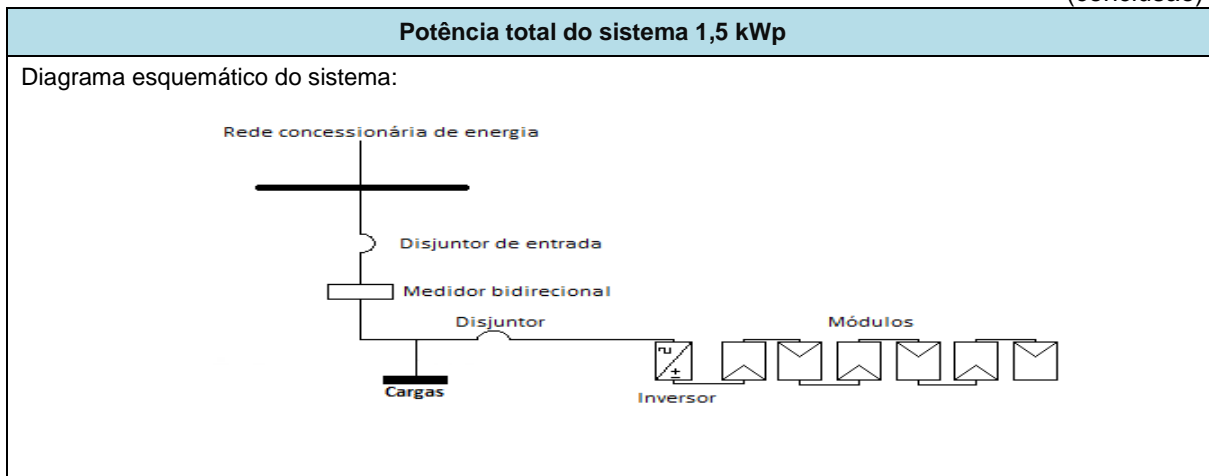
Quadro 7 – Especificações e diagrama esquemático do sistema proposto

(continua)

Potência total do sistema 1,5 kWp			
Nº total de módulos	06 (9,1 m ²)	Módulo selecionado	Canadian - 265 Wp
Nº total de inversores	01	Inversor selecionado	Fronius - 1,5 kW
Produção média de energia	192 kWh/mês (para coordenadas 20,44° S 40,35° O) com perda		
Verificações técnicas do sistema:			
Tensão dos módulos (220,4 V) < tensão máxima de entrada do inversor (335 V);			
Corrente de curto circuito dos módulos (9,2 A) < corrente máxima do inversor (13,3 A).			
FDI = 1,5 kWp / 1,5 kWp = 1,0			

Quadro 7 – Especificações e diagrama esquemático do sistema proposto

(conclusão)



Fonte: Dias, Lago e Felipe (2017).

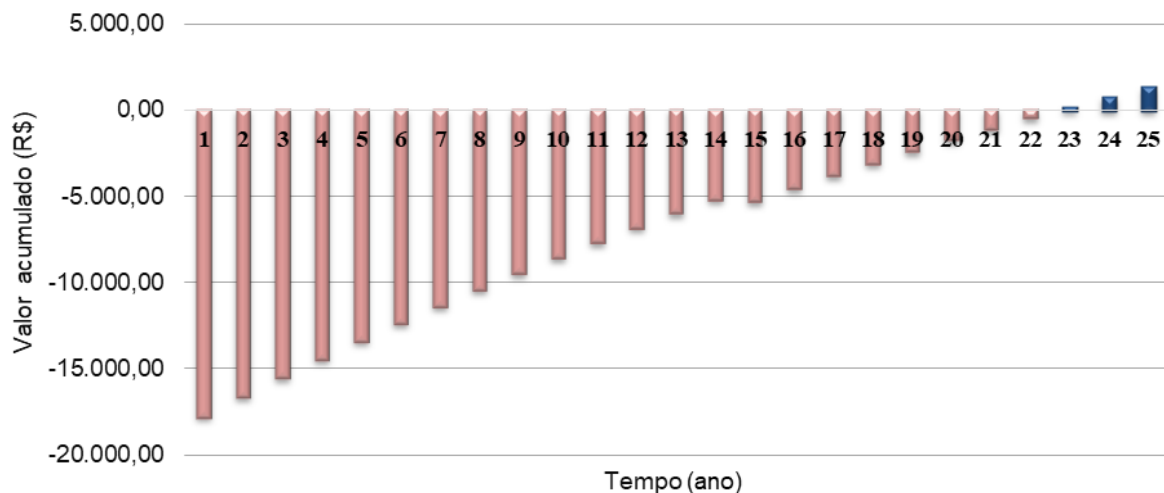
Para o sistema de geração distribuída de energia a partir da fonte fotovoltaica, que foi orçado em R\$18.910,90, e dadas às premissas supracitadas, os autores chegaram ao custo de R\$12,61/Wp. Na Tabela 8, pode-se visualizar o valor presente líquido e sua respectiva taxa mínima de atratividade.

Tabela 8 – VPL e respectiva TMA

TMA	VPL
8%	6.218,74
10%	1.329,72
12%	-2.263,93
14%	-4.956,28
16%	-7.011,14

Fonte: Dias, Lago e Felipe (2017).

Já o *payback* descontado pode ser visto na Gráfico 13.

Gráfico 13 – *Payback* descontado

Fonte: Dias, Lago e Felipe (2017).

Assim os resultados encontrados demonstram inviabilidade econômica, como pode ser visto no texto a seguir:

Observa-se que o VPL foi positivo para uma taxa mínima de atratividade até 10%, o que indicaria uma aceitação do investimento. Porém, o *payback* descontado aponta que o retorno financeiro aconteceria apenas a partir do 23º ano, o que inviabiliza economicamente o investimento uma vez que a vida útil dos equipamentos é de 25 anos. Agrava-se o fato de que o ganho financeiro final não é expressivo, mesmo com TMA de 8%.

A TIR (Taxa interna de retorno) obtida foi de 10,67%, nível no qual o investimento não apresenta prejuízo e nem lucro. Para a TMA considerada pelo investidor, o projeto deve ser aceito se $TIR > TMA$. Utilizando-se a taxa Selic como parâmetro para TMA, devido sua alta rentabilidade e baixo risco, reitera-se a inviabilidade do investimento pois $TIR (10,67\%) < TMA (14\% \text{ Selic do momento})$ da análise de Dias, Lago e Felipe (2017).

A partir destes resultados quanto à viabilidade econômica da cidade de Vitória-ES dois fatos são importantes, a saber: (1) incidência do imposto ICMS-Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços em toda energia consumida (independente se foi gerada no local) – Espírito Santo, como foi dito, ainda não elaborou Lei e Decreto para regulamentar a sua adesão ao Convênio CONFAZ ICMS n.º 16/2015; e (2) custo de disponibilidade ser pago, de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica, pela unidade consumidora (independente se a energia injetada foi maior que a consumida).

4.4 Considerações Finais

A Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012 trouxe a possibilidade de sistemas de geração de energias renováveis distribuídos serem conectados à rede da concessionária. Através desse marco regulatório, as unidades consumidoras que consomem energia elétrica da rede podem gerar sua própria energia e usar a rede como uma “bateria”, onde a energia gerada será “acumulada”, podendo ser devolvida em créditos de kWh em até 60 meses.

Nesse ambiente regulatório definido e desburocratizado para a GD, muitos projetos surgiram no País, chegando a atrair 36 mil consumidores para esta nova forma de geração até agosto de 2018. Neste sentido, o sistema de energia solar fotovoltaica de GD conectado à rede aparece como o mais promissor com um total de 35.819 instalações no País.

Porém quem instala esse sistema em Vitória-ES com capacidade de 1,5 kWp, sendo capaz de suprir uma demanda mensal de 200 kWh, encontra dificuldades em

viabilizar o projeto segundo Lago, Dias e Felipe (2017), pois mesmo com uma posição geográfica privilegiada em relação à incidência da radiação solar, esses sistemas só trazem resultado econômico após o 23º ano de vida.

Falta ainda o Estado do Espírito Santo editar Lei e Decreto para regulamentar a isenção do ICMS conforme o Convênio CONFAZ n.º 16/2015 para todas as modalidades de geração descritas na Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012 e suas atualizações, Resoluções Normativas ANEEL n.º 687/2015 e n.º 786/2017, como empreendimentos com múltiplas unidades consumidoras (condomínios) e geração compartilhada, autoconsumo remoto e junto à carga.

Outra maneira de incentivar a energia solar fotovoltaica uma política pública voltada para essa fonte no Estado, isso pode viabilizar um crescimento mais rápido desta geração com objetivo de tornar mais “limpa” a matriz energética estadual.

Conforme apresentado no decorrer desse trabalho, dentre a oferta mundial de energias renováveis, a energia solar fotovoltaica apresentando maiores taxas de crescimento mundial, o uso exclusivo de incentivos fiscais está dando lugar para as políticas públicas regulatórias para o avanço dessa fonte energética no Brasil e no mundo, como será mostrado no próximo capítulo.

5 POLÍTICAS PÚBLICAS DE FOMENTO À GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

5.1 Conceitos e Definições

A disseminação de fontes alternativas renováveis de energia para geração de eletricidade tem sido feita sempre por meio de mecanismos criados e geridos, em grande parte, pelos governos de cada País para incentivarem seu uso. Como os custos de geração dessas fontes são mais dispendiosos, elas necessitam inicialmente receber incentivos em resposta a preocupações ambientais mundiais, sobretudo no que diz respeito à redução das emissões de gases de efeito estufa (CAVALIERO; SILVA, 2005).

Para atingir metas como aumentar a taxa de independência energética e diminuir a emissão de gases de efeito estufa, os governos se utilizam de políticas públicas para incentivar a participação de fontes renováveis na matriz energética. É assim em Países como a Alemanha, China, Japão, Estados Unidos, Chile e Brasil que se servem desses recursos para atingir suas metas e melhorar o bem-estar dos seus cidadãos. Assim, cabe estabelecer brevemente alguns conceitos para apontar a necessidade e os mecanismos vigentes de incentivos no País.

As políticas públicas são meios utilizados para atingir resultados em diversas áreas que podem ser definidas como: “[...] um conjunto de ações e decisões do governo, voltadas para a solução (ou não) de problemas da sociedade [...]” (LOPES et al., 2008, p.5).

Segundo Secchi (2014, p.2), uma política pública “[...] é uma diretriz elaborada para enfrentar um problema público [e] possui dois elementos fundamentais: intencionalidade pública e resposta a um problema público”; em outras palavras, a compreensão para a instituição de uma política pública é o tratamento ou a resolução de um problema entendido como coletivamente relevante.

[...] a centralidade do Estado no estabelecimento dessas políticas é consequência de alguns fatores: 1) a concepção de políticas públicas é uma das razões centrais do nascimento e da existência do Estado moderno; 2) o Estado detém o monopólio do uso da força legítima e isso lhe dá uma superioridade objetiva com relação a outros atores; 3) o Estado moderno controla grande parte dos recursos nacionais e, por isso consegue elaborar políticas robustas temporal e espacialmente.” (SECCHI, 2014, p. 4).

Dito de outra maneira, as políticas públicas são a totalidade de ações, metas e planos que os governos (nacionais, estaduais ou municipais) traçam para alcançar o

bem-estar da sociedade e o interesse público. É certo que as ações que os dirigentes públicos (os governantes ou os tomadores de decisões) selecionam (suas prioridades) são aquelas que eles entendem serem as demandas ou expectativas da sociedade. Ou seja, o bem-estar da sociedade é sempre definido pelo governo e não pela sociedade. Isto ocorre porque a sociedade não consegue se expressar de forma integral (LOPES et al., 2008).

A formulação dessas políticas públicas envolve diversos estágios. No Quadro 8, demonstram-se tais estágios e o conceito de cada um deles.

Quadro 8 – Estágios das políticas públicas

Estágios	Definição
Formação da agenda (seleção das prioridades)	O processo de definição dos principais problemas de uma sociedade. Existe uma série de elementos para que determinado problema se insira na agenda governamental.
Formulação das políticas (apresentação de soluções ou alternativas)	Esse é o momento onde deve ser definido qual é o objetivo da política, quais serão os programas desenvolvidos e as metas almejadas.
Processo de tomada de decisão (escolha das ações)	É o momento onde se escolhe alternativas de ação/intervenção em resposta aos problemas definidos na Agenda. É o momento onde se define, por exemplo, os recursos e o prazo temporal de ação da política. As escolhas feitas nesse momento são expressas em leis, decretos, normas, resoluções, dentre outros atos da administração pública.
Implementação (execução das ações)	É o momento onde o planejamento e a escolha são transformados em atos. O corpo administrativo é o responsável pela execução da política. Cabe a eles a chamada ação direta, ou seja, a aplicação, o controle e o monitoramento das medidas definidas.
Avaliação	Considera seus impactos e as funções cumpridas pela política. Demais, procura estabelecer sua importância, analisar a eficiência, eficácia e sustentabilidade das ações incrementadas, bem como servir como um meio de aprendizado para os agentes públicos. Ela pode ser feita em todos os instantes do ciclo de políticas públicas.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nas informações de Lopes e outros (2008).

No tocante a “Formação da Agenda” (seleção de prioridades), impossível para os atores públicos concentrarem suas atenções e atenderem a todos os problemas existentes em uma sociedade, dado que estes são numerosos e os recursos necessários para solucioná-los, escassos (LOPES et al., 2008).

Segundo a *International Energy Agency* (2011) as razões que levam governos e consumidores a tomarem medidas para a formulação de políticas públicas com o intuito de estimular o avanço tecnológico setorial e reduzir seus custos de geração, promovendo, assim, um incremento no consumo de recursos energéticos alternativos e “limpos”, especialmente por conta dos altos montantes de investimentos necessários nas primeiras fases de inovação das tecnologias energéticas são três, e estão interligadas: 1) melhorar a segurança energética; 2) estimular o desenvolvimento econômico, particularmente associado com a

agricultura rural e; 3) preservar o clima e o ambiente em geral dos impactos do uso dos combustíveis fósseis.

Segundo Berry e Berry (2014), os modelos de difusão de políticas públicas postulam que os Países se imitam por três razões principais: aprender com inovações de sucesso; para competir uns com os outros; e apaziguar pressão pública interna para adotar as políticas. Ou, de uma forma mais eloquente, no campo das políticas, o adágio "muito pouco é criado, quase tudo é copiado" parece ser válido (Bursztyn, 2008, p. 35). Foi assim, segundo Garcez (2017a), o raciocínio da Agência Nacional de Energia Elétrica para regulamentar a GD no Brasil, destacando a falta de incentivos para a geração de pequena escala no País, que a época contrariava a tendência mundial, podendo ser entendidos dentro da difusão política internacional.

Em geral, essas razões levam a medidas semelhantes destinadas a incentivar tecnologias de desenvolvimento e implantação, mas às vezes os imperativos políticos colidem, exigindo modificação ou compromisso. Por esta razão, é importante ter uma visão de longo prazo ao desenvolver políticas públicas que considerem adequadamente as interações entre as três motivações (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2011).

Neste aspecto Cavaliero e Silva (2005) julgam que, até pouco tempo atrás, o apelo ambiental foi o mais forte incentivo a essas fontes nos Países, mas foi insuficiente para atingir seu objetivo. Garcez (2017a) aponta que no tocante a pressão popular, isso tem sido observado no Brasil através de atores defendendo que o governo priorize as modernas formas de geração de energias renováveis, embora, com maior ênfase no recurso solar fotovoltaico. As fontes dessa pressão são de grupos distintos, não caracterizando uma coalizão definida. Organizações Não Governamentais (ONGs) ambientalistas, como o Greenpeace, pedem uma revolução energética no País e grupos sociais como "Energia para Vida" e o "Movimento dos Povos Afetados pelas Barragens" estão pedindo uma nova direção em energia, planejamento longe de grandes centrais hidrelétricas e nucleares, priorizando as questões sociais na geração e uso da energia.

Porém, para Cavaliero e Silva (2005), grande parte das iniciativas tomadas para promover fontes de energia renováveis no Brasil, concentra-se na atividade regulatória, através de ações do Poder Legislativo Nacional e Agência Nacional de

Energia Elétrica e não por parte do executivo (Ministério de Minas e Energia). Garcez (2017b) relata que embora a mudança climática tenha sido a força motriz citada para incentivar a criação das políticas públicas de GD nos Países da América Latina e do Sul, por outro lado, a diversificação da matriz energética e os custos evitados de investimentos em infraestrutura ocuparam um espaço mais importante como força motriz entre Países latino-americanos do que nos Países norte-americanos.

Ainda sobre os mecanismos adotados no Brasil para diminuir as barreiras da geração de pequena escala, Garcez (2017a) menciona à época na Nota Técnica ANEEL n.º 043/2010³⁷ que as metas da política pública estavam relacionadas aos padrões de interconexão, procedimentos administrativos e considerações tarifárias. De acordo com Garcez (2017a) “[...] isso não é surpreendente, já que a Agência Nacional de Energia Elétrica é um órgão regulador e não formulador de políticas públicas de energia no Brasil [...]”. Os benefícios³⁸ para a GD, conforme difundido pela agência regulamentadora nacional estavam quase inteiramente relacionados a critérios técnicos e econômicos para o sistema elétrico.

5.2 Mecanismos para Promoção de Energias Renováveis no Mundo

Segundo a *International Renewable Energy Agency* (2012), as políticas públicas de apoio à implantação de energias renováveis buscam a redução dos custos da tecnologia, estimular a criação de empregos, promoção da segurança e sustentabilidade da geração e aumento da participação na matriz energética.

Pode-se citar como exemplos operacionais na área do meio ambiente políticas públicas adotadas em alguns Países para incrementar o uso das energias “limpas” em seu território tal como: Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL) criado

³⁷ A Nota Técnica ANEEL n.º 0043/2010 é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da ANEEL. Foi formulada com a proposta de abertura de consulta pública para o recebimento de contribuições visando reduzir as barreiras para a instalação de Geração Distribuída de pequeno porte, a partir de fontes renováveis, conectada em tensão de distribuição (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2010b).

³⁸ São eles: a postergação dos investimentos para a expansão da distribuição e sistemas de transmissão; baixo impacto ambiental; baixo tempo de implementação; cargas reduzidas na rede; diminuir perdas de distribuição, melhor tensão na rede durante o pico de carga; o provimento de serviços anciliares, como a geração energia reativa; maior confiabilidade na prestação de serviços, pois a geração isolada poderia continuar no caso de falhas do sistema e a diversificação da matriz energética (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2010b).

pelo protocolo de Quioto, da Organização das Nações Unidas (ONU), como estratégia de redução das emissões de gases de efeito estufa (SECCHI, 2014).

No Quadro 9, reúnem-se as principais políticas públicas de incentivo adotadas no mundo para o estímulo da geração solar fotovoltaica, tal como a inserção de fontes renováveis na matriz energética nos Países.

Quadro 9 – Principais políticas públicas direcionadas às energias renováveis no mundo

(continua)

Políticas regulatórias	
<i>Feed-in Tariff/Feed-in Premium</i>	Determina um preço mínimo que a concessionária irá pagar para o produtor pela energia elétrica renovável, com o intuito de atrair produtores.
<i>Electric Utility Quota Obligation/RPS</i>	Política baseada em cotas, na qual as concessionárias são obrigadas a contratar uma fração do total de energia vendida de fontes renováveis.
<i>Net Metering/ Net Billing</i>	Sistema que possibilita abatimento de parte ou todo do consumo de energia elétrica, através de geração de eletricidade própria a partir de fontes renováveis.
<i>Tradable Green Certificates (TGC)</i>	Certificados concedidos às empresas que produzem determinada quantidade de energia elétrica oriunda de fontes renováveis, servindo como incentivo para este tipo de produção.
Leilões	O regulador define uma quantidade de energia para ser comercializada e organiza um Leilão para sua venda, de maneira que haja competição por parte dos contratantes; o critério de menor tarifa da energia elétrica produzida é utilizado para definir os vencedores.
Políticas fiscais	
Subsídios de capital, financiamentos ou abatimentos	Concedidos a proprietários de projetos de energia renovável para compensar os custos de investimento inicial.
Créditos fiscais de investimento ou produção	Fornecem um desconto de imposto baseado na produção ou no investimento em projetos de energias renováveis.
Desconto	Uma redução dos impostos aplicável à compra (ou produção) de tecnologias de energias renováveis.
Pagamento por produção de energia	Incentivo para que os proprietários, os agricultores, as empresas, etc., se tornem produtores ou aumentem a sua produção através de fontes renováveis. Impõe às empresas de serviços públicos a compra de eletricidade a partir de fontes de energia renováveis, muitas vezes pequenas empresas locais, por um período de tempo fixo.
Investimentos públicos, empréstimos ou concessões	Apoio financeiro visando o desenvolvimento de projetos de infraestrutura através do uso de benefícios públicos, fundos, empréstimos, bem como outras opções de financiamento. Proporcionam um meio de alocar o capital necessário para a implementação de projetos de energias renováveis.

Quadro 9 – Principais políticas públicas direcionadas às energias renováveis no mundo (conclusão)

Finanças públicas e acesso a rede elétrica	
Investimentos	Financiamento fornecido em troca de uma participação acionária em uma empresa ou projeto de energias renováveis. Usualmente entregue como um fundo administrado pelo governo que investe diretamente em ações de empresas e projetos, ou como financiador de fundos privados (fundo de fundos).
Garantia	Mecanismo de compartilhamento de risco destinado a mobilizar empréstimos domésticos de bancos comerciais para empresas de energia renovável e projetos que têm alto risco de crédito percebido (ou seja, reembolso). Normalmente é uma garantia parcial, isto é, cobre uma parte do capital em dívida com 50-80%.
Empréstimos	Financiamento fornecido a uma empresa ou projeto de energia renováveis em troca de uma obrigação de dívida (ou seja, reembolso). Fornecido pelo governo, banco de desenvolvimento ou autoridade de investimento geralmente em condições concessionais.
Procuração pública	Entidades públicas preferencialmente adquirem serviços de energias renováveis (como energia elétrica) e/ou equipamentos.
Acesso	
<i>Net Metering</i>	Permite um fluxo bidirecional de eletricidade entre a rede de distribuição de eletricidade e os clientes com sua própria geração. O medidor bidirecional registra quando a energia é alimentada na rede, com energia compensada à taxa de retorno durante o ciclo de 'compensação'.
Prioridade ou garantida acesso a rede	Fornecer suprimentos às energias renováveis com acesso irrestrito a redes de energia estabelecidas.
Despacho prioritário	Mandatos de que os suprimentos de fontes renováveis estão integrados em sistemas de energia antes de suprimentos de outras fontes.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nas informações da *International Renewable Energy Agency* (2012), de Santos (2017) e de Barroso e outros (2010).

Na área de políticas públicas regulatórias as *Feed-in Tariff* (FiT) têm sido as mais utilizadas no apoio energético ao incentivar às energias renováveis em Países da União Europeia para qualquer tamanho de sistema. Foi considerado como o mecanismo mais eficiente no desenvolvimento das energias renováveis. A *United Nations Development Programme* (UNDP) apontou que 66 Países adotavam algum tipo de mecanismo *FiT* até o final de 2016 (GARCEZ, 2017b; GLEMAREC; RICKERSON; WAISSBEIN, 2012).

Os dez primeiros Países que lideram o *ranking* de capacidade instalada de energia solar fotovoltaica (ver Tabela 1 na página 38) dependem principalmente das suas políticas públicas com instrumentos como as *FIT*, *Net Metering*, *Electric Utility Quota Obligation/RPS*, *Tradable Green Certificates* (TGC), Leilões para o desenvolvimento de energia solar (SAHU, 2015). No Quadro 10, mostra-se o resumo das principais políticas públicas adotadas nos Países abordados no Capítulo 2.

Quadro 10 – Políticas públicas direcionadas às energias renováveis nos Países

Políticas regulatórias	Alemanha	Brasil	Chile	China	EUA	Japão
<i>Feed-in Tariff / Feed-in Premiun</i>	●			●		●
<i>Electric Utility Quota Obligation/RPS</i>			●	●	●	
<i>Net Metering /Net Billing</i>		●	●		●	
<i>Leilões</i>	●	●	●	●	●	●
Políticas fiscais	Alemanha	Brasil	Chile	China	EUA	Japão
Subsídios de capital, financiamentos ou abatimentos	●	●	●	●	●	●
Créditos fiscais de investimento ou produção	●	●	●	●	●	
Pagamento por produção de energia	●					
Investimentos públicos, empréstimos ou concessões		●	●	●	●	●

Legenda: ● Política existente em todo País ● Política existente em alguns Estados e/ou Províncias

Fonte: Elaborado pelo autor com base nas informações da *Renewable Energy Policy Network For The 21st Century* (2018).

Segundo *Renewable Energy Policy Network for The 21st Century* (2018), o número de Países com políticas públicas de energia renovável no final de 2017 totalizou 128. Pelo menos 173 Países haviam introduzido metas de energia renovável até o final de 2015, e cerca de 146 Países tiveram apoio de políticas públicas em vigor para tecnologias renováveis até o final de 2016, principalmente no setor de energia. Mas, para o futuro, existe uma sensação de que a importância de tarifas *FiT* irá diminuir, enquanto a importância dos Leilões e *net metering* crescerão significativamente. Essas visões dão suporte aos desenvolvimentos atuais de mercados de eletricidade renováveis que estão aumentando de acordo com o crescimento do número de Leilões para energias renováveis centralizadas e a difusão da geração distribuída solar fotovoltaica no mundo.

Muitos Países usaram essas políticas públicas para facilitar a inserção e o desenvolvimento da geração de energias renováveis como a solar, eólica e biomassa, pois ainda há custos marginais superiores às tecnologias tradicionais, como a geração utilizando gás natural e grandes hidrelétricas (FARIA JR. et al., 2017). Na próxima seção serão abordadas as principais barreiras às entradas das energias renováveis nas matrizes elétricas mundiais.

5.3 Barreiras às Entradas de Fontes Renováveis nas Matrizes Energética e Elétrica

A ampla adoção de sistemas fotovoltaicos seja como substituto de outros sistemas de geração de eletricidade em áreas urbanas ou para eletrificação rural é um processo desafiador (KARAKAYA; SRIWANNAWIT, 2015). As barreiras e propulsores de sistemas de energia renovável dependem de tecnologias específicas, organizações sociais e instituições. A implantação das tecnologias de energia renovável é política prioritária em muitos Países, mas na prática, os governos enfrentam muitos problemas para tornar as energias renováveis tecnicamente viáveis e economicamente eficientes (FRATE; BRANNSTROM, 2017).

A maioria das barreiras está relacionada com o custo mais elevado das energias renováveis comparado ao das formas convencionais de geração de energia elétrica, que varia entre os Países devido a diferentes taxas de subsídio e tributação, facilidade de acesso aos recursos, custos relacionados ao transporte etc. Em geral as barreiras têm natureza política, econômica, financeira, regulatória, técnica, institucional e cultural (INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2014a).

No Quadro 11, mostram-se as principais barreiras encontradas para a inserção das fontes renováveis no mundo e os desafios a serem superados para transpor as dificuldades iniciais.

Quadro 11 – Barreiras e desafios para inserção de energias renováveis

(continua)

Tipos das barreiras	Desafios
Barreiras de custo e preços	<p>Elevados custos iniciais de investimento para muitas tecnologias de fontes renováveis, intensivos em capital, reforçados por outras barreiras como falta de avanços tecnológicos, escassez de <i>know-how</i> específico em tecnologia e mão de obra qualificada aumenta o custo nivelado da eletricidade de fontes renováveis, esses projetos também são comparativamente menores que os projetos de energia convencionais em termos de capacidade instalada, tornando mais difícil explorar os efeitos de escala.</p> <p>Falta de consciência das tecnologias de energias renováveis e informação insuficiente de seus potenciais e benefícios, aumentando a incerteza e, conseqüentemente, os seus custos de capital através da percepção de elevados riscos.</p> <p>A falta relativa de conjuntos de dados prontamente disponíveis e abrangentes para planejamento de alta qualidade leva a percepção de riscos mais elevados, o que leva a um aumento nos custos.</p>

Quadro 11 – Barreiras e desafios para inserção de energias renováveis

(conclusão)

Tipos das barreiras	Desafios
Barreiras relativas a acesso ao capital	<p>Muitos Países em desenvolvimento com um potencial significativo de fontes renováveis combatem os desafios relacionados ao investimento devido a fatores de risco, tais como segurança jurídica, risco de contraparte, prêmios de alto risco em financiamento de terceiros, acesso restrito ao capital, etc.</p> <p>A taxa risco de fontes renováveis sobre investimentos de capital e informações insuficientes sobre fontes renováveis e experiência passada relacionada ao mau desempenho de alguns projetos o que resulta incertezas em investidores e em serviços públicos para fornecer capital, e instituições financeiras negando crédito, uma vez que não há contra partida disponível.</p>
Barreiras relacionadas para legalizar e regulamentar a estrutura, incluindo acesso ao mercado	<p>Em muitos Países em desenvolvimento, a geração e distribuição de eletricidade continuam a ser do Estado, com as concessionárias de energia operando como um monopólio e com a base de conhecimento em formas convencionais de energia.</p> <p>Distribuidoras consideram fontes renováveis descentralizados operadas por produtores independentes de energia como potenciais concorrentes e fazem o que for possível para evitar regras de acesso transparente à rede para estes geradores.</p> <p>As regulamentações tarifárias geralmente são projetadas contra produtores independentes e o licenciamento fontes renováveis é lento e sujeito a exigências pesadas.</p>
Barreiras relacionadas ao social e impactos sobre o meio ambiente	<p>Ao contrário das usinas convencionais, as fontes renováveis, por sua natureza, são sistemas distribuídos em uma área geográfica maior (por exemplo, solares e eólicas) e são frequentemente associados aos impactos de fontes renováveis, como poluição sonora ou visual, o que pode resultar em uma mentalidade “não-no-meu-quintal” e resistência pública.</p> <p>Em projetos hidrelétricos, a criação de reservatórios, pode envolver o deslocamento e o reassentamento de pessoas devido à submersão de terras agrícolas e assentamentos, levando à perda significativa de meios de subsistência.</p> <p>Há também perdas associadas de <i>habitats</i> naturais e patrimônios naturais e humanos.</p>

Fonte: Elaborado pelo autor com base nas informações da *International Renewable Energy Agency* (2014a).

O envolvimento de todas as partes interessadas, comunidades locais, empresas, organizações internacionais, instituições financeiras, e governo é crucial para promover a adoção de políticas públicas para inserção das energias renováveis nas matrizes energéticas e elétricas dos Países. Do ponto de vista técnico e social, a falta de divulgação e percepção dos benefícios dos sistemas fotovoltaicos possa atrapalhar a adoção dessa fonte. Em relação ao aspecto econômico, os custos dos sistemas fotovoltaicos ainda são altos. Além do mais, ainda encontram-se diversas barreiras relacionadas ao enfoque político e ao gerenciamento da tecnologia. Por isso, medidas políticas ineficazes e gerenciamento indevido podem prejudicar o processo de disseminação em vários contextos (KARAKAYA; SRIWANNAWIT, 2015).

5.4 Políticas Públicas e Incentivos às Fontes Renováveis no Brasil

No Brasil, as políticas voltadas para incentivos a energia renovável são formuladas pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), que é um órgão que assessora a Presidência da República na formulação de políticas e de diretrizes na área de energia. Entre as funções do Conselho está a de promover o aproveitamento racional dos recursos energéticos do País (BAJAY et al., 2018).

Entre 1994 e 2001, o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM) promoveu principalmente o uso de tecnologia fotovoltaica em áreas rurais. Este programa foi o primeiro do seu tipo a incentivar o uso de tecnologia fotovoltaica, e mais tarde se tornou parte do Programa “Luz para Todos”, que findou em 2014 (GARCEZ, 2017a). Segundo Bulut (2012, p.11), “[...]PRODEEM terminou longe do cumprimento de suas metas e a necessidade de alcançar a universalização do acesso à eletricidade permaneceu[...]”.

Uma das principais políticas públicas regulatórias adotadas no Brasil foi a de Leilões, que foi regulamentado pelo decreto n.º 5.163/2004 (BRASIL, 2004). Mas a energia solar fotovoltaica levou mais tempo do que o esperado para ser considerada como uma opção real para geração de energia. Movimentos iniciais para a introdução da energia solar fotovoltaica no *mix* de energia foram feitas no 6º Leilão de Energia de Reserva realizada em 31 de outubro de 2014, em que um dos produtos dos Leilões foi exclusivo para esta tecnologia (VIANA; RAMOS, 2018).

No País, um programa voltado para políticas de incentivos às energias renováveis, foi o Programa de Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA). A sua concepção visava incorporar recursos energéticos de energias renováveis, pela contratação de projetos de energia eólica, pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e biomassa de produtores independentes, e incentivar o uso de tecnologia nacional (BRASIL, 2002). De acordo com Faria Jr. e outros (2017), outro incentivo específico para venda de energia renovável no Mercado Livre de Energia (ACL) é o desconto nas tarifas dos sistemas de transmissão (TUST) e distribuição (TUSD). Esse mecanismo estimulou o desenvolvimento de projetos de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) e cogeração de cana-de-açúcar.

Logo depois, como descrito na seção 4.2 na página 82, a ANEEL editou uma Resolução, criando uma política regulatória, assim surgiu o Sistema de

Compensação de Energia Elétrica (mecanismo nacional de *Net Metering*). Trata-se de um mecanismo que possibilita aos proprietários de micro e minigeração receberem créditos pela energia ativa gerada além do nível de consumo do usuário. Esses créditos expiram em 60 meses após a data de faturamento, não sendo oferecida ao consumidor qualquer forma de compensação após o prazo. É importante notar que esses créditos devem ser utilizados apenas para compensar o consumo de energia do proprietário da GD. Não há pagamento para a energia injetada na rede de distribuição, e essa injeção é limitada ao nível de consumo do usuário.

Por outro lado, as políticas fiscais são importantes para atrair investimentos para o setor de energia e viabilizar a implementação de usinas e aquisição de equipamentos. Dentre os tipos mais comuns desses instrumentos, destacam-se os financiamentos, a isenção total ou parcial de impostos e os subsídios de capital, como a isenção do ICMS dada por alguns Estados sobre a produção e a comercialização de painéis fotovoltaicos.

E no que se refere às políticas públicas de inovação, Pagel, Campos e Carolino (2018, p.8) discorrem que:

“[...] as principais medidas incluem interação das empresas privadas e públicas, grandes ou pequenas, universidades e agências governamentais que têm por objetivo a produção de ciência e tecnologia dentro das fronteiras nacionais; as instalações de parques e projetos experimentais; transferência e licenciamento de tecnologia; programas de testes, padronização e certificação de qualidade; além de incentivos à Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) [...]”.

No Quadro 12, tem-se um resumo das principais políticas públicas regulatórias, fiscais e tecnológicas, de incentivos às energias renováveis vigentes no Brasil.

Quadro 12 – Principais políticas vigentes no Brasil

Principais políticas vigentes no Brasil	
Principais políticas regulatórias	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Net Metering</i>: Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012 (complementada pelas <i>Resoluções Normativas ANEEL n.º 687/2015 e n.º 786/2017</i>) • Leilões de Energia Elétrica: Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro - Lei n.º 10.848/2004.
Principais políticas fiscais	<ul style="list-style-type: none"> • Isenção de Imposto Sobre Circulação de Mercadorias (ICMS). • Isenção de Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI). • Desconto na Tarifa de uso do sistema de transmissão/distribuição (TUST/TUSD) - Resolução ANEEL n.º 271/2007. • Isenção na Geração Distribuída. • Programa “Mais Alimentos”, vinculado ao Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF). • Menores juros de empréstimo junto ao BNDES, Financiamento a Empreendimentos (FINEM) e Financiamento de Máquinas e Equipamentos (FINAME).
Políticas tecnológicas/ Aspecto de inovação	<ul style="list-style-type: none"> • Os investimentos em P&D na área de energia solar no Brasil são provenientes principalmente do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação e Comunicações (MCTIC), através do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), e da ANEEL.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nas informações de Santos (2017).

Embora a transição para uma matriz elétrica mais sustentável ser considerada vantajosa no sentido ambiental, o fato é que fontes renováveis, como a solar, apresentam desafios associados com características específicas do local. No entanto, apesar das tentativas das diversas políticas públicas para esta fonte no País, algumas são ineficientes para incentivar este tipo de fonte. A falta de tecnologia produzida em solo brasileiro continua sendo uma das principais barreiras ao desenvolvimento da energia solar. A produção de painéis fotovoltaicos e outros equipamentos no Brasil seria um grande salto para o barateamento desta fonte, especialmente quando comparadas às políticas de incentivo desenvolvidas em Países de destaque no mercado solar fotovoltaico que tem menor irradiação solar (GARCEZ, 2017a).

O Espírito Santo já possui importantes incentivos às fontes renováveis em formatos de Leis e Decretos mais ainda precisar avançar no que tange a legislação para a isenção do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) no fornecimento de energia elétrica produzida em usinas de micro e minigeração fotovoltaicas, para consolidar esta fonte como a principal renovável no cenário estadual.

Na próxima seção será evidenciado tais Leis e Decretos do Estado do Espírito Santo.

5.5 Políticas Públicas e Incentivos às Fontes Renováveis no Espírito Santo

Com o avanço tecnológico, o sistema fotovoltaico principalmente começou a se viabilizar primeiramente em áreas mais remotas, onde é de difícil acesso à rede de distribuição, mas é necessário assegurar o suprimento de insumos energéticos. Porém, o investimento envolvido ainda pesa na decisão do consumidor, mesmo com a recente subida das tarifas de energia elétrica. Com isso, alguns Estados da Federação começaram a buscar formas de incentivo, inclusive pela isenção de ICMS (BRASIL, 2015b).

Com a intenção de fomentar a fonte solar, o governo do Espírito Santo editou o Decreto n.º 1.090/2015 que isenta de Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) equipamentos fotovoltaicos utilizados na instalação do sistema de geração de energia solar, a saber:

O Espírito Santo, por exemplo, isenta o ICMS sobre a produção e a comercialização de painéis fotovoltaicos, segundo estabelecido no Art. 5.º, inciso LXXX, do Regulamento do Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (Decreto n.º 1.090/2002). Outros Estados estão aderindo ao Convênio Conf n.º 16/2015, que isenta o ICMS sobre a energia gerada e injetada na rede de distribuição. No âmbito federal, há a isenção do PIS/Pasep e da Cofins sobre a energia elétrica do Sistema de Compensação (Art. 8.º da Lei n.º 13.169/2015) (AGÊNCIA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ENERGIA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, 2015, p. 3).

Sobre políticas públicas de incentivo a fontes renováveis aqui no Estado, Campos (2016, p. 20) salienta:

No caso do Espírito Santo, em que a matriz energética é menos "limpa" do que a nacional, os argumentos a favor de políticas públicas de incentivos a fontes renováveis de energia e eficiência energética foram ampliados, com a criação de programas como o PROENERGIA (Programa Estadual de Eficiência Energética e de Incentivo ao Uso de Energias Renováveis) e a implementação de legislações condizentes com temas como Mudanças Climáticas Globais, Política de Resíduos Sólidos, dentre outros.

Outro importante programa é o Programa Estadual de Eficiência Energética e de Incentivo ao Uso de Energias Renováveis (PROENERGIA) que visa estabelecer políticas, incentivos e ações de Eficiência Energética de uso e valorização econômica de energias renováveis, tais como eólica, solar, biomassa,

biometano⁴⁰ e outras fontes renováveis e do biocombustível, no âmbito estadual, além de estabelecer a forma de sua gestão, bem como a obrigação de cada órgão, entidade ou instituição participante e objetivos de redução de consumo a serem atingidas por todos os setores envolvidos, contribuindo para a diminuição da produção dos gases do efeito estufa e para a destinação final mais adequada para os resíduos orgânicos (AGÊNCIA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ENERGIA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, 2014).

Outras legislações estaduais referentes à temática energia/meio ambiente que merecem destaque são mostradas no Quadro 13.

Quadro 13 – Espírito Santo: legislação aplicada a energias renováveis

Decreto	Fundamentação
Decreto n.º 1.090-R/2002	Regulamenta o RICS/ES, isentando, dentre outros, o ICMS de equipamentos e componentes para o aproveitamento da energia solar e eólica.
Lei n.º 9.264/2009	Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos.
Decreto n.º 2.363-R/2009	Cria o Programa Capixaba de Materiais Reaproveitáveis.
Lei n.º 9.531/2010	Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas – PEMC.
Decreto n.º 3.453-R/2013	Dispõe sobre a Política Estadual de Incentivo as Energias Renováveis - Eólica, Solar e da Biomassa e Outras Fontes Renováveis.
Decreto n.º 3.700-R/2014	Reestrutura o Comitê Gestor de Resíduos Sólidos no Estado do Espírito Santo.

Fonte: Campos (2016).

Destaca-se a política Estadual de incentivo às energias renováveis, tais como: eólica, solar, biomassa (madeiras, oleaginosas, algas marinhas, resíduos da agropecuária, esgotos domésticos e efluentes industriais e biometano), e outras fontes renováveis, visando incentivar a produção e o consumo desses energéticos no Estado do Espírito Santo através do Decreto n.º 3.453-R/2013 (ESPÍRITO SANTO, 2013).

Enfim, a inserção da ideia da implantação de mecanismos de disseminação no uso e produção de tecnologias renováveis para conversão de biomassa, luz solar ou aproveitamento dos ventos no planejamento de médio e longo prazo também é um passo importante para a transformação da realidade do Estado. De acordo com o

⁴⁰ Biometano: gás oriundo de biodigestão anaeróbica de resíduos orgânicos, tornado utilizável para queima por meio de processo de purificação (ESPÍRITO SANTO, 2013).

Plano ES 2030, a estratégia para recuperar o atraso frente aos Países desenvolvidos e atender a objetivos importantes para a área energética pode ser fundamentada em três linhas distintas, pensadas em três momentos cronológicos, nesta ordem, atualmente: 2013 – ano do Plano de Desenvolvimento – Espírito Santo 2030, 2020 e 2030: (1) processo de *catching-up* para reduzir o *gap* tecnológico com programas experimentais utilizando-se de tecnologias difundidas no mercado nacional e internacional; (2) difusão tecnológica no mercado e aparelhamento institucional (políticas de incentivo, marcos regulatórios, mão de obra capacitada, comércio e serviços especializados); e (3) P&D&I (Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação) em novas fontes energéticas na fronteira do conhecimento, incentivando pesquisas avançadas em centros de excelência e cooperação internacional (CAMPOS, 2016; ESPÍRITO SANTO, 2013). Além dos planos estratégicos, outro suporte importante foram as formulações dos Atlas de Bioenergia, Eólico e Solar por intermédio da Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo (ASPE).

Um dos pontos abordados no Plano Estratégico 2013-2020 da ARSP é o fomento potencial de energia solar do Estado do Espírito Santo para elaboração do Termo de Referência e contratação do documento denominado “Atlas da Energia Solar”, o qual indicaria, para cada microrregião, as tecnologias apropriadas para geração de energia fotovoltaica. O referido documento fundamentaria a elaboração de um programa estadual de fomento à energia solar, porém até o momento (agosto de 2018), nenhum dos dois documentos foi elaborado (AGÊNCIA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ENERGIA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, 2013).

5.6 Considerações Finais

A questão ambiental, tanto global quanto local, e os recentes avanços tecnológicos transformaram as energias renováveis na escolha prioritária para a expansão de capacidade de geração elétrica. Anos de apoio político combinados com um rápido progresso tecnológico significam que as energias renováveis tornaram-se cada vez mais viáveis como opção de custo-benefício. Países ao redor o mundo estão repensando seu setor de energia e utilizando cada vez mais as energias renováveis de forma estratégica para “limpar” suas matrizes energéticas. A base fóssil da energia, no entanto, gerou externalidades ambientais importantes, que nas últimas

décadas começaram a ser colocadas na pauta de política energética dos Países – nacionalmente e internacionalmente. Como resultado, um crescimento sem precedentes na implantação de energias renováveis depois dos primeiros anos da década de 2000 tem impulsionado um ciclo virtuoso de custos decrescentes, aumentando investimentos e inovação tecnológica (INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2017).

À parte, as políticas públicas estão sendo reformuladas para incentivar e administrar este crescimento rápido das energias renováveis, ao mesmo tempo em que colaboram para entrada de novos *players* no mercado e a formação de novos modelos de negócios.

Aqui, vale falar que as políticas de incentivo contribuem para o crescimento do mercado e o declínio dos preços dos sistemas solares fotovoltaicos nos Países. As políticas regulatórias, os incentivos fiscais e os mecanismos de subvenção públicos têm conseguido um papel crucial no progresso da fixação da energia renovável pelo mundo, o que tem incentivado a inovação e melhoria tecnológica, diminuindo os custos da energia solar fotovoltaica.

No que trata a GD solar fotovoltaica no Brasil, a publicação da Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012 iniciou o processo da micro e minigeração distribuídos no País, possibilitando a conexão à rede de energia elétrica da concessionária. Porém, políticas regulatórias não são suficientes para uma maior expansão dos sistemas, a política para energia solar é muito recente: o primeiro financiamento do BNDES – respeitando as regras de conteúdo local – foi aprovado em 2017; logo, não se podem avaliar, ainda, seus resultados. No entanto, diversos agentes no setor apontam para dificuldades relevantes na internalização de algumas tecnologias na cadeia de produção da placa de solar fotovoltaica.

No próximo capítulo descreve-se a metodologia que conduziu ao desenvolvimento do presente trabalho, os procedimentos de coleta das informações dos responsáveis das UCs para embasar os próximos capítulos.

6 METODOLOGIA

6.1 Tipo da Pesquisa

O presente estudo possui um caráter bibliográfico e documental e os objetivos foram alcançados por meio de uma pesquisa de campo, considerada melhor opção estratégica, pois as informações que respondem aos objetivos da pesquisa não estavam registradas ou disponíveis, a não ser na memória ou pensamento dos entrevistados (MANZINI, 2012).

A pesquisa foi dividida em quatro etapas: (1) Avaliação da inserção da geração da energia fotovoltaica no mundo e nos Estados brasileiros, especialmente no Espírito Santo; (2) Levantamentos das UCs geradoras de energia elétrica própria por meio de painéis fotovoltaicos na cidade de Vitória-ES; (3) Aplicação de questões para os responsáveis nas UCs selecionadas na cidade de Vitória-ES e (4) Avaliação das respostas do questionário e formulação de gráficos e análise do resultado.

Na próxima seção expõe-se com detalhes como foi realizada cada etapa dessa pesquisa.

6.2 Ações da Pesquisa

Para lograr êxito nos objetivos das etapas 1 e 2, iniciou-se a pesquisa na construção do portfólio bibliográfico, com avaliação da trajetória da energia solar fotovoltaica como mecanismo ou ferramenta de mudança para inserção de energias renováveis nos Países que adotaram essa tipo de geração, e em Estados do Brasil, em artigos completos de periódicos publicados nos últimos nove anos (2010 - 2018). As publicações fundamentais para o entendimento da pesquisa que excedessem os dez anos também foram utilizadas no corpo do trabalho.

A pesquisa bibliográfica foi realizada em livros e artigos de revistas especializadas a fim de reunir, analisar e comparar referenciais teóricos diversos sobre a legislação relativa à GD de micro e minigeração, bem como sobre as categorias de análise do objeto desta pesquisa: UCs geradoras de energia elétrica, micro e minigeradores fotovoltaicos, mecanismos de incentivo à inserção da geração fotovoltaica nas matrizes energéticas mundial, nacional e estadual.

A pesquisa bibliográfica teve início com uma busca na rede mundial de computadores (*Internet*), nas bases de dados *Web of Science*, *Science Direct* e do portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Isso favoreceu a elaboração de um portfólio bibliográfico específico para a pesquisa (AFONSO et al., 2011).

A pesquisa documental nesta fase voltou-se à identificação e investigação de documentos oficiais de órgãos federais e estaduais como Leis, Decretos e Resoluções e relatórios das Unidades Consumidoras registradas na Agência Nacional de Energia Elétrica (2018) e na Associação Brasileira de Geração Distribuída (ASSOCIAÇÃO BRAILEIRA DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2017). No âmbito estadual foram consultados dados da ARSP do Estado do Espírito Santo e do Governo do Estado.

A pesquisa documental para coleta de dados internacionais foi feita em *sites* de associações, instituições internacionais como *International Renewable Energy Agency*, *International Energy Agency*, *North American Electric Reliability Corporation*, *Renewable Energy Policy Network For The 21st Century* e a *European Photovoltaic Industry Association*.

6.3 Pesquisa de Campo

Para a terceira e quarta fases dessa pesquisa investiu-se no estudo descritivo, pois foram apresentadas precisamente as expectativas dos proprietários das UCs sem especificar hipóteses iniciais a respeito da natureza de tais características, com o objetivo de verificar a frequência com que respostas semelhantes ocorreram, sendo que ao final foi descrito e organizada tal frequência sem compromissos inferenciais com métodos matemáticos, estatísticos e comportamentais (SELLTIZ, 1967). Para as respostas discursivas, obtidas mediante a aplicação da entrevista aplicada aos proprietários das UCs, foram aplicados filtros nos dados através do programa *Microsoft Office Excel*, para posterior análise.

Nesta fase da pesquisa, foram feitas entrevistas pessoais mediante o uso de entrevista semiestruturada⁴¹ (APÊNDICE A) no local da instalação do sistema. Elas

⁴¹ “A entrevista semiestruturada tem como característica um roteiro com perguntas abertas e é indicada para estudar um fenômeno com uma população específica: grupo de professores; grupo de alunos; grupo de enfermeiras, etc. Deve existir flexibilidade na sequência da apresentação das

foram gravadas com intuito de obter dados sobre as razões que levaram os proprietários das UCs geradores de energia elétrica solar fotovoltaica na cidade de Vitória-ES a produzirem sua própria energia.

Mesmo com um tema é amplamente estudado em todo o mundo, há de se falar em estudo exploratório, pois os objetivos da pesquisa foram inéditos, trazendo para o conhecimento questões ainda não exploradas.

Esta entrevista prezou pela exatidão nos resultados. Isso foi possível graças aos estudos preliminares do perfil das UCs listadas no *site* Agência Nacional de Energia Elétrica (2017b) e seus contatos foram conseguidos através dos integradores (empresas que instalam o sistema), após a obtenção desses dados foi feito o agendamento junto aos proprietários seguindo as seguintes informações:

- Código GD: o número de registro da ligação da UC como gerador distribuído de energia;
- Classe: residencial, industrial e comercial;
- Município/UF: Vitória-ES;
- Ano de ligação, Trimestre, Mês e Dia: até 30 de junho de 2017;
- Tipo: Unidade de Energia Solar Fotovoltaica (UFV);
- Potência Instalada: capacidade instalada do sistema de geração solar fotovoltaico.

As UCs avaliadas foram selecionadas por meio de uma amostragem não probabilística, pelo método de conveniência, com critérios de inclusão assim definidos:

- a) A capacidade instalada (potência) das UCs de geração fotovoltaica da cidade de Vitória-ES, que representavam 74,5% da capacidade instalada total de sistemas de GD da cidade, ou seja, (0,38 MW de 0,51 MW total instalado), totalizando 26 unidades, nesta modalidade de UFV.
- b) UCs que representem duas classes de consumo: a comercial e a residencial (não existia a classe industrial na época da seleção).

Na Tabela 9, mostra-se a participação percentual em capacidade instalada das UCs entrevistadas no total da cidade de Vitória e Estado do Espírito Santo.

Tabela 9 – Participação das UCs pesquisadas

Participação das UCs entrevistadas ^(*)				
Local	UCs	Quantidade de UCs Entrevistadas / Cap. Instalada (MW)	Capacidade Instalada (MW)	Capacidade Instalada UCs Entrevistadas/ Cap. Instalada Local (%)
Vitória	48	26/ 0,38	0,51	74,5
Espírito Santo	532		1,78	21,3

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da Agência Nacional de Energia Elétrica, 2018.

Nota: (*) Dados atualizados de 30 de jun. de 2017.

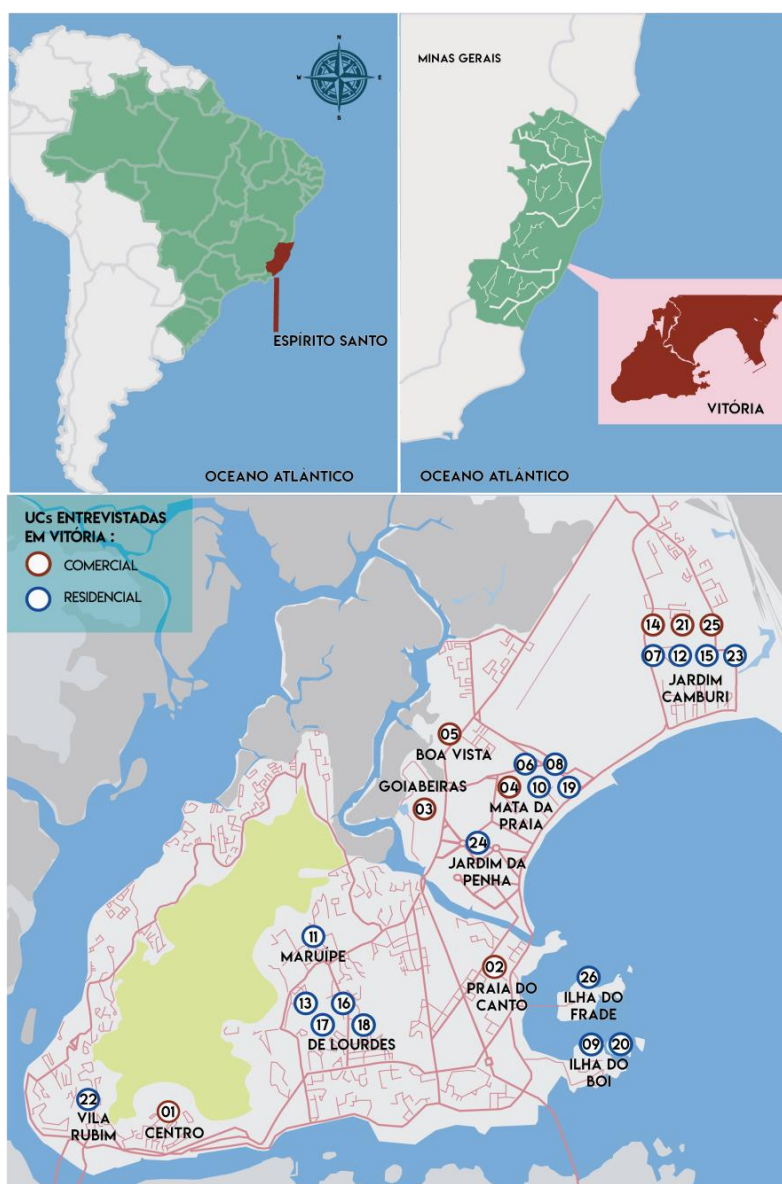
No período de seleção da pesquisa⁴², o número acumulado de UCs do Estado era de 532 unidades com potência de 1,78 MW, enquanto o total das 26 UCs entrevistadas era de 0,38 MW, ou seja, correspondia a 21% da potência de todas as UCs instaladas no Espírito Santo⁴³. As UCs selecionadas foram codificadas como UC1 a UC26, com o intuito de manter a integridade e garantir o sigilo no que diz respeito à caracterização de cada uma delas.

As classes identificadas nas UCS pesquisadas conforme Resolução Normativa ANEEL n.º 414/2010 e apresenta o seguinte significado: Residencial, grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2300 Volts, e a Comercial, aquela que serviços e outras atividades enquadram-se as unidades consumidoras onde sejam desenvolvidas as atividades de prestação de serviços e demais não previstas nas demais classes (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2010c). Na Figura 7, visualiza-se a localização das UCs entrevistadas.

⁴² Do início do registro feito pela Agência Nacional de Energia Elétrica (11 de junho de 2007) até o dia 30 de junho de 2017 (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2018).

⁴³ Importante frisar que todas as 532 UCs geradoras distribuídas do Estado eram do tipo solar fotovoltaica (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2018).

Figura 7 – Localização das UCs entrevistadas na cidade de Vitória-ES



Fonte: Elaborado pelo autor com base nas informações da Associação Brasileira de Geração Distribuída (2017) e pesquisa de campo.

Após esta etapa, passou-se à análise e interpretação dos dados coletados utilizando-se dos conhecimentos acumulados durante a pesquisa, tal como da experiência adquirida na atividade profissional.

A discussão e a interpretação dos dados obtidos foram norteadas por questões, como:

- a) As UCs identificadas conhecem a Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012 e suas atualizações, Resoluções Normativas ANEEL n.º 687/2015 e n.º 786/2017 e o Convênio CONFAZ n.º 16/2015?

- b) A Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012 e suas atualizações, Resoluções Normativas ANEEL n.º 687/2015 e n.º 786/2017, contribuíram para a tomada de decisão para instalar o sistema de geração solar fotovoltaico?
- c) Quais as expectativas antes da instalação do sistema de geração solar fotovoltaico? E elas foram atendidas?
- d) Qual a percepção dos proprietários das UCs em relação à melhoria nos mecanismos de incentivos para esse tipo de geração de energia renovável?
- e) Como estão sendo implantadas as políticas públicas referentes às GDs na cidade de Vitória-ES?

Como objetivo de estudo desse trabalho, os próximos capítulos serão destinados a uma discussão ampliada dos resultados da pesquisa com as UCs de geração fotovoltaica distribuída de Vitória-ES.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os consumidores são os principais interessados e beneficiados ao empregarem a GD. Identificar as motivações que levam os consumidores a aderirem à GD é algo essencial. No entanto extremamente difícil de ser feito dada a heterogeneidade desse grupo.

Existem alguns fatores que exercem forte influência na decisão do consumidor, dentre os principais pode-se destacar a tarifa de energia da área de concessão na qual esse se encontra, o nível de insolação ou velocidade do vento (nos casos da geração solar fotovoltaica e eólica, respectivamente), os impostos e incentivos do governo que incidem sobre esse tipo de geração, a renda do consumidor e o apelo sustentável. Porém, apesar da dificuldade de previsão do comportamento do consumidor, sabe-se que a maioria dos prossumidores busca com a adesão à GD a redução na conta de energia, ou seja, retorno do seu investimento.

Em seguida, mostram-se os resultados da pesquisa feita com os proprietários das UCs de Vitória-ES que optaram em gerar energia própria por meio de sistema de GD solar fotovoltaico.

7.1 Razões que Levaram os Consumidores a Aderirem ao Sistema de GD Utilizando a Geração Solar Fotovoltaica

Os dados estratificados das respostas dessas 26 UCs entrevistadas mostram que a maioria, 54% optaram pelo sistema de GD utilizando a geração solar fotovoltaica, tendo em vista a “Redução da Conta de Energia Elétrica”. Isso é possível, pois o Brasil adota o sistema de *Net Metering* (medição líquida), em que as distribuidoras são responsáveis por operacionalizar o sistema, além de divulgar as regras específicas para a sua área de concessão, analisar os projetos de conexão à sua rede, e instalar o equipamento bidirecional de medição. Porém, a maioria das distribuidoras de energia sempre foi contrária a GD. Segundo audiências públicas, entre as preocupações estão a necessidade de equipe para avaliação dos projetos e mão de obra especializada, mudança na característica das redes e elevação das perdas, em que a geração supere a carga. Mas, além disso, as distribuidoras temem perder mercado e valor dos ativos (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014).

Por sua vez, 23% buscaram essa modalidade devido às crenças e nível de apoio às energias renováveis na perspectiva de rotular sua edificação de maneira “Sustentável e Ecológica” ao implantar o sistema de geração fotovoltaico. Essa crença está presente na característica original da GD, que por ser feita por fontes descentralizadas, dispensam frequentemente transporte da energia a grandes distâncias, contribuindo para a economia de recursos do meio e para a diminuição da emissão de gases de efeito estufa, que é uma das metas do Acordo de Paris, ratificado pelo Brasil.

Outro resultado que aparece citado em menor participação, (7%) preferiram pelo “Cálculo do *payback*” do investimento, ou seja, levou em consideração o tempo de retorno sobre o investimento inicial, que para os projetos adquiridos pelos prosumidores entrevistados, ficou entre quatro e oito anos. Esses valores de *payback* já eram de se esperar visto que a Agência Nacional de Energia Elétrica não estabelece o custo dos geradores e tampouco eventuais condições de financiamento. Portanto, o consumidor tem que analisar a relação custo/benefício para instalação dos geradores com base em diversas variáveis: tipo da fonte de energia, tecnologia dos equipamentos, porte da unidade consumidora (energia consumida mensal) para o dimensionamento da central geradora, localização (rural ou urbana), valor da tarifa a qual a UC está submetida, condições de pagamento/financiamento do projeto e existência de outras UCs que possam usufruir dos créditos do sistema de compensação de energia elétrica.

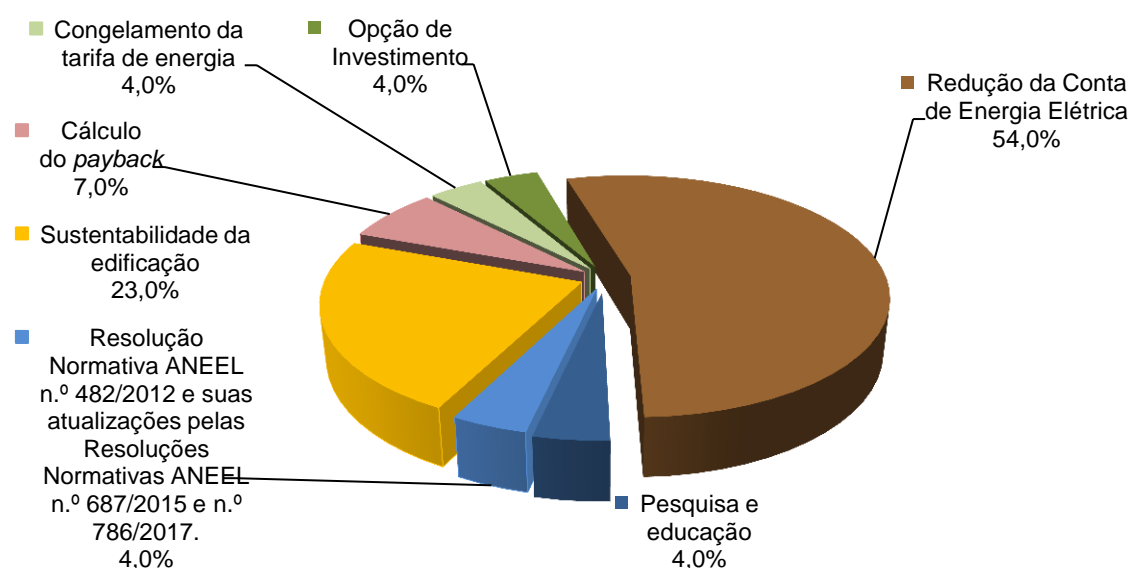
A “Publicação da Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012 e suas atualizações pelas Resoluções Normativas ANEEL n.º 687/2015 e n.º 786/2017” foi citada por somente 4% dos entrevistados. Ao analisar o Quadro 8 da página 91, infere-se que a GD não faz parte de uma política consolidada, sendo um elemento superficial e com especificidade apenas regulatória.

No total, 4% dos entrevistados levaram em consideração que ao investir neste sistema de GD fotovoltaico ele estaria fazendo um “investimento”, que considera as taxas de atratividade do capital investido, classificada pela pesquisa como: “Opção de Investimento”.

Quando um dos pontos citados foi o “Congelamento da tarifa da energia elétrica”, para 4% dos entrevistados, isto significa que a partir da ligação à rede elétrica do

seu sistema, fica livre da inflação das taxas de energia elétrica, visto que, na compreensão da Agência Nacional de Energia Elétrica, não existe venda de mercadoria, tampouco um valor financeiro atribuído à energia injetada, mas, sim, um balanço de energia em kWh. No Gráfico 14, mostram-se as razões que levaram os entrevistados a tomarem a decisão de gerar sua própria energia através da GD solar fotovoltaico.

Gráfico 14 – Razões que levaram os consumidores a aderirem ao sistema de GD utilizando a geração solar fotovoltaica



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da pesquisa de campo.

E por fim, “Pesquisa e Educação” foi citada por 4% dos entrevistados, isso se deu pela presença de duas instituições de ensino entre os pesquisados. Esta preocupação ocorre por estar na vanguarda da tecnologia de geração e mostrar para seus clientes internos, alunos e professores, que estão evoluindo junto às opções tecnológicas apresentadas pelo mercado. Na Figura 8, mostram-se (a) sistema de GD solar fotovoltaico instalado no telhado da UC 03 e (b) sala dos inversores e das proteções do sistema solar fotovoltaico da UC 03.

Figura 8 – Sistema de GD solar fotovoltaico instalado no telhado da UC 03 (a) e sala dos inversores e das proteções do sistema (b)

(a)



(b)



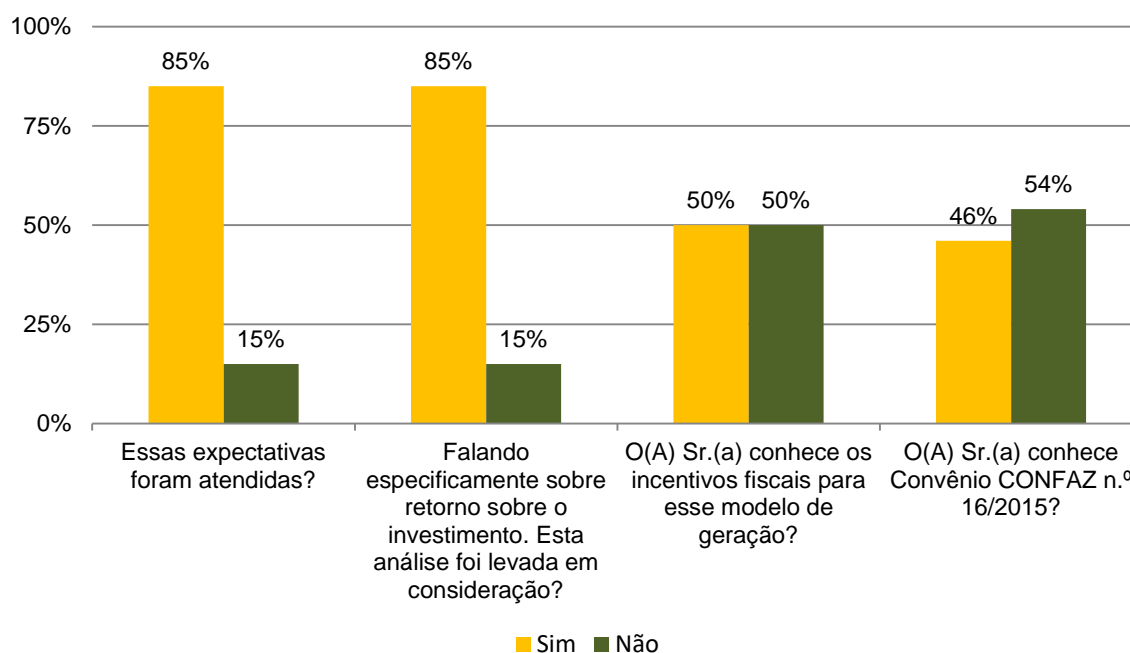
Fonte: Milleri (2017b, 2017a).

7.2 Atendimento às Expectativas dos Consumidores de Energia Elétrica que Aderiram ao Sistema de GD Solar Fotovoltaico

Durante a entrevista, os proprietários de sistemas GD fotovoltaicos responderam se tais expectativas relacionadas no Item 7.1 (as razões que levaram a gerar sua

própria energia - Gráfico 14) em se tornar gerador de energia própria foram atendidas. Para 85 % dos entrevistados, as expectativas atribuídas antes da decisão de compra e instalação do sistema de geração fotovoltaico foram atendidas. Essa mesma porcentagem manifestou que o retorno sobre o investimento (*payback*) foi calculado antes de investir. Quando inquiridos a respeito do conhecimento dos incentivos fiscais para esse tipo de geração, metade deles, ou seja, 50%, responderam que “Sim”, mas ao serem questionados sobre o Convênio CONFAZ n.º 16/2015, a maioria, 54% desconhecia, ou seja, somente doze geradores sabiam da possibilidade de se isentarem do ICMS com este tipo de geração conforme mostrado no Gráfico 15.

Gráfico 15 – Porcentagem de respostas “SIM” e “NÃO” dos geradores solares às perguntas da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da pesquisa de campo.

Quanto ao conhecimento prévio da regulação e conhecimento de alguma política de incentivos para esse tipo de geração de acordo com as Resoluções da Agência Nacional de Energia Elétrica citadas anteriormente, grande parte dos entrevistados, 57% ainda não as conhecia, antes de tomar a decisão de virar gerador da sua própria energia. Adicionalmente, para 69% deles, estas Resoluções da ANEEL não contribuíram para a sua tomada de decisão. Isto mostra que as políticas públicas regulatórias são desconhecidas pela maioria dos consumidores que ignoram seu objetivo principal de “estabelecer as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia

elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica” (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012b, p.1).

No tocante à percepção das vantagens em se implantar o sistema solar fotovoltaico no teto da sua residência/instituições/comércio, as respostas não foram convergentes, mas as mais citadas foram:

- contribuir com o meio ambiente;
- redução do desembolso para pagamento da conta de energia elétrica;
- baixa manutenção;
- valorização do imóvel.

O investimento inicial, burocracia do processo de regularização do sistema fotovoltaico ligado à rede junto à distribuidora de energia, pouca clareza quanto aos créditos mensais (kWh) da energia gerada traduzida na conta de energia elétrica e cobrança do ICMS sobre a energia gerada, também foram pontos indicados como as principais desvantagens do sistema de GD solar fotovoltaico.

Quanto às oportunidades de melhoria em relação aos incentivos fiscais, o desconto do ICMS sobre a energia gerada foi o mais citado (CONFAZ n.º 16/2015), novos incentivos como abatimento no Imposto Predial Territorial Urbano (IPTU), indicação de uma política sustentável abrangendo alguns benefícios para os geradores por parte dos órgãos municipal, estadual e federal também apareceram como sugestão de aperfeiçoamento dos mecanismos de incentivo à fonte solar fotovoltaica.

A pesquisa revelou a necessidade da adequação no mecanismo de incentivos a fonte solar fotovoltaica no Estado do Espírito Santo. São necessárias políticas públicas de GD, estímulos que busquem um equilíbrio das necessidades de todos agentes envolvidos, gerando um bem-estar socioeconômico maior que o atual. Entre os desafios está a implementação de linhas de financiamento com taxas de juros mais atrativas e um incentivo à tributação dos projetos, já que são pontos que impactam diretamente no investimento inicial e, conseqüentemente, no *payback*.

7.3 Discussões Sobre os Incentivos dos Geradores Distribuídos no Espírito Santo

O Espírito Santo tem um potencial natural para atrair investimentos para o setor de energias renováveis particularmente pela geração de energia fotovoltaica, pelo valor e variação da radiação solar no seu território, e também com uma possível demanda

comercial para fornecimento de materiais e serviços em mini e microgeração fotovoltaica no Estado.

Porém, o desafio que essa alternativa apresenta é vencer algumas dificuldades relativas à tributação, impostos, dúvidas sobre perdas de energia e contratos realizados com as concessionárias de energia. Nesse cenário, o Espírito Santo está envolvido em recentes discussões referentes a não edição de Lei e Decreto para ratificar a sua adesão ao Convênio CONFAZ n.º 16/2015.

Quanto à adesão ao Convênio CONFAZ n.º 16/2015 inclusive, a ARSP, à época em Nota Técnica Aspe⁴⁴ DT n.º 15/2015 acrescentou que a isenção do ICMS sobre a energia injetada era recomendada por um período de cinco anos, a partir da adesão da UC à micro ou minigeração distribuída. O Estado assinou o Convênio em dezembro de 2017 (AGÊNCIA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ENERGIA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, 2015).

Embora o Estado do Espírito Santo tenha declarado a adesão ao Convênio CONFAZ n.º 16/2015, em seu portal no dia 12 de dezembro de 2017 (SAMORA, 2017), e esta decisão ter sido publicada no Diário Oficial da União, em maio de 2018, através do Despacho n.º 67/2018 (CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA FAZENDÁRIA, 2018), até outubro de 2018 as Unidades Consumidoras geradoras de sua própria energia não haviam recebido isenção do ICMS da geração, pois a falta de Lei e Decreto Estadual para regulamentar essa isenção, não possibilitou o término da cobrança do ICMS na energia gerada por essas UCs. Este atraso criou desvantagens econômicas para os candidatos à geração, como, por exemplo, aumento da taxa interna de retorno (TIR) e *payback* do capital investido nestes sistemas (DIAS; LAGO; FELIPE, 2017).

Neste ponto há uma incongruência, pois ao mesmo tempo em que o governo do Estado isenta o ICMS para a produção e comercialização dos painéis fotovoltaicos, por exemplo, ele não editou Lei e Decreto Estadual para conceder isenção nas operações internas relativas à circulação de energia elétrica, sujeitas à faturamento sob o Sistema de Compensação de Energia Elétrica Distribuída. A falta de edição dessa Lei pode inibir investimentos em micro e minigeração distribuída que utilizam recursos renováveis como o sol e o vento, pois a energia elétrica gerada que não é

⁴⁴ Necessário reforçar que a ASPE tornou-se ARSP, criada recentemente pela Lei Complementar n.º 827/2016.

consumida instantaneamente é injetada na rede e convertida em crédito de energia junto à distribuidora, é tributada. Ou seja, o consumidor que possui sistema de micro e minigeração paga ICMS por uma energia que ele mesmo gerou e "emprestou" à rede (AGÊNCIA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ENERGIA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, 2015).

Do ponto de vista da sustentabilidade, o fato de não incentivar ainda mais as tecnologias mais "limpas" gera ainda uma situação que leva o Estado a continuar contribuindo não só para a poluição local, mas também, de qualquer forma, para o aquecimento global.

8 CONCLUSÃO

Do ponto de vista dos mecanismos de incentivos, a GD de fonte solar fotovoltaica no Brasil, a entrada em vigor da Resolução ANEEL n.º 482/2012 (complementada pelas Resoluções Normativas ANEEL n.º 687/2015 e n.º 786/2017), que introduziu o sistema de compensação de energia elétrica (*Net Metering*), teve importantes avanços de paradigma para o setor elétrico nacional, pois democratizou e incentivou a GD a partir de fontes renováveis para os consumidores de energia elétrica com o capacidade instalada de até 5 MW.

Por isso, a Resolução ANEEL n.º 482/2012 é um pilar fundamental para o desenvolvimento de um setor elétrico brasileiro moderno e conectado com os anseios e expectativas da sociedade, contribuindo para uma participação mais ativa e consciente dos consumidores em contribuir para meio ambiente e a sustentabilidade do País.

Foram criados Leis, Decretos Estaduais e incentivos fiscais. Foi assim com a isenção do PIS/Cofins pela Lei n.º 13.169/2015 e a autorização dos Estados a concederem isenção do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) sobre a parcela da energia produzida e injetada na rede da concessionária, sujeita a faturamento sob o sistema de compensação de energia elétrica distribuída, o Convênio CONFAZ n.º 16/2015, mas alguns Estados, como o Espírito Santo ainda não conseguiram ratificar este Convênio por meio de Lei e Decreto, penalizando as UCs Estaduais geradoras da sua própria energia.

Por outro lado, a Agência Nacional de Energia Elétrica adotou como política regulatória os Leilões, que ajudaram a reduzir preços da fonte solar que hoje desponta como a segunda fonte renovável mais competitiva do País. É preciso atingir pelo menos 1 GW em empreendimentos solares no Brasil para atrair e desenvolver a cadeia produtiva, especialmente na fabricação de células fotovoltaicas. O Brasil já é um dos maiores produtores mundiais de silício grau metalúrgico e possui a maior jazida de quatzó do mundo, matérias-primas fundamentais para as placas fotovoltaicas.

Enquanto mecanismos de incentivo considerados mais bem sucedidos nas fases de implementação das tecnologias renováveis (GARCEZ, 2017b), como o *Feed-In*

Tariff, utilizado em Países como a China, Japão, Itália, Alemanha, Espanha, Dinamarca e Estados Unidos, e o Sistema de Quota, mais atual, utilizado no Canadá, Chile, Coreia do Sul, Itália e Estados Unidos, não forem adotados pelo Brasil, no aspecto geográfico, há grande potencialidade devido à alta taxa de irradiação solar em todo o território que possibilita, pelos estudos publicados, gerar o equivalente a 2,3 vezes o consumo atual de energia elétrica, somente nos telhados residenciais.

A energia solar fotovoltaica representa uma fração irrisória da matriz elétrica brasileira. Um dos principais programas de incentivo a energias renováveis no Brasil, o PROINFA, considerado o principal motivador inicial da energia eólica no País, deixou essa fonte de fora. Há renováveis que já usufruem de benefícios há mais de uma década, notadamente eólicos, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas, ao passo que outras, como a solar fotovoltaica e o biogás estão apenas começando a ser incorporadas.

No Espírito Santo, os produtores de energia fotovoltaicos que se beneficiaram das condições climáticas vantajosas para gerar energia, reivindicam a intervenção do Estado para criação de Leis e Decretos que regulamentem a Adesão ao Convênio CONFAZ n.º 16/2015, e assim confirmar ainda mais a principal razão que os levaram a instalar o sistema fotovoltaico em seus telhados. Outro ponto postulado é que o Estado intervenha na criação de uma política de geração distribuída para incentive ainda mais a fonte solar fotovoltaica.

E por fim, a falta de informação dos proprietários das UCs entrevistadas mostra uma barreira para a difusão e aceitação social das fontes renováveis no Brasil. Necessita-se de um programa nacional de energia solar fotovoltaica que sinalize à sociedade brasileira, ao mercado e ao setor que a geração de energia por essa fonte será estratégica para uma política de desenvolvimento sustentável para o País. As descobertas indicam que a infraestrutura, o fraco contato com os consumidores de energia elétrica e a falta de planejamento são percebidas como potenciais barreiras à expansão dessa fonte no Brasil, enquanto os preços de Leilão e os subsídios do governo são vistos como barreiras mais modestas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DE REGULAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS (ARSP). **Balanco Energético do Espírito Santo 2017**. Vitória: 2017. Disponível em: <<https://arsp.es.gov.br/Media/arsp/Energia/Boletins/Balanco%20Energético/BEES%202017%20-%20Base%202016%20Copia%20original.pdf>>. Acesso em: 02 out. 2018.

_____. **Informações Energéticas do Estado do Espírito Santo - janeiro a junho de 2018**. Vitória: ARSP, 2018. Disponível em: <<https://arsp.es.gov.br/boletins-e-balancos-energeticos>>. Acesso em: 02 mai. 2018.

AGÊNCIA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ENERGIA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO (ASPE). **Nota Técnica ASPE DT 2015 - avaliação da adesão ao convênio Confaz 16/2015**. Vitória: ARSP, 2015.

_____. **Energia Solar no Espírito Santo - Tecnologias, Aplicações e Oportunidades**. Vitória: ASPE, 2013. Disponível: <<https://arsp.es.gov.br/Media/arsp/Energia/Estudos%20Energéticos/2013/EnergiaSolarES.pdf>>. Acesso em: 02 jun. 2017.

_____. **Proenergia**. Vitória: ASPE, 2014. Disponível em: <<http://www.aspe.es.gov.br/download/PROENERGIA.pdf>>. Acesso em: 2 abr. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2008. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf>. Acesso em: 15 out. 2018.

_____. **Audiência Pública n.º 026/2015**. Brasília: ANEEL, 2015a. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/dspListaDetalhe.cfm?attAnoAud=2015&attIdFasAud=971&id_area=13&attAnoFasAud=2015>. Acesso em: 15 out. 2018.

_____. **Audiência Pública n.º 042/2011**. Brasília: ANEEL, 2011. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/dspListaDetalhe.cfm?attAnoAud=2011&attIdFasAud=562&id_area=13&attAnoFasAud=2011>. Acesso em: 15 out. 2018.

_____. **Consulta Pública n.º 015/2010**. Brasília: ANEEL, 2010a. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/consulta_publica/detalhes_consulta.cfm?IdConsultaPublica=197>. Acesso em: 15 out. 2018.

_____. **Entendendo a Tarifa: como é composta a tarifa**. Brasília: ANEEL, 2017a. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/entendendo-a-tarifa/-/asset_publisher/uQ5pCGhnyj0y/content/composicao-da-tarifa/654800?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fentendendo-a-tarifa%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_uQ5pCGhnyj0y%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D2>. Acesso em: 15 nov. 2018.

_____. **Geração Distribuída** - microsoft power bi. Brasília: ANEEL, 2018.

Disponível em:

<<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoizjM4NjM0OWYtN2lwZS00YjVlTlIIMjltN2E5MzBkN2ZlMzVkliwidCl6ljQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>>. Acesso em: 11 ago. 2018.

_____. **Micro e Minigeração Distribuída**: sistema de compensação de energia elétrica. Brasília: ANEEL, 2016. Cadernos Temáticos Aneel. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Minigera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida+-+2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>>. Acesso em: 17 abr. 2017.

_____. **Nota Técnica ANEEL n.º 043/2010**. Brasília: ANEEL, 2010b. Disponível em:

<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/consulta_publica/documentos/Nota%20T%C3%A9cnica_0043_GD_SRD.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2018.

_____. **PRODIST - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional**. Brasília: ANEEL, 2012a. Disponível em:

<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Módulo3_Revisao_5_Retificação_1.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2017.

_____. **Resolução Normativa n.º 414, de 09 de setembro de 2010c**. Brasília: ANEEL, 2010c. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>>. Acesso em: 2 nov. 2018.

_____. **Resolução Normativa n.º 482, de 17 de abril de 2012**. Brasília: 2012b. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>>. Acesso em: 2 abr. 2017.

_____. **Resolução Normativa n.º 687, de 24 de novembro de 2015**. Brasília: 2015b. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 2 abr. 2017.

_____. **Resolução Normativa n.º 786, de 17 de outubro de 2017**. Brasília: 2017b. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2017786.pdf>>. Acesso em: 2 out. 2018.

AFONSO, M. H. F.; SOUZA, J. V.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L. Como construir conhecimento sobre o tema de pesquisa? Aplicação do processo Proknow-C na busca de literatura sobre avaliação do desenvolvimento sustentável. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 47-62, 2011.

AKIKUR, R. K.; SAIDUR, R.; PING, H. W.; ULLAH, K.R. Comparative study of stand-alone and hybrid solar energy systems suitable for off-grid rural electrification: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 27, p. 738-752, 2013.

AL-TAMEEMI, M. A.; CHUKIN, V. V. Global water cycle and solar activity variations. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, v.142, p. 55-59, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA. **Mapa dinâmico (ANEEL)**. São Paulo: ABDG, 2017. Disponível em:

<[https://www.geracaodistribuida.org/copia -mapa-do-mercado-3](https://www.geracaodistribuida.org/copia-mapado-mercado-3)>. Acesso em: 30 set. 2017.

ARVIZU, D.; BALAYA, P.; CABEZA, L.; HOLLANDS, T.; JÄGER-WALDAU, A.; KONDO, M.; KONSEIBO, C.; MELESHKO, V.; STEIN, W.; TAMAURA, Y.; XU, H.; SOKONA, R.; ZILLES, R. Direct Solar Energy. In: EDENHOFER, O.; PICHSMADRUGA, R.; SOKONA, Y.; SEYBOTH, K.; MATSCHOSS, P.; KADNER, S.; ZWICKEL, T.; EICKEMEIER, P.; HANSEN, G.; SCHLÖMER, S.; VON STECHOW, C. (Coord.) **IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation**. Cambridge: Cambridge University Press, 2011, p.333-400. Disponível em: <http://www.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_Ch03.pdf>. Acesso em 08 out. 2018.

AVRIL, S.; MANSILLA, C.; BUSSON, M.; LEMAIRE, T. Photovoltaic energy policy: financial estimation and performance comparison of the public support in five representative countries. **Energy Policy**, v.51, p. 244-258, 2012.

BAJAY, SÉRGIO; JANNUZZI, G. M.; HEIDEIER, R.B.; VILELA, I. R.; PACCOLA, J.A.; GOMES, R. **Geração distribuída e eficiência energética: reflexões para o setor elétrico de hoje e do futuro**. Campinas: International Energy Initiative - IEI Brasil, 2018. Disponível em: <<http://iei-brasil.org/livro-eficiencia-energetica-e-geracao-distribuida-reflexoes-para-o-setor-eletrico-de-hoje-e-do-futuro/>>. Acesso em 08 out. 2018.

BARROS, L. V. **Avaliação de Modelos de Negócio para Energia Solar Fotovoltaica no Mercado de Distribuição Brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Energia) - Programa de Pós-Graduação em Energia (Escola Politécnica/Faculdade de Economia e Administração/Instituto de Energia e Ambiente Instituto de Física), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

BATLLE, C. **Análisis del Impacto Del Incremento de la Generación De Energía Renovable no Convencional en los Sistemas Eléctricos Latino-Americanos**. BID - Banco Interamericano de Desarrollo, 2014. Disponível em: <<https://publications.iadb.org>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

BHANDARIB, K. P.; COLLIER, J. M.; ELLINGSON, R. J.; APUL, D.S. Energy payback time (EPBT) and energy return on energy invested (EROI) of solar photovoltaic systems: a systematic review and meta-analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 47, p. 133-141, 2015.

BERRY, F. S.; BERRY, W. D. Innovation and diffusion models in policy research. In: SABATIER, P. A.; WEIBLE, C. M. **Theories of the Policy Process**. 3 ed. Boulder: Westview Press, 2014. Boulder.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto n.º 5.163, de 30 de julho de 2004**. Brasília, 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5163.HTM>. Acesso em: 11 jun. 2017.

_____. _____. **Lei n.º 13.169, de 06 de outubro de 2015**. Brasília: 2015. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2015/lei-13169-6-outubro-2015-781720-publicacaooriginal-148365-pl.html>>. Acesso em: 07 out. 2018.

BARROSO, L.; RUDNICK, H.; SENFUSS, F.; LINARES, P. The green effect. **IEEE Power Energy**, v. 8, n. 6, p. 22-35. 2010.

BULUT, M. B. Achieving Universal Access to Electricity through Decentralized Renewable Energy Technologies in Minas Gerais, Brazil. **KTH School of Industrial Engineering and Management**, Stockholm: 2012.

BURSZTYN, M. Think Locally, Act Globally: new challenges to environmental governance. **Center for International Development at Harvard University**, Cambridge: 2008.

CAMILO, H. F.; UDAETA, M. E. M.; GIMENES, A. L. V.; GRIMONI, J. A. B. Assessment of photovoltaic distributed generation – Issues of grid connected systems through the consumer side applied to a case study of Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 71, n. 3, p. 712-719, 2017.

CAMPOS, A. F. Gestão dos Recursos Energéticos para o Desenvolvimento de uma Matriz mais Renovável no Estado do Espírito Santo. **Espacios**, v. 37, n. 24, p. 20-?, 2016.

CAMPOS, A. F.; MOARES, N. G. **Tópicos em energia: teoria e exercícios com respostas para concursos**. Rio de Janeiro: Synergia, 2012.

CASTRO, N.; CASTRO, G.; FERREIRA, D.; TOMMASSO, F.; MORAIS, R. **Impactos Sistêmicos da Micro e Minigeração Distribuída**. Rio de Janeiro: GESEL / IE / UFRJ, 2017. Disponível em: <http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/46_tdse79.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2018.

CAVALIERO, C. K. N.; da SILVA, E. P. Electricity generation: regulatory mechanisms to incentive renewable alternative energy sources in Brazil. **Energy Policy**, v. 33, p.1745-1752, 2005.

CENTRAIS ELÉTRICAS DE MINAS GERAIS (CEMIG). **Alternativas Energéticas: uma visão Cemig**. Belo Horizonte: CEMIG, 2012a. Disponível em: <<https://www.solenerg.com.br/wp-content/uploads/2013/04/Alternativas-Energ%C3%A9ticas-Uma-Visao-Cemig.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2018.

_____. **Atlas Solarimétrico de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CEMIG, 2012b. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/47954603-Atlas-solarimetrico-de-minas-gerais-volume-ii.html>>. Acesso em: 08 nov. 2018.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA (COPEL). **Manual de Acesso de Geração Distribuída: norma técnica Copel 905100**. Curitiba: COPEL, 2010. Disponível em:

<[http://www.copel.com/hpcopel/normas/ntcarquivos.nsf/3C55616EDE8B5E618325831D0066CB7D/\\$FILE/NTC905200_Rev04102018.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/normas/ntcarquivos.nsf/3C55616EDE8B5E618325831D0066CB7D/$FILE/NTC905200_Rev04102018.pdf)>. Acesso em: 05 nov. 2018.

CHILE. Ministerio de Energía. **Energía 2050**: política energética de Chile. Santiago de Chile, 2016. Disponível em: <http://www.minenergia.cl/archivos_bajar/LIBRO-ENERGIA-2050-WEB.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2018.

COUTO, E. V.; OLIVEIRA JR., L. G.; CAMPOS, A. F. Energias renováveis não convencionais: políticas públicas de incentivo e aspectos regulatórios no Brasil e no Chile. In: XI CBPE - 11^o CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 2018, Cuiabá. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<https://www.xicbpe.com.br/downloads>>. Acesso em: 01 nov. 2018.

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA FAZENDÁRIA (CONFAZ). **Ajuste SINIEF 2**, de 22 de abril de 2015. 2015a. Disponível em: <<https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/ajustes/2015/ajuste-sinief-2-15>>. Acesso em: 4 out. 2018.

_____. **Convênio ICMS 16, de 22 de abril de 2015**. Conselho Nacional de Política Fazendária. Brasília: CONFAZ, 2015b. Disponível em: <https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2015/CV016_15>. Acesso em: 05 nov. 2018.

_____. **Despacho nº 67, 16 de maio 2018**. Brasília: CONFAZ, 2018. Disponível em: <http://portal.imprensanacional.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/14753852/do1-2018-05-17-despacho-n-67-de-16-de-maio-de-2018-14753848>. Acesso em: 07 nov. 2018.

DANTAS, G. A.; CASTRO, N. J.; DIAS, L.; ANTUNES, C. H.; VARDIERO, P.; BRANDÃO, R.; ROSENTAL, R.; ZAMBONI, L. Public policies for smart grids in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 75, p. 469-475, 2017. v. 92, p. 501-512, 2018.

DIAS, N. A.; LAGO, J.; FELIPE, E. Microgeração distribuída: análise de viabilidade econômica e financeira para projetos residenciais. In: EURO ELECS - II ENCONTRO LATINO-AMERICANO E EUROPEU SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2017, São Leopoldo. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://repositorio.unisinos.br/anais/euroelecs/anais2017/assets/basic-html/page-1.html#>>. Acesso em: 01 nov. 2017.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO (CRESESB). **Potencial Solar – SunData v 3.0**. São Paulo, 2018. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional 2018**: ano base 2017. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados>>

abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-419/BEN2018.pdf>. Acesso em: 01 out. 2018.

_____. **Energia Renovável:** hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica. Rio de Janeiro, 2016a. Disponível em: <file:///C:/Users/luizg/Downloads/DOC_PARTICIPANTE_EVT_3374_1466012044450_K-Comissao-Permanente-CMMC-20160615REU006_parte6522_RESULTADO_1466012044450.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2018.

_____. **Nota Técnica DEA 19/2014** - inserção da geração fotovoltaica distribuída no Brasil: condicionantes e impactos. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 14 abr. 2017.

_____. **Nota Técnica DEA 24/2016.** Série Estudos da Demanda. Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2016-2025). Rio de Janeiro, 2016b. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 24 out. 2018.

EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION (EPIA). **Global Market Outlook for Photovoltaics Until 2016.** 2012. Disponível em: <<http://large.stanford.edu/courses/2012/ph240/vidaurre1/docs/masson.pdf>> European Photovoltaic Industry Association. /www.epia.org/S. Acesso em: 05 nov. 2018.

ESPÍRITO SANTO. Governo do Estado. **Decreto n.º 3.453-R de 05 de dezembro de 2013.** Vitória, 2013. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=262501>>. Acesso em: 08 nov. 2018

ESPOSITO, A. S.; FUCHS, P. G. Desenvolvimento tecnológico e inserção da energia solar no Brasil. **Revista do BNDES.** Rio de Janeiro, v. 40, p. 85-114, dez. 2013. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/revista/rev4003.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2017.

FARIA JR., H.; TRIGOSO, F. B. M.; CAVALCANTI, J. A. M. Review of distributed generation with photovoltaic grid connected systems in Brazil: Challenges and prospects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews.** v. 75, p. 469-475, 2017.

FIOROT, G. M. **Utilização de Ferramentas de Apoio à Tomada de Decisão como Suporte ao Planejamento Integrado de Recursos Energéticos (PIR):** implicações e soluções para o estado do Espírito Santo. 2016. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016.

FRATE, C. A.; BRANNSTROM, C.; Stakeholder subjectivities regarding barriers and drivers to the introduction of utility-scale solar photovoltaic power in Brazil. **Energy Policy.** v.111, p. 346-352, 2017.

FREITAS, B. M. R.; HOLLANDA, L. Micro e minigeração no Brasil: viabilidade econômica e entraves do setor. **White Paper n.º 1**. Rio de Janeiro: FGV Energia, 2015. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/13853/micro.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

GALIZA, J. J. M. **Análise Técnica e Regulatória da Geração de Energia a partir do Biogás de Aterros Sanitários no Espírito Santo**. 2017. 267 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017.

GARCEZ, C.A.G. Distributed electricity generation in Brazil: An analysis of policy context, design and impact. **Utilities Policy**, v. 49, p. 104-115, 2017a.

GARCEZ, C.A.G. What do we know about the study of distributed generation policies and regulations in the Americas? A systematic review of literature. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 75, p. 1404-1416, 2017b.

GARCEZ, C.A.G. **Políticas de Geração Distribuída e Sustentabilidade do Sistema Elétrico**. 2015. 201 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

GLEMAREC Y.; RICKERSON W.; WAISSBEIN O. **Transforming on-grid renewable energy markets: a review of UNDP-GEF support for feed-in tariffs and related price and market-access instruments**. New York: United Nations Development Programme; 2012.

GUERRA, J. B. S. O. A.; DUTRA, L.; SCHWINDEN, N. B. C.; ANDRADE, S. F. Future scenarios and trends in energy generation in Brazil: supply and demand and mitigation forecasts. **Journal of Cleaner Production**, v. 103, p. 197-210, 2015.

HANG, Q.; JUN, ZAO; XIAO, Y.; JUNKUI; C. Prospect of concentrating solar power in China - the sustainable future. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 12, p. 2505-2514, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: <http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/Atlas_Brasileiro_Energia_Solar_2a_Edicao.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2018

INSTITUTO NACIONAL DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - indicadores**. 2015. Disponível em: <<https://indicadoresods.ibge.gov.br/objetivo7/indicador711#>>. Acesso em: 05 nov. 2018.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Chile 2018 Energy Policies Beyond IEA Countries**. Paris: OECD/IEA, 2018a. Disponível em: <<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EnergyPoliciesBeyondIEACountriesChile2018Review.pdf>>. Acesso em: 02 jul. 2018.

_____. **Electricity Information**. Paris: OECD/IEA, 2018b. Disponível em: <<http://data.iaea.org/payment/products/102-electricity-information-2018-edition.aspx>>. Acesso em: 21 set. 2018.

_____. **Global Renewable Energy: IEA/IRENA join policies and measures database**. Paris: IEA/IRENA, 2018c. Disponível: <<https://www.iea.org/policiesandmeasures/renewableenergy/?country=United%20States>>. Acesso em: 28 nov. 2018.

_____. **Renewable Energy Policy Considerations for Deploying Renewables**. Paris: OECD/IEA, 2011. Disponível em: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Renew_Policies.pdf>. Acesso em: 21 set. 2018.

_____. **Renewables Information 2018: overview**. Paris: OECD/IEA, 2018d. Disponível em: <<https://webstore.iea.org/renewables-information-2018>>. Acesso em: 21 set. 2018.

_____. **Snapshot of Global Photovoltaic Markets**. Paris: OECD/IEA, 2018e. Disponível em: <<http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics>>. Acesso em: 21 set. 2018.

_____. **World Energy Outlook-2017 (WEO-2017)**. Paris: OECD/IEA, 2017. Disponível em: <<https://webstore.iea.org/renewables-information-2018>>. Acesso em: 28 set. 2018.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). **Evaluation Policies in Support of the Deployment of Renewable Power**. Abu Dhabi: IRENA, 2012. Disponível em: <https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/Evaluating_policies_in_support_of_the_deployment_of_renewable_power.pdf>. Acesso em: 08 de nov. 2018.

_____. **Feature Dashboard – capacity and generation**. Abu Dhabi: IRENA, 2018a. Disponível em: <<http://resourceirena.irena.org/gateway/dashboard/>>. Acesso em: 01 nov. 2018.

_____. **IRENA Handbook on Renewable Energy Nationally Appropriate Mitigation Actions**. Abu Dhabi: IRENA, 2014a. Disponível em: <<http://www.irena.org/publications/2012/Nov/IRENA-Handbook-on-Renewable-Energy-Nationally-Appropriate-Mitigation-Actions-NAMAs-for-Policy-Makers>>. Acesso em: 01 nov. 2018.

_____. **Letting in the Light: how solar photovoltaics will revolutionise the electricity system**. Abu Dhabi: IRENA, 2016. Disponível em: <https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Letting_in_the_Light_2016.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2017.

_____. **Renewable Capacity Statistics 2017**. Abu Dhabi: IRENA, 2018b. Disponível em: <<https://www.irena.org/publications/2018/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2018>>. Acesso em: 2 abr. 2018.

_____. **Renewable Energy and Jobs Annual Review 2018**. Abu Dhabi: IRENA, 2018c. Disponível em: <<http://irena.org/publications/2018/May/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2018>>. Acesso em: 4 out. 2018.

_____. **Renewable Energy Prospects: China, Remap 2030 analysis**. Abu Dhabi: IRENA, 2014b. Disponível em: <<http://www.irena.org/publications/2014/Nov/Renewable-Energy-Prospects-China>>. Acesso em: 01 nov. 2014.

_____. **Rethinking Energy 2017**. Abu Dhabi: IRENA, 2017. Disponível em: <file:///C:/Users/luizg/Downloads/IRENA_REthinking_Energy_2017.pdf>. Acesso em: 4 out. 2018.

INTERNATIONAL SOLAR ENERGY SOCIETY (ISES). **Renewable Energy Future for the Developing World. White Paper**. Freiburg: ISES, 2005. Disponível em: <http://large.stanford.edu/courses/2016/ph240/thornton2/docs/ises-2005.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2018.

KABIR, EHSANUL; KUMAR, P.; KUMAR, S.; ADELODUN, A. A.; KIM, K. Solar energy: potential and future prospects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 894-900, 2018.

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

KILEBER, S.; PARENTE, V. Diversifying the Brazilian electricity mix: income level, the endowment effect, and governance capacity. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 49, p. 1180-1189, 2015.

LACCHINI, C; RÜTHER, R. The influence of government strategies on the financial return of capital invested in PV systems located in different climatic zones in Brazil. **Renewable Energy**, v. 83, p. 786-798, 2015.

LACERDA, J. S.; VAN DEN BERGH, J. C. J. M. Diversity in solar photovoltaic energy: implications for innovation and policy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 54, p. 331-340, 2016.

LEGAL SOURCES ON RENEWABLE ENERGY. **Germany: Overall Summary**. Berlin: EUROPEAN COMMISSION, 2018. Disponível em: <<http://www.reslegal.eu/search-by-country/germany/>>. Acesso em: 08 nov. 2018.

LORA, E. E. S; HADDAD, J (coords.). **Geração Distribuída: aspectos tecnológicos, ambientais e institucionais**. Rio de Janeiro: Interciência, 2006.

LOPES, B.; AMARAL, J. N.; CALDAS, R. W. (Coord.). **Políticas públicas: conceitos e práticas**. Belo Horizonte: SEBRAE/MG, 2008.

MANZINI, E.J. Uso da entrevista em dissertações e teses produzidas em um programa de pós-graduação em educação. **Revista Percurso**. Maringá, v.4, n.2, p-149-171, 2012.

MARTINS, V. A. **Análise do Potencial de Políticas Públicas na Viabilidade de Geração Distribuída no Brasil**. 110 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Vitória, 2015.

MARTINOR, E. World Bank energy project in China: influences on environmental protection. **Energy Policy**, v. 29, p. 581-594, 2001.

MAYCOCK, P. D.; PV review: World Solar market continues explosive growth. **Refocus**, v. 6, p. 18-22, 2005.

MELO, C. A. de; JANNUZZI, G. de M.; BAJAY, S. V. Nonconventional renewable energy governance in Brazil: Lessons to learn from the German experience. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 61, p. 222-234, 2016.

MILLERI, Á. O. **Sala dos inversores e da proteção do sistema solar fotovoltaico da Universidade Multivix**. 2017a. 1 fotografia.

MILLERI, Á. O. **Vista aérea da Universidade Multivix – telhado com sistema solar fotovoltaico**. 2017b. 1 fotografia.

MINISTRY OF ECONOMY TRADE AND INDUSTRY (METI). **Feed-in tariff scheme in Japan**. Tóquio: METI, 2012. Disponível em: <http://www.meti.go.jp/english/policy/energy_environment/renewable/pdf/summary201207.pdf>. Disponível em 18 nov. 2018.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Boletim de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro em junho 2018**. Brasília, 2018. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138781/1435504/Boletim+de+Monitoramento+do+Sistema+El%C3%A9trico+-+Junho+-+2018_rev1.pdf/44a08372-bae6-4960-93e4-9b5426890087>. Acesso em: 25 out. 2018.

_____. **Energia Solar no Brasil e Mundo: Ano referência - 2015**. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/17+-+Energia+Solar+-+Brasil+e+Mundo+-+ano+ref.+2015+%28PDF%29/4b03ff2d-1452-4476-907d-d9301226d26c;jsessionid=41E8065CA95D1FABA7C8B26BB66878C9.srv154>>. Acesso em: 5 nov. 2017.

_____. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2026**. Brasília: MME/EPE, 2017. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/0/PDE2026.pdf/474c63d5-a6ae-451c-8155-ce2938fbf896>>. Acesso em: 25 out. 2018.

MOHAMED, A.; ESHAER, M.; MOHAMMED, O. Control enhancement of power conditioning units for high quality PV systems. **Electric Power Systems Research**, v. 90, p. 30-41, 2012.

MONTES, M. J.; ROVIRA, A.; MUÑOZ, M.; MARTÍNEZ-VAL, J. M. Performance analysis of an integrated solar combined cycle using direct steam generation in parabolic trough collectors. **Apply Energy**, v.88, n.9, p. 3228-3238, 2011.

NORTH AMERICAN ELECTRIC RELIABILITY CORPORATION (NERC). **Accommodating High Levels of Variable Generation**. Princeton, Estados Unidos, 2009. Disponível em: <https://www.nerc.com/docs/pc/ivgtf/IVGTF_Outline_Report_040708.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2018.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OCDE). **Países membros**. Disponível em: <<http://www.oecd.org/about/membersandpartners/#d.en.194378>>. Acesso em: 28 out. 2018.

PAGEL, U. R.; CAMPOS, A. F.; CAROLINO, J. ; Análise dos principais desafios ao desenvolvimento das energias renováveis no Brasil In: XI CBPE - 11^o CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 2018, Cuiabá. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<https://www.xicbpe.com.br/downloads>>. Acesso em: 01 nov. 2018.

PEPERMANS, G.; DRIESEN, J.; HAESELDONCKX, D.; BELMANS R.; D'HAESELEER, W. Distributed Generation: definition, benefits and issues. **Energy Policy**, v. 33, p. 787-798, 2005.

PEREIRA JR., A. O.; SOARES, J. B.; OLIVEIRA, R. G.; QUEIROZ, R.P. Energy in Brasil: toward sustainable development? **Energy Policy**, v. 36, p. 73-83, 2008.

POTTMAIER, D.; MELO, C. R.; SARTOR, M. N.; KUESTER, S.; AMADIO, T. M.; FERNANDES, C. A. H.; MARINHA, D.; ALARCON, O. E. The Brazilian energy matrix: from a materials science and engineering perspective. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, n. 19, p. 678-691, 2013.

RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY (REN21). **Renewables 2016 global status report**. Paris: REN21, 2016. Disponível em: <http://www.ren21.net/wpcontent/uploads/2016/10/REN21_GSR2016_FullReport_en_11.pdf>. Acesso em: 2 abr. 2017.

_____. **Renewables 2017 renewables global futures report: great debates towards 100% renewable energy**. Paris: REN21, 2017. Disponível em:

<<http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/03/GFR-Full-Report-2017.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2017.

_____. **Renewables 2018 global status report**. Paris: REN21, 2018. Disponível em: <http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652_GSR2018_FullReport_web_final_.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2018.

SAHU, B. K. A study on global solar PV energy developments and policies with special focus on the top ten solar PV power producing countries. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 43, p.621-634, 2015.

SAMORA, L. Espírito Santo vai isentar imposto para micro e minigeração de energia limpa. **Portal do Governo do Estado do Espírito Santo**. Vitória: Secretaria da Fazenda/Governo do Estado do Espírito Santo, 12 dez. 2017. Disponível em: <<https://www.es.gov.br/Noticia/espírito-santo-vai-isentar-imposto-para-micro-e-minigeracao-de-energia-limpa>>. Acesso em: 08 nov. 2018.

SANTOS, L.T. dos. **Avanços da Energia Eólica no Brasil: uma análise das políticas públicas e seus resultados**. 2017. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável) – Programa de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017.

SARASA-MAESTRO, C.; DUFO-LO´PEZ, R., BERNAL-AGUSTI´N, J. L. Photovoltaic remuneration policies in the European Union. **Energy Policy**, v.55, p. 317-328, 2013.

SECCHI, L. **Políticas públicas: conceitos, esquemas de análise, casos práticos**. 22. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

SECRETARIA DE ENERGIA. **Energia Solar Paulista: levantamento potencial**. São Paulo: Subsecretaria de Energias Renováveis/Secretaria de Energia, 2013.

SECRETARIA DE ESTADO DA FAZENDA (SEFAZ). **Lei n.º 20.824, de 31 de julho de 2013**. Belo Horizonte: SEFAZ/MG, 2013. Disponível em: http://www.fazenda.mg.gov.br/empresas/legislacao_tributaria/leis/2013/l20824_2013.htm. Acesso em: 08 nov. 2018.

SELLTIZ, C et al. **Planejamento de Pesquisa: estudos exploratórios e descritivos**. In: Métodos de Pesquisa nas Relações Sociais. São Paulo: Herder e Editora da Universidade de São Paulo, 1967.

SEVERINO, M. M.; CAMARGO, I.M.T.; OLIVEIRA, M. A. G. Geração Distribuída: discussão conceitual e nova definição. **Revista Brasileira de Energia**, v. 14, n. 1, p. 47-69, 2008.

SILVA, R. C.; MARCHI NETO I.; SEIFERT, S. S. Electricity supply security and the future role of renewable energy sources in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 59, p. 328-341, 2016.

SILVA, R. M. **Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, 2015. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td166>>. Acesso em: 12 abr. 2017.

SILVEIRA, J. L.; TUNA, C. E.; LAMAS, W.Q. The need of subsidy for the implementation of photovoltaic solar energy as supporting of decentralized electrical power generation in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 20, p. 133-141, 2013.

SOLANGI, K. H.; ISLAM, M. R.; SAIDUR, R.; RAHIM, N.A.; FAYAZ, H. A review on global solar energy policy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, p. 2149-2163, 2011.

SOLAR AMERICA BOARD FOR CODES AND STANDARDS (SOLARABCS). **A generalized approach to assessing the rate impacts of net energy metering**. 2012. Disponível em: <http://www.solarabcs.org/about/publications/reports/rateimpact/pdfs/rateimpact_full.pdf>. Acesso em: 28 out. 2018.

SOLAR ENERGY INDUSTRIES ASSOCIATION (SEIA). **Solar Jobs Census 2017**. 2018. Disponível em: <<https://www.seia.org/research-resources/solar-jobs-census-2017>>. Acesso em: 28 out. 2018.

SOLARGIS. **Global horizontal irradiation world map**. 2018a. Disponível em: <<https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/world>>. Acesso em: 24 jul. 2017.

SOLARGIS. **Photovoltaic Power Potencial Brazil**. 2018b. Disponível em: <<https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/brazil>>. Acesso em: 24 jul. 2017.

SUEYOSHI, T.; GOTO, M. Photovoltaic power stations in Germany and the United States: A comparative study by data envelopment analysis. **Energy Economics**, v. 42, p. 271-288, 2014.

TARANTO, G. N.; FALCÃO, D. M.; RÊGO, L. O.; CASSERES, E. M. M. D. **Impactos da Difusão da Micro e da Mini Geração no Planejamento, na Operação e na Manutenção do Sistema de Distribuição**. Texto de Discussão do Setor Elétrico TDSE N.º73: Grupo de Estudos do Setor Elétrico da UFRJ, Rio de Janeiro, 2017.

TOLMASQUIM, M. T. **Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro**. 2. ed. Rio de Janeiro: Synergia, 2015.

URREJOLA, E.; ANTONANZAS, J.; AYALA, P.; SALGADO, M.; RAMIREZ-SAGNER, G.; CORTÉS, C.; PINO, A.; ESCOBAR, R. Effect of soiling and sunlight exposure on the performance ratio of photovoltaic technologies in Santiago, Chile. **Energy Conversion and Management**, v. 114, p. 338-347, 2016.

VERMA, Y. P.; KUMAR, A. Potential impacts of emission concerned policies on power system operation with renewable energy sources. **Electrical Power and Energy Systems**, v. 44, p. 520-529, 2013

VIANA, A. G.; RAMOS, D.G. Outcomes from the first large-scale solar PV auction in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 91, p. 219-228, 2018.

WATTS, D.; VALDÉS, M. F.; JARA, D.; WATSON, Potential residential PV development in Chile: The effect of Net Metering and Net Billing schemes for grid-connected PV systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 41, p. 1037-1051, 2015.

WORLD ENERGY COUNCIL (WEC). **Dicionário de Terminologia Energética**. Rio de Janeiro: Comitê Brasileiro do Conselho Mundial de Energia, 2011.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE-BRASIL (WWF-BRASIL). **Mecanismos de Suporte para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira**: modelos e sugestão para uma transição acelerada. Brasília, 2015a.

Disponível em:

<https://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/mecanismos_de_suporte_para_insercao_da_energia_solar_1.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2017.

_____. **Desafios e Oportunidades para a Energia Solar Fotovoltaica no Brasil**: recomendações para políticas públicas. Brasília, 2015b. Disponível em:

<https://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/15_6_2015_wwf_energ_solar_fin_al_web_3.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2017.

YANG, H.; WANG, H.; YU, H. P.; XI, J.; CUI, R.; CHEN, G. Status of photovoltaic industry in China. **Energy Policy**, v.31, p. 703-707, 2003.

ZHANG, Y.; SMITH, S. J.; KYLE, J. P.; STACKHOUSE JR., P. W. China's distributed energy policies: evolution, instruments and recommendation. **Energy Policy**, v.125, p. 55-64, 2019.

ZHANG, Y.; SMITH, S. J.; KYLE, J. P.; STACKHOUSE JR., P. W. Modeling the potential for thermal concentrating solar power technologies. **Energy Policy**, v.38, n.12, p. 7884-7897, 2010.

ZHANG, S.; HE, Y. Analysis on the development and policy of solar PV power in China. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 21, p. 393-401, 2013.

ZHAO, X.; WAN G.; YANG Y. The turning point of solar photovoltaic industry in China: will it come? **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 41, p. 178-188, 2015.

ZHENG, C. W.; PAN, J. Assessment of the global ocean wind energy resource. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 33, p. 382-391, 2014.

APÊNDICE A – FORMULÁRIO DE ENTREVISTA

Entrevista aplicada às UCs que geram energia própria de acordo com a Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012 e sua(s) atualização(ões).

Apresentação

A entrevista apresentada a seguir faz parte de um projeto de pesquisa elaborado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo. Tem por objetivo levantar informações sobre os motivos que levaram as Unidades Consumidoras de Vitória-ES a gerar a própria energia. Os dados obtidos por meio deste instrumento servirão de base para a elaboração de uma dissertação de mestrado na linha de pesquisa de Gestão Sustentável e Energia.

As informações repassadas através deste formulário serão mantidas sob sigilo total, interessando apenas como fonte para elaboração de estudos acadêmicos. A divulgação de nomes de empresas ou de responsáveis técnicos, caso ocorra, dar-se-á apenas se os entrevistados assim o permitirem.

Sua participação neste estudo é de grande relevância. Você poderá usar espaços destinados a Observações/Comentários para adicionar informações ou ideias que considere relevantes.

Toda a informação recolhida será tratada e analisada de forma anônima. Esclarecemos que os endereços bem como os telefones dos participantes serão suprimidos e que os entrevistados terão acesso ao material produzido.

DADOS GERAIS

1. Telefone

2. Tipo de Sistema / Potência

BT

MT

AT

Comercial

Industrial

Residencial

Microgeração fotovoltaica / Potência _____.

Minigeração fotovoltaica / Potência _____.

ENTREVISTA

3. O Sr.(a) já conhecia esta tecnologia de geração fotovoltaica? Qual foi seu primeiro contato com essa tecnologia?

4. A partir de quando o Sr.(a) começou a pensar na possibilidade de se tornar um gerador da sua própria energia baseado na Resolução Aneel n.º 482/2012?

5. Conhece a Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012? O(A) Sr.(a) conhece o Convênio CONFAZ n.º 16/2015? O(A) que Sr.(a) sabe sobre ele?

Conhece a Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012.

Não conhece a Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012.

Conhece o Convênio CONFAZ n.º 16/2015.

Não conhece o Convênio CONFAZ n.º 16/2015.

6. A Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012 contribuiu para decisão de se tornar um gerador da sua própria energia?

7. Vamos falar um pouco sobre expectativas, quais eram suas expectativas antes de começar a gerar sua própria energia?

Condições de financiamento facilitadas (juros mais baixos, prazo, carência, etc.)

Congelamento da taxa de energia;

Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012;

Cálculo do payback;

Geração de energia fotovoltaica como opção de investimento;

Sustentabilidade da edificação;

Redução da conta de energia elétrica.

- Valorização do imóvel.
- Pesquisa e educação.
- Outro _____

Obs.: Se o entrevistado citar mais que uma, perguntar a ordem de importância.

8. Essas expectativas foram atendidas?

- Se foram atendidas. Por que ? _____
- Se não foram atendidas. Detalhe (Por que, Como, etc.)

9. Falando especificamente sobre retorno do investimento. Esta análise foi levada em consideração?

- Se foi levada em consideração. Por que ? _____
- Se não foi levada em consideração. Por que ? _____

10. Se sim, este resultado foi atingido, ou ainda tem a possibilidade de ser atingido? Em quanto tempo?

11. A partir da ligação do sistema gerador fotovoltaico de energia elétrica em sua edificação, quais foram as suas percepções em relação as vantagens do sistema?

12. Quais foram as suas percepções em relação às desvantagens do sistema?

13. O (a) Sr.(a) conhece os incentivos fiscais para esse modelo de geração? Qual?

- Isenção de ICMS nas operações com os produtos listados pelo Convênio ICMS n.º 46/2007, de 18 de abril de 2007 (Decreto n.º 1847-R de 03 de maio de 2007).
- Isenção de PIS e COFINS incidentes sobre a energia elétrica ativa fornecida pela distribuidora na quantidade correspondente à soma da energia elétrica ativa injetada na rede de distribuição pela mesma unidade consumidora do mesmo titular (Lei n.º 13.169/2015).
- Isenção de sobre a energia elétrica fornecida pela mesma unidade consumidora com os créditos de energia ativa originados na própria unidade consumidora no mesmo mês (CONFAZ n.º 16/2015).

14. O(A) Sr.(a) tem alguma sugestão para a melhoria dos incentivos fiscais que já existem para esse tipo de geração fotovoltaica distribuída?

15. Por passar por esta experiência, o(a) Sr.(a) acha que poderia ser criado algum incentivo fiscal para este tipo de geração fotovoltaica distribuída?

16. O(a) Sr.(a) deseja fazer outras considerações (algo a acrescentar) sobre o modelo de geração fotovoltaica distribuída?

Observações/Comentários
