



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

REIRON RUAN DE OLIVEIRA LOPES

**ANÁLISE DA INSERÇÃO DA GERAÇÃO SOLAR
FOTOVOLTAICA NA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA**

Campina Grande, Paraíba

Abril de 2017

REIRON RUAN DE OLIVEIRA LOPES

ANÁLISE DA INSERÇÃO DA GERAÇÃO SOLAR
FOTOVOLTAICA NA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Eletrotécnica

Orientador:

Professor Célio Anésio da Silva, D. Sc.

Campina Grande, Paraíba

Abril de 2017

REIRON RUAN DE OLIVEIRA LOPES

ANÁLISE DA INSERÇÃO DA GERAÇÃO SOLAR
FOTOVOLTAICA NA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Unidade
Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade
Federal de Campina Grande como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do grau de Bacharel em
Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Eletrotécnica

Aprovado em / /

Professor Avaliador

Universidade Federal de Campina Grande

Avaliador

Professor Célio Anésio da Silva, D. Sc.

Universidade Federal de Campina Grande

Orientador, UFCG

Dedico este trabalho ao meu avô,
Sesefredo Lopes (in memoriam).

AGRADECIMENTOS

Principalmente aos meus pais, Iranete e Roberto, minha fonte de energia, agradeço por todo o investimento feito em mim e na minha educação, respeitando as minhas escolhas e acreditando nos meus sonhos mais do que eu jamais conseguirei. Minha jornada teria sido infinitamente mais difícil sem suas abdições diárias, preocupações e cuidado.

Agradeço à minha enorme família, de sangue e de consideração, meus filtros passa-alta, que torcem inabalavelmente comigo. São eles tios, primos, vizinhos, colegas de trabalho e tantos outros, sempre com palavras de força e incentivo a postos. Obrigado por entenderem minha ausência, meu estresse e minha angústia, e me retornarem apenas com orações e energias positivas.

Aos meus amigos e colegas de curso, meu banco de capacitores, os quais nunca me faltaram. Eles estão nas caronas, nas conversas descomprometidas, na companhia, nas mensagens, nas ligações. Cada um teve seu papel, seu ajuste fundamental e foram eles que me ajudaram a acordar todos os dias, às vezes literalmente, e continuar a travar batalhas diárias.

Ao Ramo Estudantil IEEE UFCG e seus voluntários e voluntárias, meus diodos, agradeço por me apontarem em novos e estimulantes caminhos. Com vocês aprendi o significado de entrega, dedicação e paixão pelo que se faz, e espero continuar contribuindo para o seu avanço, mesmo à distância.

Aos professores do Departamento de Engenharia Elétrica da UFCG e do curso de Electrical and Electronic Engineering da Coventry University, meu protoboard, agradeço pela estrutura proporcionada, inspiração, lições e contribuições inenarráveis. Agradeço principalmente ao meu orientador pela confiança depositada em mim.

Ao Universo, à aleatoriedade, à sorte, ao acaso, meu ruído branco, agradeço por todas as probabilidades, chances e situações inexplicáveis da minha vida.

*"Never doubt that a small group of thoughtful, committed citizens can change the world;
indeed, it's the only thing that ever has."*

Margaret Mead

RESUMO

O cenário da energia renovável do Brasil mudou significativamente nessa última década. Embora o Brasil seja conhecido principalmente pela produção de biocombustíveis e pela energia hidrelétrica convencional, a energia hidrelétrica por si só representa mais de 70% da geração de eletricidade, o investimento no setor solar tem aumentado rapidamente. A inserção de energia solar fotovoltaica é estratégica para o Brasil, não só para se proteger contra crises hidrológicas, mas também para fins econômicos, para se proteger contra a volatilidade dos preços da eletricidade e os preços flutuantes do gás natural. Igualmente importante para a estratégia do Brasil foi a Resolução Normativa da ANEEL que estabelece novas regras destinadas a reduzir as barreiras à incorporação da geração de energia solar fotovoltaica distribuída. Apesar das políticas de incentivos existentes no Brasil, o alto investimento inicial acaba inibindo a expansão principalmente dos consumidores residenciais. Dessa forma, é proposta uma análise do crescimento prévio e estimado desta fonte de geração de energia de acordo com os planos governamentais. Além disso, será apresentado um comparativo da energia solar fotovoltaica mundial, aplicando a experiência internacional no cenário brasileiro para avaliar o alcance da paridade tarifária e sua competitividade, destacando o potencial e políticas brasileiras de incentivo.

Palavras-chave: Geração Distribuída. Eletricidade. Energia Solar Fotovoltaica. Políticas de Incentivo Fiscal.

ABSTRACT

The Brazilian renewable energy scenario has changed significantly in the last decade. Although Brazil is known mainly for the production of biofuels and conventional hydroelectric power - hydroelectric energy alone accounts for more than 70% of electricity generation - investment in the solar sector has increased rapidly. The insertion of photovoltaic solar energy is strategic for Brazil, not only to protect itself against hydrological crises, but also for economic purposes, to protect itself against the volatility of electricity prices and fluctuating natural gas prices. Equally important for Brazil's strategy was the Normative Resolution of ANEEL, which establishes new rules to reduce the barriers to the incorporation of distributed solar photovoltaic energy generation. Despite the existing incentive policies in Brazil, the high initial investment ends up inhibiting the expansion of residential consumers. Thus, an analysis of the previous and estimated growth of this source of energy generation is proposed according to the government plans. In addition, a comparison of solar photovoltaic energy worldwide will be presented, applying international experience in the Brazilian scenario to assess the scope of tariff parity and its competitiveness, highlighting the potential and Brazilian incentive policies.

Keywords: Distributed Generation. Electricity. Photovoltaic Solar Energy. Fiscal Incentive Policies.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Evolução anual de instalações fotovoltaicas (IEA, 2016).....	17
Figura 2: Evolução anual de instalações fotovoltaicas por país (IEA, 2016)	17
Figura 3: Mercado global de sistemas fotovoltaicos em 2015 e sua capacidade acumulada (IEA, 2016)..	18
Figura 4: Projeção da capacidade instalada por fonte de geração (EPE, 2015)	20
Figura 5: Localização dos empreendimentos solares fotovoltaicos contratados no leilão de energia de reserva de outubro de 2014 (EPE, 2015).....	32
Figura 6: Níveis de potencial de uma fonte energética. (EPE, 2014)	34
Figura 7: Potencial técnico de geração fotovoltaica em telhados residenciais por unidade da federação (Lange, 2012).	35
Figura 8: Potencial técnico de geração fotovoltaica em telhados residenciais por município (MWh/dia) (EPE, 2014).	36
Figura 9: Projeção do crescimento da capacidade instalada e seus custos até 2050 (EPE, 2014).	39
Figura 10: Projeção da capacidade instalada fotovoltaica distribuída no longo prazo. (EPE, 2016).....	41
Figura 11: Projeção da geração de energia fotovoltaica distribuída. (EPE, 2016).....	41
Figura 12: custo nivelado de geração e a paridade com as tarifas dos consumidores residenciais via impacto do financiamento (EPE, 2012).....	45
Figura 13: custo nivelado de geração e a paridade com as tarifas dos consumidores residenciais via isenção no imposto de renda (EPE, 2012).....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição dos principais mecanismos utilizados para incentivar a geração fotovoltaica (EPE, 2012).....	23
Tabela 2: Potencial técnico fotovoltaico residencial (EPE, 2014).....	37
Tabela 3: Perspectiva internacional de longo prazo para a queda dos custos de instalação dos sistemas Fotovoltaicos. (IEA, 2010).....	39
Tabela 4: Projeções da geração distribuída fotovoltaica. (EPE, 2016).....	42
Tabela 5: Competitividade da geração fotovoltaica - custo nivelado da geração. (EPE, 2012)	43
Tabela 6: Tarifas homologadas pela ANEEL - Valores médios regionais em 2011 (R\$/MWh) (EPE, 2012)	43
Tabela 7: Impacto do financiamento diferenciado sobre o custo nivelado. (EPE, 2012)	45
Tabela 8: Impacto do incentivo no imposto de renda sobre o custo nivelado. (EPE, 2012).....	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACR	Ambiente de Contratação Regulada
AP	Audiência Pública
ABESCO	Associação Brasileira de Empresas de Serviços de Conservação de Energia
ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BOS	<i>Balance of System</i>
CONFAZ	Conselho Nacional de Política Fazendária
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EPIA	<i>European Photovoltaic Industry Association</i>
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
GD	Geração Distribuída
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IEA	<i>International Energy Agency</i>
IGH	Irradiação Global Horizontal
LER	Leilão de Energia Reserva
MIGDI	Microsistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica
MME	Ministério de Minas e Energia
PIS	Programa de Integração Social
PPA	<i>Power Purchase Agreement</i>
PROESCO	Programa de Eficiência Energética
PROGD	Programa de Geração Distribuída
PVPS	<i>Photovoltaic Power Systems</i>
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
REN	Resolução Normativa
SIGFI	Sistema de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente
SIN	Sistema Interligado Nacional
SUDAM	Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia

SUDECO	Superintendência do Desenvolvimento do Centro-Oeste
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
TLPJ	Taxa de Juros de Longo Prazo
VR	Valor-Referência

SUMÁRIO

1	Introdução.....	14
2	Visão Geral da Tecnologia Fotovoltaica	16
2.1	Escopo Mundial	16
2.2	Escopo no Brasil	19
3	Políticas Brasileiras de Incentivo	22
3.1	Mecanismos de Incentivo à Energia Solar	22
3.2	Programas e Financiamentos	24
3.3	Incentivos Fiscais.....	26
3.4	Regulamentação de Geração Distribuída.....	28
3.5	Leilões de Energia Solar Fotovoltaica	31
3.6	Apoio ao Consumidor	33
4	Potencial da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil	34
4.1	Potencial Técnico.....	35
4.2	Potencial Econômico	38
4.3	Potencial Mercadológico.....	40
4.3.1	Análise da Competitividade da Geração Distribuída	42
4.3.2	Análise da Competitividade da Geração Centralizada.....	47
5	Considerações Finais	48
	Referências Bibliográficas.....	51

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a energia fotovoltaica tem sido vista internacionalmente como uma tecnologia bastante promissora. A tendência internacional proporciona importantes contribuições para análise sobre como aconteceu a expansão do mercado, o gradativo aumento na escala de produção e a redução de custos para atrair investidores. O Brasil possui uma série de características naturais favoráveis, como os altos níveis de insolação e grandes reservas de quartzo de qualidade, representando uma importante vantagem competitiva para a produção de silício com alto grau de pureza, células e módulos solares – produtos com alto valor associado. Todos esses fatores potencializam a atração de investidores e o desenvolvimento de um mercado interno, permitindo estimar um papel significativo na matriz elétrica para este tipo de tecnologia.

Porém, é necessário avaliar o melhor momento para viabilizar a tecnologia solar no país, em especial o desenvolvimento da cadeia de produção, principalmente devido a sobre capacidade de oferta de painéis solares, como os produzidos na China com baixo custo. Além disto, quando se trata de uma nova tecnologia e um novo modelo de negócio, sob a ótica do investidor, tal investimento inclui níveis de risco e custos superiores aos observados nas tecnologias já presentes no mercado.

Comparado aos países líderes em capacidade instalada de geração distribuída fotovoltaica, o Brasil possui enorme potencial, tanto por possuir uma maior incidência solar quanto por possuir tarifas de energia elétrica em patamares parecidos. No entanto, o sistema de compensação de energia elétrica (*net metering*), proposto pela ANEEL, regularizado pelas REN 482/2012 e REN 587/2015, não oferece a mesma atratividade proporcionada por outros mecanismos empregados inicialmente nos outros países, de forma que sua inserção recai sobre a capacidade da própria fonte se viabilizar economicamente, e portanto, um horizonte maior será necessário para a popularização do sistema.

Há que se avaliar, no entanto, tanto as suas vantagens, mas também os seus desafios para que seja possível encontrar os meios de incentivar a tecnologia solar para que essa possa contribuir para o objetivo nacional de desenvolvimento econômico e de sustentabilidade da matriz energética. Neste contexto, o presente trabalho busca realizar uma análise técnica e econômica sobre a energia solar fotovoltaica, detalhando sua aplicação na geração distribuída e centralizada, contemplando sua regulamentação,

potenciais, projeções da inserção da fonte pelo governo e como esta entrada impacta os envolvidos no processo.

2 VISÃO GERAL DA TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA

Os países presentes no programa PVPS (*Photovoltaic Power Systems*) - acordo colaborativo de pesquisa e desenvolvimento estabelecido com a IEA (*International Energy Agency*) - representam um pouco mais de 196 GW em instalações fotovoltaicas cumulativas, principalmente conectadas à rede, no final de 2015. Os outros 40 países que foram considerados e não fazem parte do programa representam 31 GW adicionais. Uma parte importante está localizada na Europa: Reino Unido, com cerca de 10 GW, Grécia com 2,6 GW, República Checa com 2,1 GW instalados, Romênia com 1,3 GW e da Bulgária com 1,0 GW, além da Ucrânia e da Eslováquia que estão abaixo da marca de GW. Os outros principais países que representaram as maiores instalações acumuladas no final de 2015 são a Índia, com mais de 5 GW, África do Sul com 0,9 GW, Taiwan com 0,8 GW, Paquistão com uma estimativa de 0,78 MW e Chile com 0,9 GW. Muitos países de todo o mundo começaram a desenvolver tecnologia solar, mas poucos atingiram um nível de desenvolvimento significativo em termos de capacidade instalada acumulada no final de 2015 devido ao investimento recente, fora os mencionados acima (IEA, 2016).

Estes números são baseados nos sistemas recentemente verificados em países fora dos tradicionais mercados fotovoltaicos e mostram que, até o final de 2015 um adicional de 31 GW em sistemas fotovoltaicos foram instalados nos últimos anos. Atualmente, pode-se afirmar com um certo nível de certeza que, no mínimo, 228 GW de sistemas fotovoltaicos foram instalados em todo o mundo até ao final de 2015.

Neste capítulo, com o auxílio de dados e estatísticas governamentais, é discutido o patamar em que se encontram o desenvolvimento de energia solar fotovoltaica, em especial, na China, Japão, EUA, Europa, América Latina e Brasil.

2.1 ESCOPO MUNDIAL

De acordo com a IEA, 24 países que fazem parte do PVPS instalaram pelo menos 40,6 GW em 2015, de um total de 50,7 GW da capacidade instalada mundial. Estima-se que as instalações no resto do mundo - em países que não fazem parte do programa - contribuíram com os 10 GW restantes. A tendência em 2015 foi um crescimento significativo do mercado global de energia fotovoltaica após um pequeno crescimento

experimentado durante os anos 2013-2014, como pode ser observado na Figura 1. Com cerca de 51 GW, o mercado cresceu em 2015 cerca de 26,5% em relação ao ano anterior, novamente representando o mais alto percentual de instalação de sistemas fotovoltaicos.

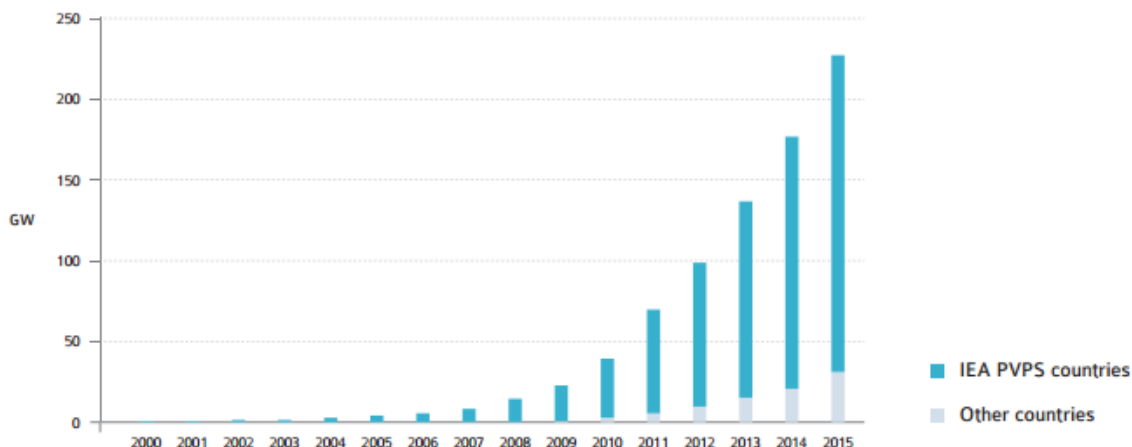


FIGURA 1: EVOLUÇÃO ANUAL DE INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS (IEA, 2016).

Desde 2013, a China permanece em primeiro lugar, e sozinha instalou 15,15 GW em 2015 – 30% do total anual, de acordo com a Administração Nacional de Energia. Um nível recorde, no que diz respeito a todas as instalações fotovoltaicas. Isto está perfeitamente alinhado com a vontade política do país em desenvolver fontes renováveis à curto e médio prazo. A capacidade total instalada na China atingiu 43,5 GW, e coloca o país no primeiro lugar, à frente da Alemanha, pela primeira vez.

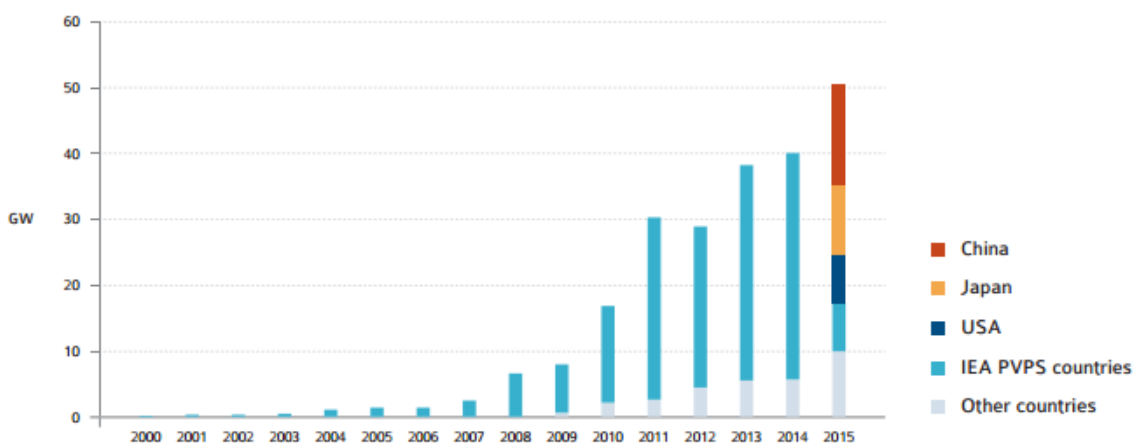


FIGURA 2: EVOLUÇÃO ANUAL DE INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS POR PAÍS (IEA, 2016).

O Japão, com 10,8 GW instalados no país em 2015, e uma ligeira taxa de crescimento em relação a 2014, ficou em segundo lugar em potencial instalado. Em seguida, tem-se os EUA instalando 7,3 GW em sistemas fotovoltaicos, com uma parcela crescente e de grande escala em comparação com instalações de telhados, como disposto na Figura 2. O Reino Unido cresceu significativamente em 2015 novamente, mantendo a sua posição como o país líder de instalações fotovoltaicas na Europa com 4,1 GW. Diante do crescimento do mercado fotovoltaico, a Índia pela primeira vez aparece entre os cinco primeiros países com 2,1 GW, com grandes expectativas para os próximos anos (IEA, 2016).

Juntos, esses cinco países representam 78% de todas as instalações registradas em 2015, mas apenas 52% em termos de capacidade instalada, enquanto em 2014, os cinco principais países representavam 78% das instalações de 2014 e 72% da capacidade acumulada. Isso mostra o mercado atual reequilibrando-se, como Alemanha e Itália, deixando o top 5 (e no caso da Itália o top 10) para instalações anuais. Índia e Reino Unido contribuíram para o top 5 em 2015 e são mercados jovens, com uma capacidade cumulativa significativamente menor do que os ex-líderes. Esse cenário pode ser observado na Figura 3.

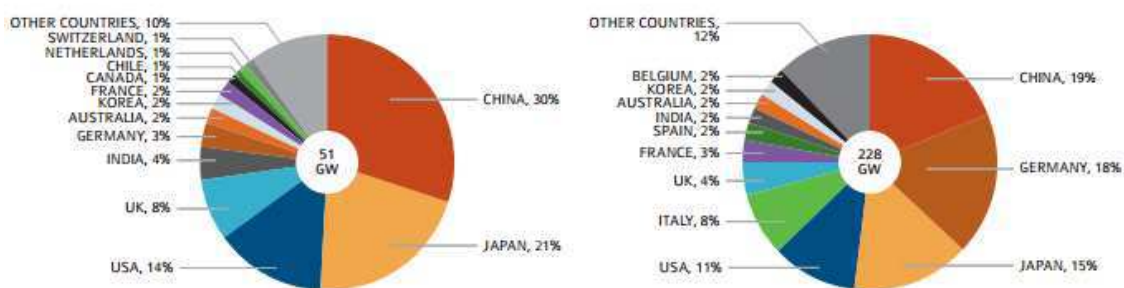


FIGURA 3: MERCADO GLOBAL DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM 2015 E SUA CAPACIDADE ACUMULADA (IEA, 2016)

Vale também destacar que vários países da América Central e do Sul continuaram a se desenvolver em 2015. No Chile, foram instalados 446 MW em 2015 e mais estão planejados para 2016. O desenvolvimento dos sistemas fotovoltaicos ocorre em um contexto de altos preços de eletricidade e alta irradiação solar, favorecendo a paridade dos preços de venda da eletricidade. O mercado é impulsionado principalmente por PPAs

(*Power Purchase Agreement*) para usinas solares, com uma mistura de PPAs com grandes indústrias e vendas no mercado de eletricidade.

Na Argentina, o governo estabeleceu uma meta de energia renovável de 3 GW para 2016. Isso inclui 300 MW para sistemas solares fotovoltaicos. No entanto, o desenvolvimento tem sido bastante pequeno, com apenas alguns MW instalados no país em 2015.

No Peru, foram instalados, nos últimos anos, 100 MW de usinas de escala industrial. Vários programas relacionados à eletrificação rural também foram iniciados. As propostas lançadas em 2015 levaram a 185 MW concedidos a desenvolvedores com um PPA bastante baixo (48 USD / MWh) no início de 2016.

O mercado de sistemas fotovoltaicos em Honduras tem experimentado um grande crescimento durante 2015 com 391 MW instalados. Espera-se que o país possua mais plantas fotovoltaicas ligadas à rede em 2016, em resultado do número significativo de sistemas aprovados durante a concorrência de 600 MW em 2014. Contudo, não há planos que indiquem que medidas semelhantes serão introduzidas novamente a médio prazo. Como resultado, a partir de 2017, os sistemas fotovoltaicos para autogeração para os setores residencial e comercial são os principais segmentos visíveis para o crescimento.

Vários outros países na América Central e América Latina têm esquemas de apoio para eletricidade fotovoltaica, como o Equador. Outros países, como o Uruguai ou a Guatemala, instalaram dezenas de MW em 2015 através de concursos. Vários outros países, incluindo ilhas no Caribe estão se movendo rapidamente para a implantação de sistemas fotovoltaicos, o que poderia a forte tendência para os sistemas fotovoltaicos nas Américas.

2.2 ESCOPO NO BRASIL

A expansão da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica mundial está acontecendo de forma acelerada. Desde 2010, a capacidade instalada de energia solar fotovoltaica mundial cresceu mais do que nas quatro décadas anteriores. No Brasil, no ano de 2014, aconteceu o primeiro leilão em que foi contratada a energia de plantas fotovoltaicas centralizadas. O resultado desse leilão vai inserir, em 2017, 891 MW no Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste do país. O reflexo do investimento é observado numa expansão indicativa 6.000 MW até 2024 também nessas regiões (EPE, 2015).

No leilão de 2014, a EPE (Empresa de Pesquisa Energética) habilitou tecnicamente 331 projetos de plantas fotovoltaicas, totalizando uma oferta de 8,87 GW. O licenciamento ambiental foi o principal motivo das inabilitações técnicas deste leilão, sinalizando a importância que a dimensão ambiental assume nesse momento inicial de expansão da fonte. Portanto, é possível constatar a existência de alguns aspectos em fase de consolidação no licenciamento ambiental, tais como, a diversidade de procedimentos dos órgãos ambientais e a própria curva de aprendizagem das instituições envolvidas no processo.

Além disso, o Brasil tem agora um sistema de compensação de energia (*net metering*), mas com resultados limitados até agora que serão discutidos objetivamente nos capítulos a seguir. O governo, baseado no contínuo estímulo externo, estabeleceu uma meta de 7 GW para sistemas fotovoltaicos a ser cumprida até 2024, de acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia 2024. Com um potencial de 3 GW em usinas fotovoltaicas que foram licitadas através de leilões para serem construídas antes de 2018 e 4,5 GW em instalações conectadas a rede antes de 2024, o potencial fotovoltaico do Brasil pode desenvolver-se muito rápido nos próximos anos.

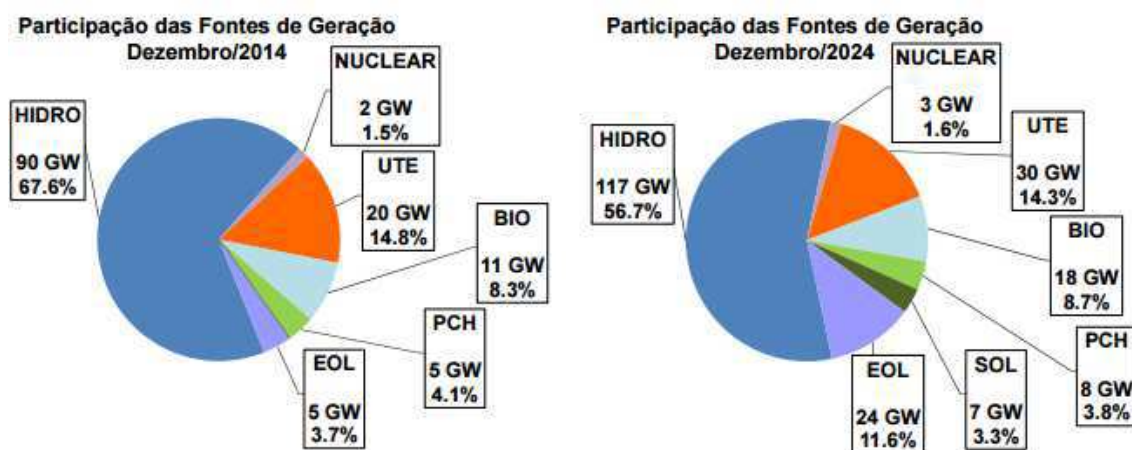


FIGURA 4: PROJEÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA POR FONTE DE GERAÇÃO (EPE, 2015)

No entanto, poucos MW foram instalados em 2015. Projetos em andamento já foram anunciados para 2016 representando várias centenas de MW que contribuirão para o mercado em 2016, ou no mais tardar 2017. 21 estados brasileiros - Acre, Alagoas, Bahia, Ceará, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, 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 - já aplicam isenções fiscais para incentivar

os consumidores a gerarem sua própria energia e também já há isenção de impostos sobre equipamentos e componentes de geração de energia solar (Ministério de Minas e Energia, 2016).

Estudos de potencial solar no Brasil, como o Atlas Solarimétrico, indicam que o potencial de implantação no Brasil é grande, apesar de atualmente usar-se uma porção irrisória do seu potencial solar. Em relação à competitividade, o ano de 2014 trouxe um reajuste tarifário acima da inflação, que contribuiu com a diminuição do retorno do investimento. No entanto, com a valorização do dólar, que encarece o preço dos equipamentos finais importados, acabou contrabalanceando o aumento das tarifas.

3 POLÍTICAS BRASILEIRAS DE INCENTIVO

A geração fotovoltaica distribuída ainda não é competitiva de forma geral e ampla, porém pode-se perceber pela experiência internacional uma tendência robusta nessa direção. Além disso, pode-se perceber também que há uma tendência que pode ser fortalecida no sentido de ampliar o alcance da penetração da geração fotovoltaica distribuída já a curto e médio prazo, de acordo com horizontes de governo até 2050. Para alcançar esse objetivo, é recomendável adotar medidas de incentivo por meio de uma política orientada para impulsionar essa forma de energia alternativa.

Neste capítulo, serão discutidas algumas medidas já adotadas, avaliando seus impactos em termos da melhoria da atratividade do investimento. Também são feitos comparativos com a experiência internacional relativas a incentivos à geração fotovoltaica, da qual se podem apreender lições aplicáveis ao caso brasileiro.

3.1 MECANISMOS DE INCENTIVO À ENERGIA SOLAR

Entre os principais mecanismos de incentivo ao aproveitamento energético de fontes renováveis estão o sistema de cotas (*renewable certificates* ou leilões de compra), pelo qual as distribuidoras de energia elétrica são obrigadas a atender parte de seu mercado com fontes renováveis, e tarifas-prêmio (*feed-in tariff*), pelas quais a geração por fontes renováveis é adquirida a preços diferenciados. Nas tarifas-prêmio, tal como praticado em países europeus, toda a energia produzida pela fonte incentivada é medida e remunerada a preços diferenciados.

Em outras regiões, como proposto recentemente na Califórnia, apenas a parcela da energia exportada para a concessionária é medida e remunerada (*net metering e net billing*). Contudo, os mecanismos utilizados para incentivar a geração solar fotovoltaica não se resumem a esses dois sistemas. Na verdade, o panorama de incentivos é muito amplo e criativo, compreendendo uma combinação de diversos mecanismos, os quais são resumidos na Tabela 1 a seguir.

TABELA 1: DESCRIÇÃO DOS PRINCIPAIS MECANISMOS UTILIZADOS PARA INCENTIVAR A GERAÇÃO FOTOVOLTAICA (EPE, 2012)

Mecanismo	Descrição
Tarifa-prêmio	Aquisição, pela distribuidora, da energia a uma tarifa superior àquela paga pelo consumidor. Subsídio dado pelo governo e repassado aos demais consumidores.
Cotas (ROC, RPO, REC, RPS e leilões)	Instrumento de aquisição obrigatória de determinado patamar de geração elétrica a partir de fontes renováveis.
Subsídio ao investimento inicial	Subsídio direto, seja sobre equipamentos específicos, seja sobre o investimento total no sistema fotovoltaico.
Dedução no imposto de renda	Dedução no imposto de renda de parte ou todo investimento realizado em sistemas fotovoltaicos.
Incentivo à aquisição de eletricidade “verde” oriunda de sistemas fotovoltaicos	Confere ao consumidor final o direito de escolha quanto à aquisição de eletricidade proveniente de geração fotovoltaica, mediante o pagamento de uma tarifa maior.
Obrigatoriedade de aquisição de sistemas fotovoltaicos no portfólio obrigatório de renováveis	Instrumento de aquisição obrigatória de determinado patamar de geração elétrica proveniente de geração fotovoltaica.
Fundos de investimentos para sistemas fotovoltaicos	Oferta de ações em fundos privados de investimentos.
Ações voluntárias de bancos comerciais	Concessão preferencial de hipotecas para construções que possuam sistemas fotovoltaicos e empréstimos para instalações destes sistemas.
Ações voluntárias de distribuidoras	Mecanismos de suporte à aquisição de energia renovável pelos consumidores, instalação de plantas centralizadas de FV, financiamento de investimentos e modelos de aquisição de eletricidade derivada de FV.
Padrões em edificações sustentáveis	Estabelecimento de padrões mínimos de desempenho para edificações (existentes e novas), cujo contexto favorece, entre outras, a adoção de sistemas fotovoltaicos.

O sistema de tarifa-prêmio (*feed-in tariff*) tem se revelado como o mais eficiente para incentivar o uso desta fonte, visto que sua adoção em países da Europa gerou expressiva instalação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede. A tarifa-prêmio é calculada visando a garantir taxas de retorno atrativas em contratos de até 25 anos de

duração. O efeito da crise internacional sobre a deterioração orçamentária dos países europeus reduzia a capacidade de fomento através de subsídios e também a contribuição sobre a redução de custos da geração fotovoltaica, fazendo com que a tarifa-prêmio fosse reajustada periodicamente para evitar ganhos, aproximando-se cada vez mais da tarifa convencional paga pelo consumidor. Segundo a EPE, no Reino Unido, as tarifas-prêmio para geração solar de potência entre 4 e 50kWp foram reduzidas praticamente à metade para instalações feitas a partir de dezembro de 2011, após um aumento surpreendente nos investimentos em geração distribuída solar e após o processo de revisão da política de *feed-in*. A Alemanha, cuja política de *feed-in* já incorpora revisões periódicas, também reduziu as tarifas-prêmio ao final de 2011, com os novos valores vigendo a partir de janeiro de 2012.

3.2 PROGRAMAS E FINANCIAMENTOS

Uma importante iniciativa foi a criação do Plano de Ação Conjunta Inova Energia, iniciativa da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que, entre outras finalidades, apoia o desenvolvimento de soluções para cadeia fotovoltaica no que concerne: (i) desenvolvimento de tecnologias para produção de silício purificado em grau solar, wafers de silício e células fotovoltaicas de silício; (ii) desenvolvimento de tecnologias para produção de células fotovoltaicas de filmes finos, OLED ou de outros materiais; (iii) desenvolvimento de tecnologias e soluções para produção de inversores e equipamentos aplicados a sistemas fotovoltaicos. O montante de recursos disponibilizados pelas três instituições, para todo o programa, soma R\$ 3 bilhões, para os anos de 2013 a 2016.

Adicionalmente, o BNDES publicou em agosto de 2014 as regras para o credenciamento e apuração de conteúdo local de módulos e sistemas fotovoltaicos, que exige a nacionalização progressiva de componentes e processos específicos ao longo do plano, como a fabricação nacional de células de silício cristalino a partir de 2020. O banco também possui condições diferenciadas de financiamentos para energia solar e outras fontes renováveis, que podem obter o financiamento com baixa taxa de juros e um prazo de amortização de até 20 anos. Condições especiais para a fonte solar foram concedidas no Leilão de Energia de Reserva 2014, inclusive para apoiar a produção de equipamentos

no país, principalmente dado que o desenvolvimento da cadeia industrial fotovoltaica deve beneficiar a geração distribuída através da redução de custos dos equipamentos ao consumidor final.

Outro incentivo executado pelo BNDES é o apoio a Projetos de Eficiência Energética (PROESCO). É possível obter financiamentos para projetos que contribuam para economia de energia ou eficiência energética, e promovam a substituição de combustível fóssil por fontes renováveis (ABESCO, 2015).

Além dos esforços governamentais, surgiram incentivos dos grandes bancos. No segundo semestre de 2014 foram incluídos aerogeradores e equipamentos de energia fotovoltaica como itens financiáveis através do Construcard, da CAIXA. Outros bancos como Santander e Banco do Brasil também possuem opções semelhantes de financiamento, e nenhuma destas linhas de crédito tiveram incentivo ou subsídio do Governo Federal.

O Instituto Ideal, em parceria com o Grüner Strom Label (Selo de Eletricidade Verde da Alemanha), lançou em 2013 o Fundo Solar, que oferece subsídio financeiro a consumidores residenciais e empresários que desejam instalar sistemas fotovoltaicos com até 5kW de potência. O valor varia de R\$ 1.000,00 a R\$ 5.000,00 por projeto de microgeração fotovoltaica que deve ser conectado à rede e participar do Sistema de Compensação de Energia.

Apesar de não contribuir para a geração distribuída, o programa Luz para Todos procede a instalação de painéis solares em unidades consumidoras que não tem acesso à energia elétrica, contribuindo para os sistemas fotovoltaicos isolados. A Resolução Normativa (REN) 488/2002 da ANEEL define condições para revisão dos planos de universalização dos serviços de distribuição de energia elétrica no meio rural, enquanto a REN 493/2012 define os procedimentos e as condições de fornecimento por meio de Sistema de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente (SIGFI) ou Microsistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica (MIGDI).

Além de financiamento e programas sociais, o investimento na pesquisa e desenvolvimento também constituem parte fundamental do desenvolvimento tecnologia acessível a longo prazo. Um bom exemplo desse tipo de incentivo é o Fundo Clima, que possui vinculação com o Ministério de Minas e Energia (MME), oferecendo recursos – muitas vezes não reembolsáveis – para financiar projetos e empreendimentos que busquem à redução dos impactos referentes a mudança climática, favorecendo o desenvolvimento da energia solar fotovoltaica. (Ministério do Meio Ambiente, s.d.)

A ANEEL promoveu o edital 013/2011 de Chamada de P&D Estratégico, relativo a Arranjos Técnicos e Comerciais para Inserção da Geração Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira. Dos 18 projetos que se candidataram, 17 foram aprovados, totalizando um investimento de 395 milhões ao longo de três anos. O projeto envolveu cerca de 62 instituições, 584 pesquisadores e 96 empresas (EPE, 2014).

Voltado para pesquisa e desenvolvimento de módulos fotovoltaicos customizados, o Laboratório de Energia Fotovoltaica Richard Louis Anderson, situado em Campinas desde em agosto de 2014, auxilia na popularização do conceito de edifícios integrados e na disseminação da microgeração fotovoltaica (EPE, 2014).

Diante dos programas e financiamentos divulgados, a oferta de crédito parece ser ampla, porém o investimento em pesquisa e desenvolvimento não parece ser o suficiente para impulsionar o desenvolvimento da tecnológica solar fotovoltaica no País.

3.3 INCENTIVOS FISCAIS

O Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) é um tributo Estadual aplicável à energia elétrica. Com respeito à micro e minigeração distribuída, é importante esclarecer que o Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ) aprovou o Convênio ICMS 6, de 5 de abril de 2013, estabelecendo que o ICMS apurado teria como base de cálculo toda energia que chega à unidade consumidora proveniente da distribuidora, sem considerar qualquer compensação de energia produzida pelo microgerador. Com isso, a alíquota aplicável do ICMS incidiria sobre toda a energia consumida no mês. Após interações da Agência com o Ministério da Fazenda, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Ministério de Minas e Energia e com o Congresso Nacional, o Conselho Nacional de Política Fazendária - CONFAZ publicou o Convênio ICMS 16, de 22/4/2015, que revogou o Convênio ICMS 6/2013 e autorizou as unidades federadas a conceder isenção nas operações internas relativas à circulação de energia elétrica, sujeitas a faturamento sob o sistema de compensação de energia. Dessa forma, nos Estados que aderiram ao Convênio ICMS 16/2015, o ICMS incide somente sobre a diferença entre a energia consumida e a energia injetada na rede no mês. Para aqueles Estados que não aderiram ao novo Convênio, 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.

Com relação à apuração do Programa de Integração Social - PIS e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social – COFINS, não existia até outubro de 2015 uma legislação ou orientação da Receita Federal esclarecendo como deveria ser realizada a cobrança para os casos de micro e minigeração distribuída. No entanto, com a publicação da Lei nº 13.169/2015, de 6/10/2015, resultado de várias gestões da ANEEL junto ao Ministério de Minas e Energia e ao Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão, a incidência do PIS e COFINS passou a acontecer apenas sobre a diferença positiva entre a energia consumida e a energia injetada pela unidade consumidora com micro ou minigeração distribuída. Tendo em vista que o PIS e a COFINS são tributos federais, a regra estabelecida pela lei vale igualmente para todos os Estados do país (ANEEL, 2016).

Logo após a publicação das regras de compensação de energia, em 15 de dezembro de 2015, o Ministério de Minas e Energia lançou o Programa de Geração Distribuída (ProGD) visando dar outro impulso significativo ao mercado solar e atrair mais atores do mercado. Os principais incentivos fiscais propostos incluem: (i) isenções do ICMS e do PIS/COFINS sobre a eletricidade líquida que é devolvida à rede; (ii) redução de 14% para 2% dos impostos de importação incidentes sobre os bens de capital utilizados na produção de equipamentos solares fotovoltaicos e componentes relacionados até 31 de dezembro de 2016. O ProGD também trouxe as mudanças realizadas pelas REN 687/2015 – que serão comentadas na seção seguinte, e os incentivos de financiamentos com taxas diferenciadas pelo BNDES (Ministério de Minas e Energia, 2015).

Além disso, o programa estabelece um preço competitivo para a eletricidade que é adicionada à rede em R\$ 454/MWh e permite a integração do sistema de contagem líquida no mercado bilateral. Ambas as medidas visam incentivar a produção, a exportação e a comercialização potencial do excesso de energia. Espera-se que as regras ampliadas de contagem líquida e o programa de incentivo à geração distribuída federal atraiam R\$ 100 bilhões em investimentos, adicionem 23 GW de capacidade distribuída de energia até 2030 a partir de 2,7 milhões de unidades consumidoras, com base nas estimativas do Ministério de Minas e Energia.

Outro incentivo foi a redução do Imposto de Renda relacionados a projetos prioritários implantados nas áreas de atuação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), da Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) e da Superintendência do Desenvolvimento do Centro-Oeste (SUDECO). O

setor de energia é um dos setores prioritários, e a SUDAM e a SUDENE englobam as principais regiões do Brasil no que tange a radiação solar. A Lei da Informática também concede isenções de tributos para equipamentos de informática e automação, atingindo vários equipamentos que são utilizados no sistema solar.

3.4 REGULAMENTAÇÃO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Até 2012, o Brasil não possuía uma regulamentação com relação a pequenas unidades geradoras conectadas à rede elétrica de distribuição. Visando a ampliação da matriz energética nacional, a ANEEL publicou em 17 de abril de 2012 a REN 482 que estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, entre outras providências. Essa resolução teve como principal objetivo reduzir os obstáculos relativos à instalação de geração distribuída a partir de recursos renováveis (eólica, fotovoltaica, hidráulica, biomassa e cogeração) conectados à rede de distribuição e incentivar o desenvolvimento dessas tecnologias no Brasil.

Com a Resolução Normativa nº 482/2012, a ANEEL criou o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, dessa forma, o consumidor brasileiro passa a poder gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada e fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade. Passou a ser possível, então, injetar o excedente de energia na rede de distribuição, e abatê-lo da conta de luz ao final do mês. Caso o proprietário ainda tivesse um saldo positivo após esse abatimento, ele teria até 36 meses para utilizá-lo, ou então, perderia o crédito.

Antes à normativa, qualquer interessado em instalar um sistema de geração em sua residência ou local de trabalho para abastecer com o propósito de autoconsumo, e que dependesse de uma fonte de energia a qual ocorre interrupções, como a solar, teria que dispor de um sistema de estocagem de energia, o que muitas vezes inviabilizava os projetos. O backup é necessário para quando o sistema não está gerando energia.

Uma vez com a REN 482/2012 em vigor, este backup passou a ser a própria rede de distribuição, visto que quando não houver oferta de energia a partir do micro ou minigerador, a rede de distribuição abastece a unidade de consumo. Além disso, se houver a sobreprodução – ou seja, produzir mais do que se consome – em dado momento, o excedente será injetado na rede e poderá ser compensado no futuro, tornando o projeto

mais viável economicamente. A resolução também definiu que todas as concessionárias de distribuição de energia elétrica deveriam adequar-se e preparar normas técnicas definindo padrões físicos para o acesso da micro e minigeração quando requisitado por seus clientes.

A publicação da REN ANEEL 517/2012 modificou o sistema de compensação estabelecido pela REN ANEEL 482/2012, permitindo somente que a compensação fosse realizada em unidades consumidoras de mesma titularidade. Essa mudança inviabilizou o chamado *virtual net metering* (permite que o dono de várias propriedades geradoras aloque créditos de energia de um sistema solar a outros inquilinos), pois a REN 482/2012 permitia a compensação a partir de reunião de unidades consumidoras com comunhão de interesses de fato ou de direito. Segundo a Nota Técnica ANEEL nº 0163/2012, esta mudança foi necessária por conta de manifestação do CONFAZ em 11 de outubro de 2012, que entendia que a operação de compensação de energia poderia ser caracterizada como comercialização e, assim, poderia haver incidência de impostos.

Neste entendimento, a REN ANEEL 517/2012 realizou esta modificação, além de caracterizar a operação de compensação de energia como empréstimo gratuito. Entretanto, essa modificação não foi suficiente no entendimento do CONFAZ e o mesmo publicou o Convênio ICMS 6, que orienta a tributação sobre o consumo bruto de eletricidade, sendo necessário verificar qual o percentual da energia gerada pelo micro e minigerador fotovoltaico que será exportada à rede para compensação em outro período. Quanto maior o percentual da energia exportada à rede, maior será a tributação, o que impacta negativamente na paridade tarifária. Assim, o sistema de *net metering* foi penalizado duplamente, com a não permissão da aplicação do *virtual net metering* e com a incidência de impostos sobre a compensação de energia.

O acompanhamento da implantação da REN, realizado pela ANEEL, permitiu identificar diversos pontos da regulamentação que necessitavam de melhoras. A ANEEL, então, abriu a Audiência Pública (AP 26/2015) para colher contribuições dos agentes para o aprimoramento da REN nº 482/2012. Os principais objetivos foram:

- Reduzir os custos e o tempo para a conexão da Geração Distribuída (GD);
- Compatibilizar o Sistema de Compensação de Energia Elétrica com as Condições Gerais de Fornecimento (Resolução Normativa nº 414/2010);
- Aumentar o público alvo;
- Melhorar as informações na fatura.

Em 24 de novembro de 2015, a ANEEL emitiu a Resolução nº 687, que altera e modifica uma resolução anteriormente promulgada (resolução nº 482 de 17 de abril de 2012) e estabelece o marco para permitir a geração de energia solar em larga escala, mas sem depender de linhas de transmissão de longa distância. A REN trouxe grandes melhorias para o incentivo e desenvolvimento da geração distribuída e, desde 1º de março de 2016 - data em que as novas regras para geração de energia entraram em vigor - os empreendimentos com múltiplas unidades consumidoras, como os condomínios residenciais – sejam eles verticais ou horizontais – e comerciais passaram a ter mais facilidade em gerar sua própria energia.

A geração compartilhada é caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada (Art. 2º, seção VII).

A faixa de capacidade instalada também foi ajustada, sendo permitida a denominação de microgeração distribuída a central geradora com potência instalada até 75 KW (antes 100 KW) e minigeração distribuída aquela com potência acima de 75 kW (antes 100 KW) e menor ou igual a 5 MW (antes 1 MW), conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras (Art. 2º, seção II).

Além disso, o prazo de validade dos créditos passou de 36 para 60 meses (Art. 6º, parágrafo 1), permitindo que os créditos de contagem líquida obtidos e não utilizados por uma instalação de geração compensem o consumo excessivo de energia de outros sites, desde que (i) ambos os sites sejam atendidos pela mesma concessionária de distribuição; e (ii) a propriedade de ambos os locais é a mesma (Art. 2º, seção VIII).

A medição bidirecional é obrigatória e pode ser realizada por meio de dois medidores unidirecionais, um para aferir a energia elétrica ativa consumida e outro para a energia elétrica ativa gerada, caso seja a alternativa de menor custo ou haja solicitação do titular da unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída. A distribuidora é responsável por adquirir e instalar o sistema de medição, sem custos para o acessante no caso de microgeração distribuída, assim como pela sua operação e manutenção, incluindo os custos de eventual substituição.

Do ponto de vista da contratação, é dispensável a assinatura dos contratos de uso e conexão na qualidade de central geradora para os participantes do sistema

de compensação de energia elétrica, sendo suficiente a emissão, pela distribuidora, do Relacionamento Operacional para a microgeração, ou a celebração do Acordo Operativo para minigeração.

O Acordo Operativo deverá ser assinado até a data de aprovação do ponto de conexão, enquanto o Relacionamento Operacional deverá ser encaminhado pela distribuidora ao acessante em anexo ao Parecer de Acesso.

Caso sejam necessárias melhorias ou reforços na rede para conexão da microgeração ou minigeração distribuída, a execução da obra pela distribuidora deve ser precedida da assinatura de contrato específico com o interessado, no qual devem estar discriminados as etapas e o prazo de implementação das obras, as condições de pagamento da eventual participação financeira do consumidor, além de outras condições vinculadas ao atendimento.

3.5 LEILÕES DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A geração centralizada, de maior porte, claramente não se mostra competitiva no presente momento em relação às outras formas de geração que têm sido contratadas nos Leilões de Energia Nova dado seus altos preços de custo. Assim, políticas capazes de estimular esta forma de geração também podem ser desenvolvidas, como por exemplo, o desenvolvimento de leilões específicos para a fonte, como já ocorreram em alguns países.

Nos leilões de energia, o governo fixa um preço máximo para o megawatt-hora (MWh) e as empresas licitam o preço pelo qual estão dispostos a vender energia ao mercado. Os produtores de energia que oferecem os preços mais baixos assinam acordos de compra de energia de 20 anos com as empresas de distribuição, que são obrigadas a comprar energia através dos leilões.

Ocorreu em outubro de 2014 o primeiro Leilão de Energia de Reserva - LER 2014, com uma reserva específica para energia solar, sem concorrência com outras fontes. Dos 400 projetos de geração fotovoltaica cadastrados no LER 2014, totalizando uma oferta de 10.790 MWp, foram contratados 31 projetos, dispostos na Figura 5. A potência adquirida foi de 1.048,2 MWp que chegou a um preço médio de R\$ 215,12/MWh. Os investimentos chegarão a R\$ 4,1 bilhões, com previsão de fornecimento de energia a partir de 1 de outubro de 2017 (EPE, 2014).

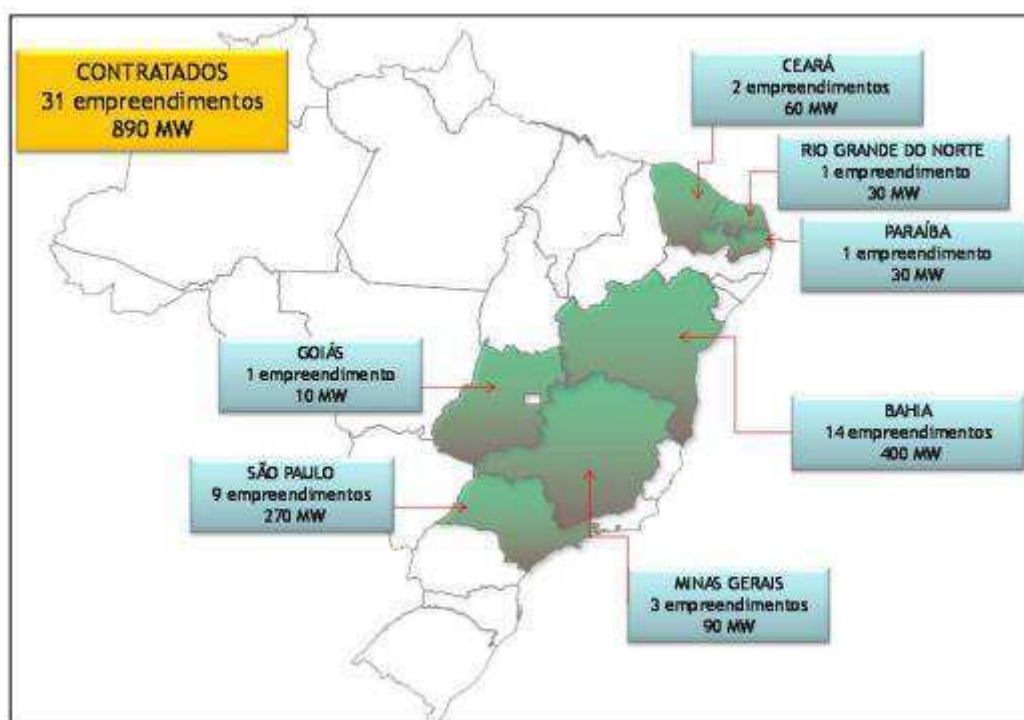


FIGURA 5: LOCALIZAÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS SOLARES FOTOVOLTAICOS CONTRATADOS NO LEILÃO DE ENERGIA DE RESERVA DE OUTUBRO DE 2014 (EPE, 2015)

Mantendo o objetivo de promover o crescimento e a diversificação da matriz elétrica, em agosto de 2015 foi realizado o 1º LER 2015, sendo este o segundo leilão promovido pelo Ministério de Minas e Energia que contratava energia proveniente de empreendimentos fotovoltaicos. O 1º LER 2015 teve um total de 382 projetos cadastrados chegando a uma oferta de 12.528 MWp. Foram contratados 30 projetos, chegando a uma potência de 830 MWp com preço médio de R\$ 301,79/MWh. Os investimentos foram estimados em R\$ 4,3 bilhões e a previsão de fornecimento de energia para 1 de agosto de 2017 (EPE, 2015).

O último leilão realizado foi em novembro de 2015, conciliando as energias solar e eólica. Mais de 920 GW foram concedidos - 33 projetos de energia solar foram contratados para começar a fornecer energia em 1º de novembro de 2018 - a um preço médio de R\$ 297 / MWh. Vale destacar também a iniciativa do Estado de Pernambuco, que havia realizado um leilão específico para fonte solar em 2013, onde houve a contratação de 6 projetos chegando a uma potência de 122 MW ao preço médio de R\$ 228,63/MWh.

Os leilões asseguraram cerca de 12 bilhões de reais em investimentos nos próximos três anos e atraíram diversos investidores nacionais e internacionais para o mercado.

3.6 APOIO AO CONSUMIDOR

O Instituto IDEAL vem promovendo o desenvolvimento da geração fotovoltaica no país através do lançamento de ferramentas de informação ao consumidor. Destacam-se: o Selo Solar, que é concedido para empresas ou instituições públicas e privadas que consumirem um valor mínimo anual de eletricidade solar; o Guia de Microgeradores Fotovoltaicos, que apresenta informações de forma didática e objetiva para quem pensa em instalar uma pequena unidade de geração fotovoltaica em sua edificação; o Simulador Solar, o qual permite o cálculo do dimensionamento da potência de um sistema fotovoltaico (gerador de eletricidade solar) para atender à necessidade energética anual de uma residência, um escritório ou uma indústria; e o Mapa de Empresas do Setor Fotovoltaico, que conta atualmente com mais de 300 empresas que trabalham com energia fotovoltaica no Brasil.

A ANEEL, por sua vez, publicou o Caderno Temático de Mini e Microgeração Distribuída com o objetivo de esclarecer as condições para o acesso aos micro e minigeradores, assim como demonstrar e exemplificar o mecanismo de compensação e faturamento da energia gerada. O documento já se encontra em sua segunda versão atualizado com as modificações provenientes dos incentivos do governo.

A maioria das análises de incentivos na geração distribuída com energia solar esquece da importante tarefa de levar a informação até o consumidor. Além das políticas públicas de incentivos e isenções, é necessário também realizar a propaganda da tecnologia para realizar a devida difusão ao grande público. Outro fator é que, apesar da grande proliferação do número de empresas no setor fotovoltaico, a qualidade da mão de obra na área ainda é deficiente. Pela baixa capacidade instalada no país, grande parte das empresas ainda tem pouca experiência, sendo esta uma dificuldade na execução dos projetos.

Uma alternativa para facilitar a implantação de um sistema solar é a modalidade *leasing*, que não possui custo relevante de instalação. O contratante paga apenas uma mensalidade para a empresa que possui a responsabilidade de instalar e fornecer manutenção ao sistema.

4 POTENCIAL DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA DISTRIBUÍDA NO BRASIL

O potencial de uma fonte energética pode ser classificado em recurso, potencial técnico, potencial econômico e potencial de mercado. A título de recurso, considera-se basicamente a quantidade, a previsão de disponibilidade e a localização geográfica de cada fonte, assim como o conteúdo energético. O próximo nível incorpora limitações técnicas e de uso do solo, objetivando-se examinar as oportunidades de conversão do recurso em formas úteis, através do uso de tecnologias específicas. Em seguida, no nível econômico, são incorporados o custo da tecnologia e outros tantos fatores econômicos. Por fim, inclui-se considerações de mercado, como demanda, oferta, preços de commodities, regulação, incentivos, barreiras, investimentos, resposta do consumidor, entre outros (NREL, 2010).



FIGURA 6: NÍVEIS DE POTENCIAL DE UMA FONTE ENERGÉTICA. (EPE, 2014)

A geração distribuída, contemplada pela REN 482/2012, de forma alguma se resume ao tipo de instalação ou à classe do consumidor. Porém, a análise aqui presente

privilegia a capacidade de geração total em telhados residenciais, dado que é uma das principais aplicações e focos em GD.

4.1 POTENCIAL TÉCNICO

O potencial técnico pode ser definido com base em três fatores preponderantes: mapeamento do recurso solar, i.e., os níveis de irradiação solar no país; a área de telhado disponível para instalação de sistemas fotovoltaicos; e a eficiência na conversão do recurso solar em eletricidade. Com base nesses fatores, dois mapas (por unidade da federação e por município) representam o potencial técnico de geração distribuída a partir da energia fotovoltaica no setor residencial no Brasil (Lange, 2012).

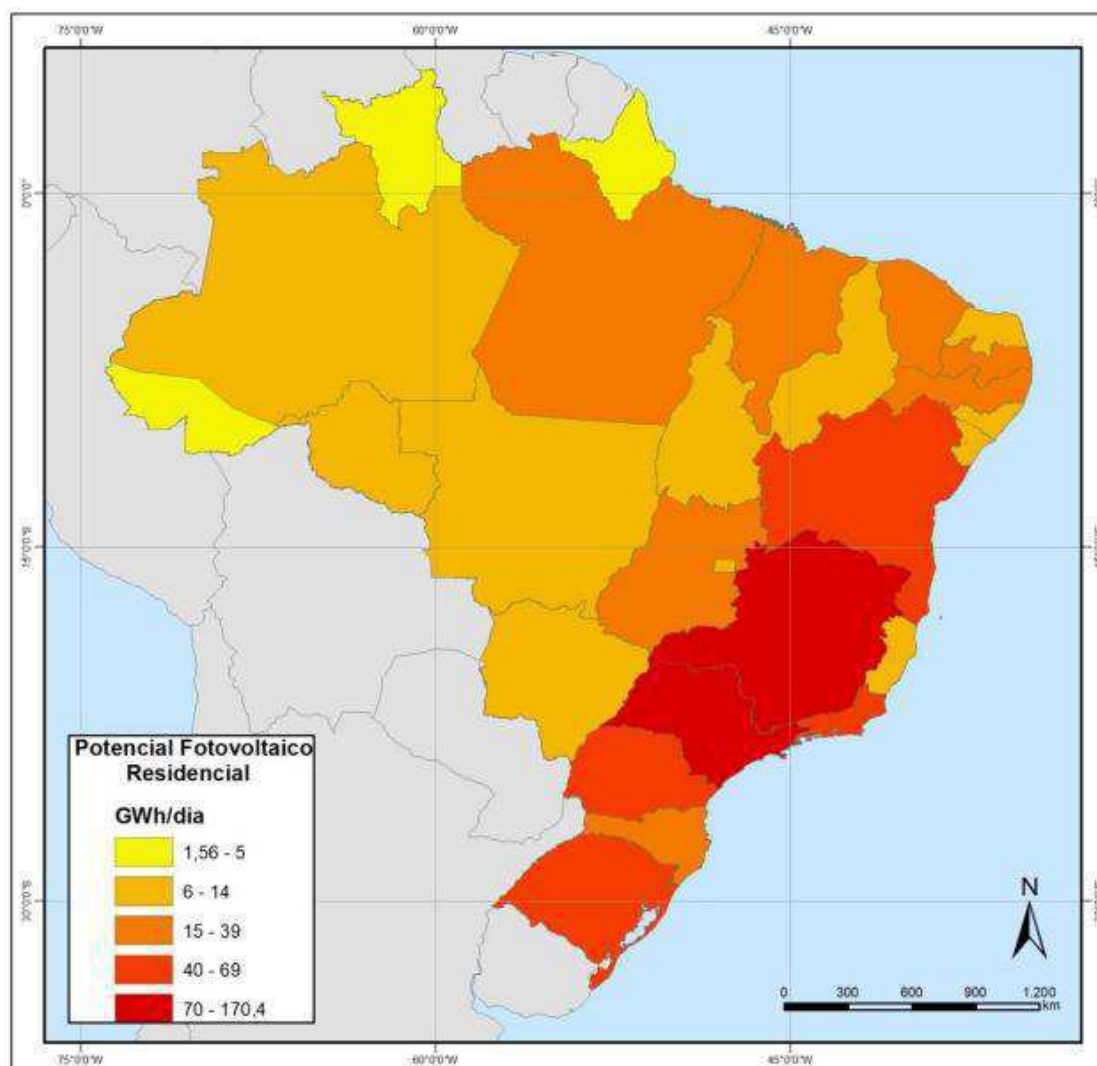


FIGURA 7: POTENCIAL TÉCNICO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM TELHADOS RESIDENCIAIS POR UNIDADE DA FEDERAÇÃO (LANGE, 2012).

As áreas de maior incidência de Irradiação Global Horizontal (IGH) estão localizadas majoritariamente no interior da Bahia e na parte central da região Nordeste do país, além de também estarem presentes no Centro-Oeste, e em grande parte do interior do Sudeste, assim como algumas áreas escassas da região Norte. Porém, os maiores potenciais de geração distribuída estão nas regiões mais povoadas do país, onde uma possível menor irradiação é preferível pelo maior número de domicílios e, conseqüentemente, maior área de telhados.

Porém, o mapa anterior, que traz os valores absolutos, pode acabar sugerindo que alguns estados ou municípios não apresentam condições favoráveis ao aproveitamento fotovoltaico, visto que a divisão feita foi por federação. Um mapa adicional, que relaciona o potencial fotovoltaico e o consumo de eletricidade residencial por município esclarece melhor a questão. Teoricamente, todos os estados teriam condição de suprir seu consumo elétrico residencial de forma integral com o advento da energia fotovoltaica.

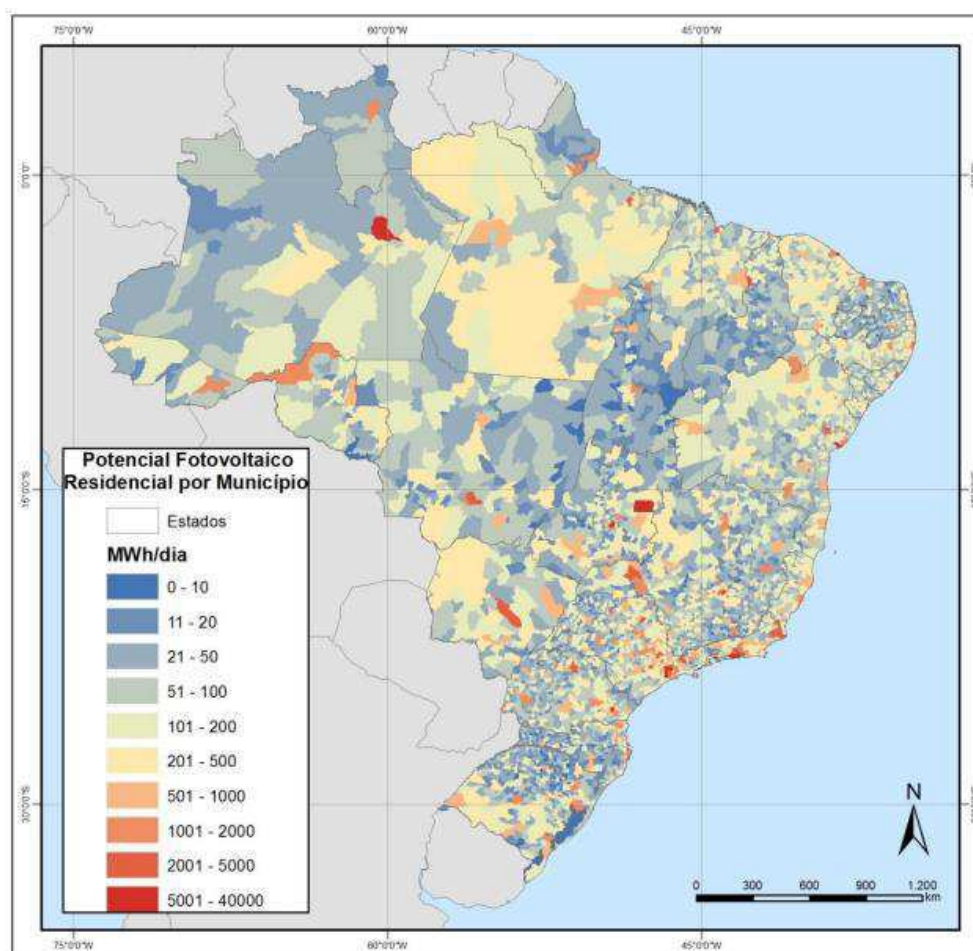


FIGURA 8: POTENCIAL TÉCNICO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM TELHADOS RESIDENCIAIS POR MUNICÍPIO (MWH/DIA) (EPE, 2014).

TABELA 2: POTENCIAL TÉCNICO FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL (EPE, 2014).

UF	Potencial Fotovoltaico Residencial (MW _{méd})	Potencial Fotovoltaico Residencial (GWh/ano)	Consumo Residencial Anual (GWh)	Potencial Fotovoltaico/Consumo Residencial
São Paulo	7.100	62.196	37.783	160%
Minas Gerais	3.675	32.193	10.118	318%
Rio de Janeiro	2.685	23.521	12.833	183%
Bahia	2.360	20.674	6.144	337%
Rio Grande do Sul	1.970	17.257	7.750	223%
Paraná	1.960	17.170	6.986	246%
Ceará	1.430	12.527	3.751	334%
Pernambuco	1.410	12.352	4.563	271%
Goiás	1.220	10.687	3.958	270%
Santa Catarina	1.075	9.417	4.935	191%
Maranhão	1.020	8.935	2.563	349%
Pará	1.020	8.935	2.632	339%
Paraíba	655	5.738	1.603	358%
Espírito Santo	595	5.212	2.213	236%
Mato Grosso	570	4.993	2.182	229%
Rio Grande do Norte	555	4.862	1.805	269%
Piauí	555	4.862	1.328	366%
Mato Grosso do Sul	505	4.424	1.571	282%
Alagoas	505	4.424	1.227	361%
Amazonas	420	3.679	1.784	206%
Distrito Federal	410	3.592	2.191	164%
Sergipe	350	3.066	979	313%
Rondônia	265	2.321	1.084	214%
Tocantins	255	2.234	695	321%
Acre	110	964	373	258%
Amapá	80	701	500	140%
Roraima	65	569	345	165%
Brasil	32.820	287.505	124.896	230%

De acordo com a tabela anterior, tem-se o potencial fotovoltaico residencial de cada federação comparado com o seu consumo. Conclui-se através do comparativo final que o Brasil como um todo tem um potencial 2,3 vezes maior que o seu próprio consumo (EPE, 2014). Apesar de ser uma situação utópica, constata-se que área não é um fator limitante para a inserção em massa de sistemas fotovoltaicos para geração distribuída no

país. Vale salientar que o crescimento populacional ligado ao incremento do número de domicílios e o avanço tecnológico dos sistemas fotovoltaicos elevarão o potencial estimado.

4.2 POTENCIAL ECONÔMICO

Até recentemente, a tecnologia fotovoltaica estava associada a vários desafios tecnológicos, entre eles as limitações de performance do BOS (Balance of System), a falta de escala na indústria de produção, e diversas dúvidas a respeito da adequação dos materiais de fornecimento, além dos mais óbvios problemas relativos aos altos custos do negócio. No entanto, este cenário mudou rapidamente com os investimentos diretos feitos na energia solar fotovoltaica. Alguns fatores contribuíram para essas alterações, dentre eles a rápida redução de custos devido aos subsídios, pesquisas empregadas e mudanças estruturais na indústria de energia. A maior preocupação acerca de segurança energética, dada a abundância desta fonte, e preocupações acerca das mudanças climáticas também impulsionaram esse desenvolvimento.

No cenário internacional, embora a capacidade instalada ainda possa ser considerada pequena, em relação à totalidade da matriz elétrica mundial, observa-se forte crescimento da fonte. De acordo com IEA (2016), a capacidade instalada mundial até 2015 é de 228 GWp, dos quais 50,7 GWp foram instalados apenas em 2015. Esta expansão acaba acarretando na redução de custos da tecnologia promovendo ainda mais o crescimento da tecnologia, e por consequência, da capacidade instalada.

A IEA prevê um crescimento da capacidade instalada de tecnologia fotovoltaica como mostrado na Figura 9, com uma meta de 280 GW em 2020, representando expansão média anual 26% ao ano neste período. Talvez essa meta seja facilmente batida, visto que o crescimento em 2015 foi de 26.5%.

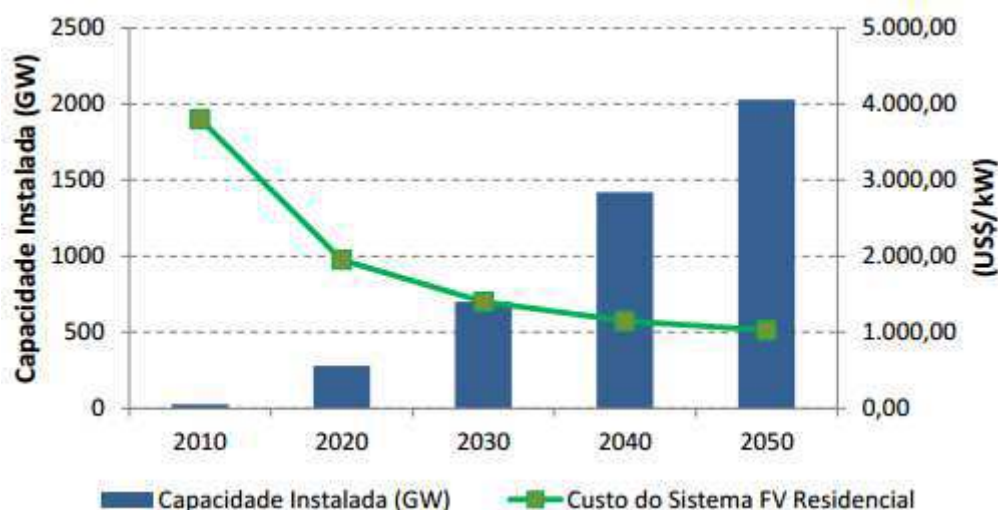


FIGURA 9: PROJEÇÃO DO CRESCIMENTO DA CAPACIDADE INSTALADA E SEUS CUSTOS ATÉ 2050 (EPE, 2014).

A crescente expansão do mercado da energia fotovoltaica contribui para a contínua redução de custos da fonte, como vem sendo constatado nos últimos anos. Uma taxa de aprendizagem pode ser estimada para mensurar com que velocidade os custos tendem a cair dado o aumento de capacidade acumulada. Segundo IEA (2010), essa taxa aplicada para sistemas fotovoltaicos varia entre 15% e 22%, então para os estudos feitos, adota-se uma redução de 18%. Isto significa que a cada vez que a produção acumulada dobra, os custos reduzem em 18%. Estima-se ainda que entre 2010 e 2020 haverá decréscimo de mais de 40% do custo de instalação dos sistemas fotovoltaicos, como explicitado na Tabela 3.

TABELA 3: PERSPECTIVA INTERNACIONAL DE LONGO PRAZO PARA A QUEDA DOS CUSTOS DE INSTALAÇÃO DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS. (IEA, 2010)

	Custo do Sistema			2010-2020		2020-2030	
	(USD/kWp)			Custo de Instalação	Decréscimo % a.a.	Custo de Instalação	Decréscimo % a.a.
	2010	2020	2030				
Residencial	3.800	1.950	1.400	-48,7	6,45%	-28,2%	3,3%
Comercial	3.400	1.825	1.300	-46,3%	6,03%	-28,8%	3,3%
Planta Centralizada	3.100	1.400	1.100	-54,8%	7,64%	-21,4%	2,4%

A redução projetada pela IEA também pode se ajustar no Brasil, contanto que o potencial de mercado aqui existente para essa tecnologia se faça viável. No entanto, o

desenvolvimento de uma indústria nacional de equipamentos fotovoltaicos provavelmente estará atrelado a políticas de incentivos capazes de instalar um parque industrial, que além dos benefícios de redução de custos, trará uma maior agregação de valor à indústria nacional. Vale destacar também o impulso na geração de empregos, que pode ser avaliada tanto localmente, nas fases de construção e operação das plantas fotovoltaicas, quanto numa escala nacional considerando toda a cadeia da indústria. Segundo dados da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), entre 25 e 30 empregos diretos são viabilizados a cada 1 MW de energia solar fotovoltaica instalada, seja ela centralizada ou distribuída.

A implantação desses empreendimentos acaba gerando diversas oportunidades de emprego para a população. Outras implicações do investimento na área são o aumento na renda por meio do arrendamento de terras, o incremento de alguns segmentos da economia e a ampliação da arrecadação de impostos. Dado que grande parte das cidades que devem receber as plantas fotovoltaicas fazem parte da região do semiárido nordestino, que apresenta um baixo desempenho nos indicadores socioeconômicos principalmente no setor energético, todo o incentivo é importante para o desenvolvimento da economia local.

Considerando toda a cadeia de produção da indústria fotovoltaica, desde a indústria de silício, o benefício gerado socioeconomicamente é obtido com a geração de empregos qualificados, treinamentos, o desenvolvimento de um parque industrial competitivo internacionalmente e a criação de uma cadeia de serviços. Por fim, estima-se, para o decênio, que 22.700 empregos diretos serão criados nas fases de implantação e operação, e que a relação da área das plantas fotovoltaicas por potência instalada será de 0,03 km² por MW (EPE, 2015).

4.3 POTENCIAL MERCADOLÓGICO

Segundo os estudos feitos pela EPE (2016), no relatório de Demanda de Energia 2050, estima-se que a geração distribuída fotovoltaica atinja uma capacidade instalada de aproximadamente 78 GWp em 2050, de acordo com a Figura 10. Como será verificado adiante, sob outras análises, esta tecnologia deve se ir tornando-se cada vez mais economicamente atrativa para os consumidores ao longo das próximas duas décadas. No entanto, o grande crescimento está previsto para acontecer depois da década de 2030, num

cenário onde a geração fotovoltaica distribuída já esteja consolidada no mercado, com baixos custos e acessível ao grande público através de diferentes modelos de negócio, ao passo que o consumidor já esteja familiarizado com o conceito de gerar sua própria energia.

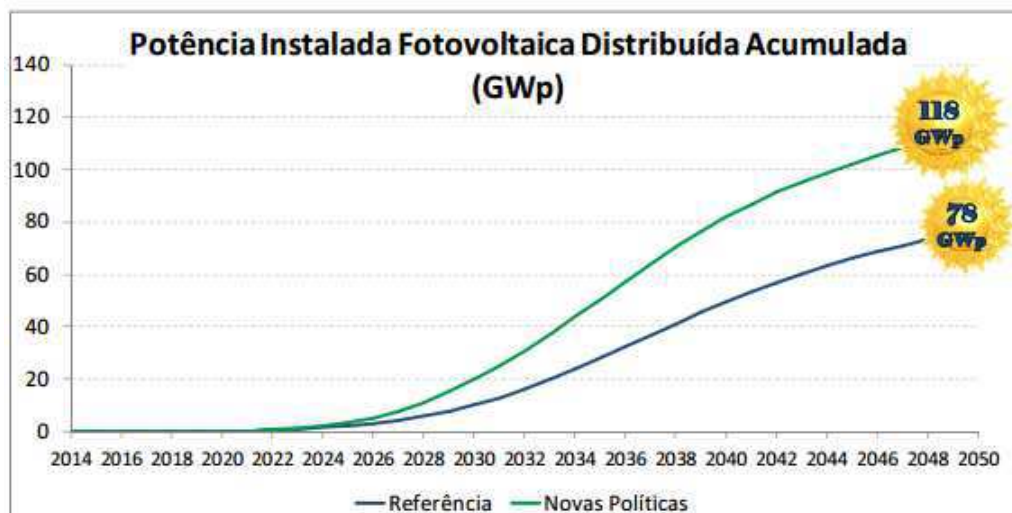


FIGURA 10: PROJEÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA FOTOVOLTAICA DISTRIBUÍDA NO LONGO PRAZO. (EPE, 2016)

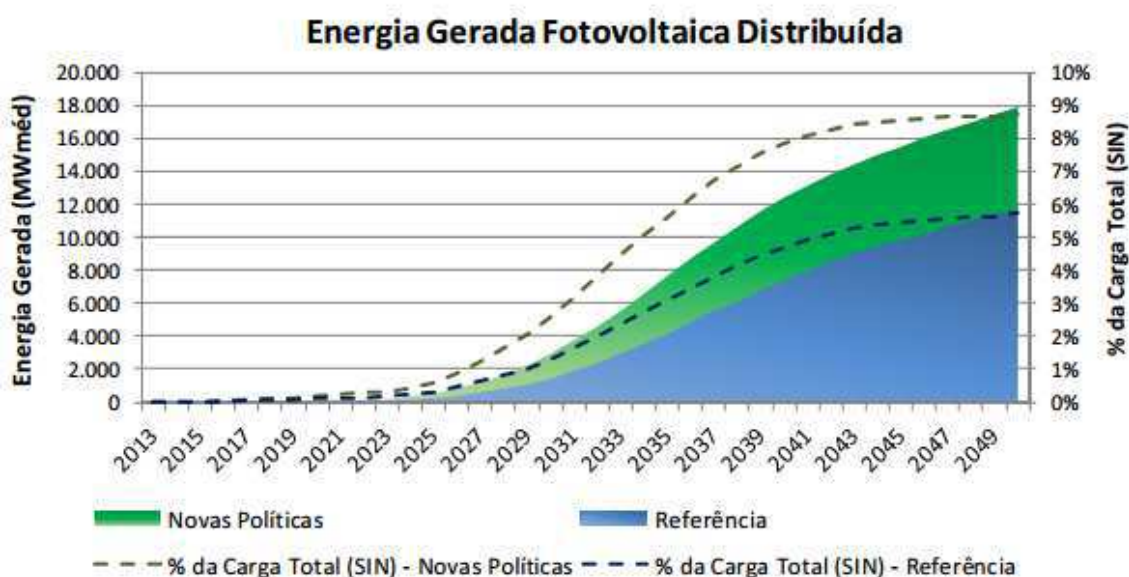


FIGURA 11: PROJEÇÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA DISTRIBUÍDA. (EPE, 2016)

Segundo a projeção internacional feita pelo IEA (2010), 6,5% da geração total de energia mundial será via energia fotovoltaica distribuída em 2050. Na Figura 11, pode-se constatar a projeção feita pelo cenário brasileiro que alcança quase 12 GW médios no

mesmo período, correspondendo a 5,7% da projeção da demanda total de energia elétrica ao Sistema Integrado Nacional (SIN) no mesmo ano. Para que a trajetória “Novas Políticas” se concretize, é necessário um comprometimento do governo em priorizar a inserção dessa energia na matriz elétrica, criando mecanismos de estímulo à adoção desta alternativa energética, principalmente direcionado ao grande público. Com esses incentivos, atinge-se 118 GWp de potência instalada, gerando 18 GW médios de eletricidade, o que corresponderia a 8,7% da carga do SIN.

TABELA 4: PROJEÇÕES DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA FOTOVOLTAICA. (EPE, 2016)

	Referência				Novas Políticas			
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Potência Instalada(GWp)	0.5	10	50	78	1	20	82	118
Energia Gerada (MWméd)	78	1.523	7.466	11.797	153	3.001	12.511	18029
% da Carga Total (SIN)	0,1%	1,3%	4,7%	5,7%	0,2%	2,6%	7,9%	8,7%

4.3.1 ANÁLISE DA COMPETITIVIDADE DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Um estudo relativo à competitividade da geração fotovoltaica distribuída foi realizado pela EPE, com metodologia sugerida pelo EPIA. Foi feito com base na estimativa do custo da geração, expresso em R\$/MWh, comparado com os valores da tarifa paga pelo consumidor à concessionária. Considerando as aplicações residenciais e comerciais, de baixa tensão, considera-se tarifa o valor final pago pelo consumidor, isto é, incluídos os impostos que incidem sobre a tarifa básica homologada pela ANEEL.

Foram considerados diversos parâmetros de cálculo, dentre eles que a vida útil das instalações seria de 20 anos, com exceção dos inversores que durariam 10 anos. Também foram acrescentadas despesas operacionais relativas ao custo anual de operação e manutenção que equivaleria a 1% do custo de investimento. Outros parâmetros técnicos considerados foram: prazo de construção do investimento de 3 meses (em média); perda de eficiência dos painéis numa velocidade de 0,65% ao ano, e consequente diminuição da energia produzida; fator de capacidade a 15,1%. O custos calculados encontram-se na Tabela 5.

TABELA 5: COMPETITIVIDADE DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA - CUSTO NIVELADO DA GERAÇÃO. (EPE, 2012)

Aplicação	Potência (kWp)	Investimento Inicial (R\$ mil)	Custo nivelado de geração (R\$/MWh)
Residencial	5	38	602
Residencial	10	69	541
Comercial	100	591	463
Industrial	1000	5.185	402

Em comparativo, presente na Tabela 6, tem-se os valores médios regionais das tarifas, incluindo as taxações de PIS/COFINS e ICMS, possibilitando uma visão geral dos níveis tarifários nos setores residencial, comercial e industrial.

TABELA 6: TARIFAS HOMOLOGADAS PELA ANEEL - VALORES MÉDIOS REGIONAIS EM 2011 (R\$/MWH) (EPE, 2012)

Setor	Mínimo	Máximo	Média
Residencial	444	464	457
Comercial	387	443	406
Industrial	318	432	336

Considerando a aplicação residencial, as tarifas das distribuidoras consideradas individualmente (para faixa de consumo de 500 kWh/mês), mostra que a tarifa final das 63 concessionárias de distribuição podem variar entre R\$240/MWh e R\$709/MWh. No início de 2011, 10 concessionárias tinham tarifas homologadas superiores ao custo nivelado de geração calculado para aplicações de 5kWp (R\$602/MWh), entre elas Energisa Minas Gerais (Minas Gerais), Cemar (Maranhão), Cepisa (Piauí), Ampla (Rio de Janeiro) e Cemig (Minas Gerais). Acima do custo nivelado de geração calculado para aplicações de 10kWp (R\$541/MWh) somam-se a essas mais 18 concessionárias (totalizando 28 empresas), destacando-se Coelba (Bahia) e Coelce (Ceará) (EPE, 2012).

Com base nessa estimativa, a geração fotovoltaica para aplicação residencial é competitiva em alguns Estados. Esses resultados se referem a uma avaliação estritamente econômica, de forma que será possível também encontrar outras opções via

financiamento e incentivos fiscais que poderiam ampliar a faixa de competitividade da geração fotovoltaica na aplicação residencial.

No que diz respeito às aplicações comerciais, temos uma tarifa nominalmente mais baixa, cerca de 89% da tarifa média residencial em 2011. Por outro lado, o custo médio da geração fotovoltaica estimado nesta nota técnica é, na aplicação comercial, 86% do custo calculado para a aplicação residencial. Com isso, o custo médio da geração fotovoltaica na aplicação comercial tende a ser relativamente mais reduzido, o que significa que permaneceram válidas para esse caso as conclusões indicadas no caso da aplicação residencial quanto à competitividade da fonte fotovoltaica distribuída.

No caso industrial, é necessário considerar que o maior porte das instalações de geração fotovoltaica industrial tende a acarretar valores relativamente menores do custo nivelado de geração quando comparados com os casos residencial e comercial. Porém, há uma maior diversidade de situações tarifárias na indústria e, por consequência, não é possível se antecipar conclusões com base na simples comparação de valores médios.

4.3.1.1 IMPACTO DO FINANCIAMENTO

Para viabilizar projetos, um dos principais instrumentos utilizados é a concessão de condições especiais de financiamento. Dessa forma, por possibilitar um menor desembolso de capital próprio inicial por parte do empreendedor, condições especiais de financiamento incentivam uma maior quantidade de empreendedores a investir.

Neste contexto, admitiu-se que as instalações residenciais seriam financiadas em até 80% nas condições oferecidas pelo programa PROESCO. De acordo com o sítio do BNDES, a taxa de juros associada a esta modalidade de empréstimo é composta pelo custo financeiro (TJLP=6%), Remuneração Básica do BNDES (0,9% a.a.) e taxa de risco de crédito (no máximo de 3,57% a.a.) (ABESCO, 2015). Assim a taxa de juros total nominal associada a este tipo de empréstimo resultaria da ordem de 9% a.a. ou, cerca de 4% a.a. em termos reais. Aplicando-se essa condição de financiamento, obtêm-se os valores da tabela a seguir.

TABELA 7: IMPACTO DO FINANCIAMENTO DIFERENCIADO SOBRE O CUSTO NIVELADO.
(EPE, 2012)

Aplicação	Potência (kWp)	Custo nivelado de geração (R\$/MWh)	
		Caso base	Com financiamento
Residencial	5	602	586
Residencial	10	541	526
Comercial	100	463	450
Industrial	1000	402	390

O custo nivelado da geração própria cai em média cerca de 3% com esse financiamento, e o custo é reduzido em até 16 R\$/MWh. Este tipo de incentivo viabilizaria a aplicação residencial de 5 kWp, além das dez já contempladas, em mais sete distribuidoras, dentre as quais a Coelce (Ceará), a RGE (Rio Grande do Sul) e a CEMAT (Mato Grosso), e que juntas consumiram 6.804 GWh em 2011. Já a aplicação residencial de 10 kWp, também seria viabilizada em mais cinco distribuidoras, entre elas a Light (Rio de Janeiro), a Elektro (São Paulo) e a Celpa (Pará). De fato, estima-se que esta medida viabilizaria as aplicações de 10 kWp em 33 distribuidoras, concentrando 42% do consumo residencial nacional, como mostrado na Figura 12.

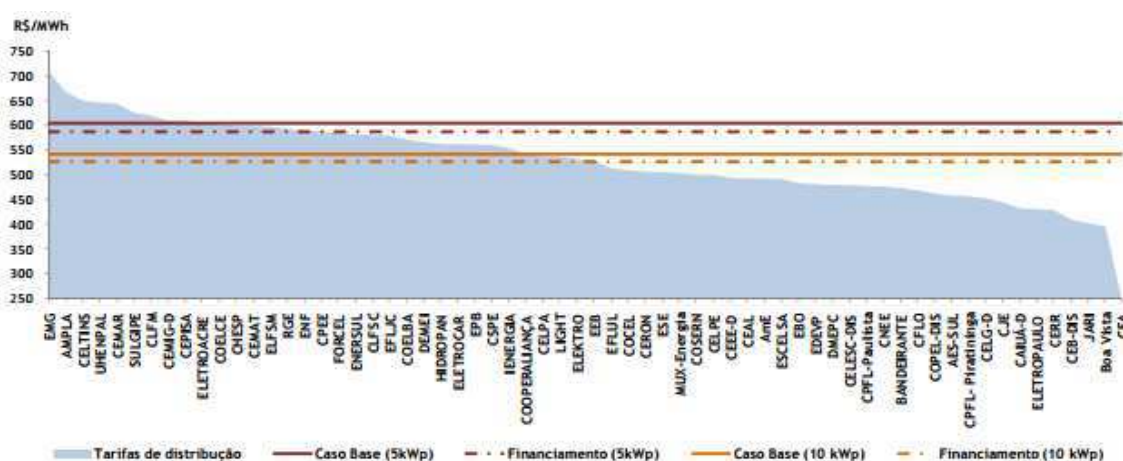


FIGURA 12: CUSTO NIVELADO DE GERAÇÃO E A PARIDADE COM AS TARIFAS DOS CONSUMIDORES RESIDENCIAS VIA IMPACTO DO FINANCIAMENTO (EPE, 2012).

O Fundo Clima um possui financiamento mínimo de 3 milhões de reais voltado para projetos de maior porte. A taxa de juros para este tipo de financiamento é composta de custo financeiro (1,1% a.a), remuneração básica do BNDES (0,9% a.a) e taxa de risco

de crédito (no máximo 3,57% a.a.), ou seja, taxas nominais de aproximadamente 5% ou reais próximas de zero. (Ministério do Meio Ambiente, s.d.)

Empréstimo no geral é viável para a indústria e comércio, logo para viabilizar a tecnologia para o consumo residencial, é necessário promover linhas específicas de financiamento para pessoas físicas e/ou pequenos investidores, através de acesso público.

4.3.1.2 ISENÇÃO NO IMPOSTO DE RENDA

Na análise de isenção no imposto de renda, foram simuladas condições onde a parcela do investimento suscetível ao incentivo fica em torno de 30%, e o período em que o benefício se mantém seria até dois primeiros anos após o investimento. Esse valor escolhido foi baseado do Departamento de Energia dos Estados Unidos que fornece incentivos de até 30% de desconto para residências que investem em energia solar, térmica ou geotérmica.

A simulação aponta que este tipo de incentivo é capaz de impactar significativamente o custo nivelado de geração, reduzindo-o em aproximadamente 23% em relação ao caso base avaliado. Para os casos em que já houvesse competitividade, esta medida resultaria em uma elevação de 4,7 % no retorno sobre o capital próprio investido, que passa de 6,0% a 10,7%, em termos reais. (EPE, 2012)

TABELA 8: IMPACTO DO INCENTIVO NO IMPOSTO DE RENDA SOBRE O CUSTO NIVELADO. (EPE, 2012)

Aplicação	Potência (kWp)	Custo nivelado de geração (R\$/MWh)	
		Caso base	Com incentivo IR
Residencial	5	602	465
Residencial	10	541	418
Comercial	100	463	357
Industrial	1000	402	309

A redução no imposto de renda se mostra como uma das medidas mais eficazes na competitividade da energia fotovoltaica na geração distribuída, visto que na aplicação residencial com potência de 5 kWp, haveria paridade tarifária em 51 das 63 distribuidoras, representando aproximadamente 70% do consumo residencial nacional. Enquanto que na aplicação residencial de potência de 10 kWp, o custo de 418 R\$/MWh, só não alcança

quatro distribuidoras, viabilizando inclusive na área de concessão da Eletropaulo, maior mercado residencial do país em 2011. Verifica-se tais cenários na Figura 13 (EPE, 2012).

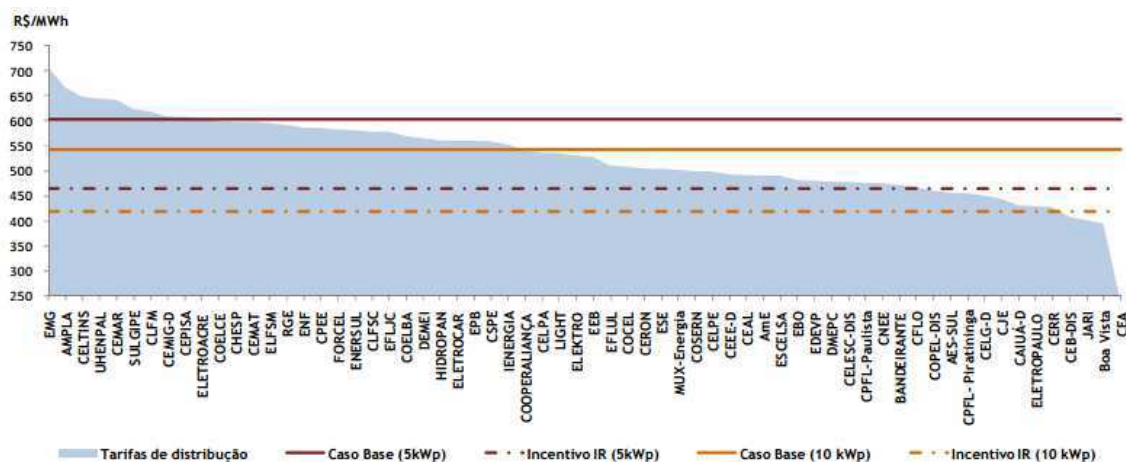


FIGURA 13: CUSTO NIVELADO DE GERAÇÃO E A PARIDADE COM AS TARIFAS DOS CONSUMIDORES RESIDENCIAIS VIA ISENÇÃO NO IMPOSTO DE RENDA (EPE, 2012)

4.3.2 ANÁLISE DA COMPETITIVIDADE DA GERAÇÃO CENTRALIZADA

O custo de investimento, com potência maior ou igual a 1,0 MW, pode ficar na faixa de 4.000 – 6.000 R\$/kWp instalado. Essa faixa corresponde a valores internacionais referentes dos anos 2010 e 2011, sendo a composição do custo estimada em cerca de 55% para os módulos, 10% para os inversores e 35% para os demais componentes (EPE, 2014).

O preço estimado, então, para a energia solar fotovoltaica centralizada oscila na ordem de 400 R\$/MWh. Ainda que seja considerada uma redução nos custos de investimento, para valores da ordem de 4.000 R\$/kWp, mantidos os demais parâmetros de cálculo, os preços permanecem em níveis da ordem de 300 R\$/MWh. Esses valores são significativamente altos em relação aos verificados nos últimos leilões de energia nova para o Ambiente de Contratação Regulado – ACR (na faixa aproximada de R\$95 e R\$110 por MWh), ou mesmo em relação ao Valor-Referência – VR para contratação pelas distribuidoras (da ordem de R\$ 151/MWh em 2011). Dessa forma, existe uma dificuldade para que esta fonte se torne competitiva no curto prazo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O primeiro passo firme dado para aproveitar o imenso potencial de geração solar fotovoltaica no Brasil foi a REN 482/2012 da ANEEL, comprovando-se como uma das iniciativas mais efetivas para começar a fomentar e viabilizar, do ponto de vista regulatório, a inserção da geração fotovoltaica distribuída pela parcela majoritária da população. Com a REN 687/2015 houveram avanços na regulamentação, porém alguns impedimentos principalmente em relação à taxaço de impostos e ao aproveitamento de créditos energético ainda estão sendo, aos poucos, superados com medidas tangenciais realizadas pelo governo, como a isenço de diversos impostos em setores direta ou indiretamente ligados ao desenvolvimento da energia fotovoltaica.

Em sequêcia, aconteceram os Leilões de Energia de Reserva exclusivos da fonte solar fotovoltaica, ou seja, sem concorrência com outras fontes de energia. Essa medida foi uma declaração bastante importante do governo que demonstra o interesse de fato em inserir tal fonte na matriz elétrica nacional. Apesar de não ser um investimento direto na geração distribuída, esse tipo de leilão acaba gerando um efeito positivo ao grande público consumidor, uma vez que gera não só a redução de custos generalizada no setor, como produz mão de obra especializada e renda em todo o país. É necessário que indústrias de equipamentos e componentes para sistemas fotovoltaicos se desenvolvam localmente, mesmo que lentamente, substituindo a importação de tais produtos.

O princípio da geração distribuída está justamente no fato de que os consumidores podem gerar sua energia, compensar o que recebem das distribuidoras, com a garantia de que estão usando energia renovável, e barateando seus custos próprios. Apesar do investimento para gerar sua própria energia estar cada dia mais baixo, o capital inicial necessário para tal feito, atualmente, em cerca de R\$ 27 mil (estimativas do MME) para uma residência média, torna tal aplicação inviável para a absoluta maioria dos brasileiros. Uma alternativa que pode ajudar a contornar a necessidade do investimento inicial, e com isso facilitar a implantação do sistema solar é a modalidade *leasing*.

Além de exigir um alto valor de disponibilidade de capital, o investimento só retorna totalmente ao consumidor em geral no décimo ano de utilização. Isso faz com que, do ponto de vista do investidor, a geração para autoconsumo seja comparada com outras aplicações que exijam menor capital inicial e possuam um tempo de retorno

financeiro menor. Nas condições atuais, apenas a parcela mais rica da população teria acesso a geração própria, porém uma proposta interessante seria a inclusão dos sistemas de geração fotovoltaica em programas de habitação, tanto do Governo Estadual como do Governo Federal, por exemplo, o programa Minha Casa Minha Vida, com taxas especialmente reduzidas.

Uma das grandes falhas das análises feitas é na disseminação de informação até o público consumidor. Além de criar políticas públicas de incentivos e isenções, e viabilizar o investimento via linhas de financiamento, é necessário também realizar a propaganda da tecnologia para realizar a devida difusão. A realização de campanhas de conscientização da sociedade brasileira é essencial, para mostrar de forma clara e direta os benefícios da geração distribuída. Muitas ferramentas explicativas e acessíveis já foram criadas pelo Instituto Ideal, porém precisam do devido impulso. Outro importante fator a ser considerado é que a qualidade da mão de obra na área ainda é deficiente, o que leva o investidor a indagar sobre a manutenção dos equipamentos fotovoltaicos.

Outra lacuna a ser preenchida é o investimento em pesquisa e desenvolvimento de tecnologia fotovoltaica brasileira. Reduzir os custos de importação é fundamental para a difusão no patamar que o Brasil se encontra, no entanto, só haverá uma dissociação da dependência externa quando forem utilizadas as características naturais, como as reservas de quartzo de qualidade que representam uma importante vantagem competitiva para a produção de silício com avançado grau de pureza, células e módulos solares. Todos esses produtos possuem um alto valor associado e tem potencial para gerar receita, trazendo a possibilidade do Brasil tornar-se um exportador, ao invés de importador, principalmente diante da posição geográfica e de mercado do país. Investimento em pesquisa sempre tem um demorado tempo de retorno estimado, porém o governo só estaria praticando exatamente o que ele propõe para o consumidor que deseja praticar autogerarção, e utilizando a mesma experiência internacional que investe não somente na redução dos custos associados, como na criação de tecnologia fotovoltaica nacional.

Durante a concepção dessa análise, a experiência internacional foi bastante utilizada como referência ao caso brasileiro. É natural que surjam comparações principalmente relativas às projeções de outros países, já que temos indicadores bem inferiores às capacidades instaladas em países como EUA, China, Japão, Reino Unido e tantos outros países. No entanto, vale lembrar que a matriz energética desses países é majoritariamente baseada em combustíveis fósseis, o que acaba levando os incentivos nas fontes renováveis, visando reduzir as emissões e trazer opções futuras para uma matriz

energética sustentável. Enquanto isso, a matriz brasileira é predominantemente renovável, especialmente a matriz elétrica, e de acordo com as estimativas propostas pelo plano decenal haverá a continuidade deste domínio, porém há uma dependência de um nível estável de chuvas para manter seus reservatórios a níveis satisfatórios. Mesmo assim, a projeção de investimentos do governo na inserção da energia solar fotovoltaica na matriz energética nacional é conservadora se comparado com o predomínio da energia hidrelétrica.

No entanto, para que o mercado mantenha um crescimento estável, além de superar a infraestrutura de transmissão e as barreiras de custo de capital mencionadas anteriormente, o Brasil deve continuar estabelecendo políticas e encorajando quadros com taxações menos rígidas e uma menor dependência de empréstimos do BNDES, permitindo a entrada de capital financeiro estrangeiro que impulse o crescimento e desenvolvimento da tecnologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABESCO. (21 de Fevereiro de 2015). *PROESCO*. Fonte: ABESCO: <http://www.abesco.com.br/pt/a-proesco/>

ANEEL. (2012). *Resolução Normativa N° 482*. Brasil: ANEEL.

ANEEL. (2015). *Resolução Normativa N° 687*. Brasil: ANEEL.

ANEEL. (1 de Maio de 2016). *Cadernos Temáticos ANEEL - Micro e Minigeração Distribuída*. Fonte: ANEEL:
<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>

CRESEB CEPEL. (23 de Janeiro de 2016). *Atlas Solarimétrico do Brasil*. Fonte: Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL / ELETROBRAS:
http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Atlas_Solarimetrico_do_Brasil_2000.pdf

EPE. (2012). *Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Brasileira*. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia.

EPE. (2014). *Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil - Condicionantes e Impactos*. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia.

EPE. (2016 de Setembro de 2015). *Plano Decenal de Expansão de Energia 2024*. Fonte: Empresa de Pesquisa Energética:
<http://www.epe.gov.br/PDEE/Relat%C3%B3rio%20Final%20do%20PDE%202024.pdf>

EPE. (2016). *Demanda de Energia 2050*. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia.

Greenpeace. (2013). *[r]evolução energética - a caminho do desenvolvimento limpo*. Fonte: Greenpeace:
http://www.greenpeace.org/brasil/Global/brasil/image/2013/Agosto/Revolucao_Energetica.pdf

IEA. (2010). *Technology Roadmap : Solar photovoltaic energy. Organization for Economic Cooperation & Development*. Paris: International Energy Agency.

IEA. (14 de Janeiro de 2016). *Trends 2016 in Photovoltaic Applications*. Fonte: International Energy Agency - Photovoltaic Power Systems Programme: http://www.iea-pvps.org/index.php?id=3&eID=dam_frontend_push&docID=3390

Lange, W. J. (2012). *Metodologia de mapeamento da área potencial de telhados de edificações residenciais no Brasil para fins de aproveitamento energético fotovoltaico*.

Ministério de Minas e Energia. (15 de Dezembro de 2015). *Brasil lança Programa de Geração Distribuída com destaque para energia solar*. Fonte: Ministério de Minas e Energia:
http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/programa-de-geracao-distribuida-preve-movimentar-r-100-bi-em-investimentos-ate-2030

Ministério de Minas e Energia. (29 de Agosto de 2016). *Geração distribuída: 21 UFs já aderiram a convênio que isenta ICMS*. Fonte: Ministério de Minas e Energia:
http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/geracao-distribuida-21-ufs-ja-aderiram-a-convenio-que-isenta-icms

Ministério do Meio Ambiente. (s.d.). *Fundo Nacional sobre Mudança do Clima*. Fonte: Ministério do Meio Ambiente: <http://www.mma.gov.br/clima/fundo-nacional-sobre-mudanca-do-clima>

NREL. (2010). *A Framework for State-Level Renewable Energy Market Potential Studies*. Golden, Colorado (EUA): National Renewable Energy Laboratory.