Recebido: 21/08/2018
Aprovado: 08/01/2019

A Importância de Incentivos Governamentais para Aumentar o Uso da Energia Solar

The Importance of Governmental Incentives to Increase the Use of Solar Energy

Monise Fernanda Maciel Melin[1]- Universidade Federal do Triângulo Mineiro
Flávia de Castro Camioto[2]- Universidade Federal do Triângulo Mineiro

RESUMO

A produção de energia renovável vem crescendo em todo o planeta tendo como um dos objetivos atender a demanda crescente da população e cumprir o compromisso firmado na 21ª Conferência das Partes. Nesta, os países se comprometeram a reduzir a emissão de gases do efeito estufa, causada por fontes tradicionais como a queima do carvão, e assim manter a temperatura média global inferior a 2ºC. Diante desse cenário, a energia solar tem obtido grande foco por ser uma energia limpa, abundante e pouco explorada em todo o planeta. O Brasil recebe irradiação suficiente para atender toda a demanda do país somente com esta fonte, mas devido ao investimento inicial, não tem atraído a população a instalar os sistemas fotovoltaicos. Logo, o trabalho discutiu a importância dos incentivos governamentais para que haja um aumento efetivo da produção de energia solar fotovoltaica no Brasil. Para isso, países líderes nesta geração, como China, Japão, Alemanha e Estados Unidos foram estudados, observando o crescimento antes e depois das políticas implementadas, suas premissas e resultados, a fim de comparar com o que vem sendo feito no Brasil, um país com grande potencial de geração, mas que possui apenas 0,02% de sua energia produzida desta fonte. Averiguou-se que os incentivos aplicados atualmente no Brasil são de âmbito fiscal, e pouco se investiu em políticas de compra de energia ou mesmo subsídios efetivos para instigar a população, resultando no baixo crescimento de geração solar anual comparado aos países analisados.

***Palavras-chave**: Energia Solar. Incentivos Governamentais. Sistemas Fotovoltaicos. Compra de Energia. FiT. RPS.*

Editor Responsável: Prof. Dr. Hermes Moretti Ribeiro da Silva

ABSTRACT

Renewable energy production is growing across the globe to meet the growing demand of the population and to fulfill the commitment made at the 21st Conference of the Parties, where countries pledged to reduce the emission of greenhouse gases caused by traditional sources, such as the burning of coal, and thus keep the average global temperature rise below 2 ° C. Faced with this scenario, solar energy has received major attention, being a clean, abundant and little exploited energy on the planet. Brazil receives sufficient irradiation (sunlight) to meet all the country's demand using only this source, but due to the initial investment, it has not attracted the public to install the photovoltaic systems. Therefore, this work discussed the importance of government incentives for an effective increase in the production of photovoltaic solar energy in Brazil. To this end, leading countries in the use of solar energy , such as China, Japan, Germany and the United States, were studied, and the growth before and after the policies implemented as well as their premises and results were observed, in order to compare with what has been done in Brazil, a country with great potential for solar generation, but that uses only 0.02% of its energy produced from this source. It was found that the incentives currently applied in Brazil are fiscal, and little was invested in energy purchase policies or even effective subsidies to incentivize public use, resulting in low annual solar generation growth compared to the countries analyzed.

Keywords: Solar energy. Government Incentives. Photovoltaic systems. Purchase of Energy. FiT. RPS.

1. monise.melin@gmail.com; 2. R. Frei Paulino, 30 - Nossa Sra. da Abadia, Uberaba - MG, 38025-180, flaviacamioto@yahoo.com.br

MELIN, M.F.M.; CAMIOTO, F.C. A Importância de Incentivos Governamentais para Aumentar o Uso da Energia Solar. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 14, n. 5, p. 89 - 108, 2019.

1. INTRODUÇÃO

Após a Revolução Industrial, a evolução da tecnologia proporcionou grande aumento no uso de energia, resultando no aprimoramento da qualidade de vida nos países em desenvolvimento (GOLDEMBERG; VILLANUEVA, 2003). O uso de energia no planeta tornou-se uma preocupação constante, pois a escassez de terras, a necessidade de serviços ecossistêmicos e as demandas de geração de energia aumentam concomitantemente a nível mundial.

A energia solar é uma fonte promissora de fornecimento de energia eficiente, confiável e facilmente acessível que pode solucionar essa necessidade. Porém, está atrelada a variabilidade da radiação solar presente em sua superfície, além de sua topografia, clima e geografia, que é um dos principais obstáculos a adoção de energia solar, junto com a dificuldade de prever sua disponibilidade (ALMARAASHI, 2017).

A Terra recebe, anualmente, energia solar equivalente a 10 mil vezes o consumo mundial de energia no mesmo período. Esta energia pode ser utilizada como fonte de energia térmica ou ser convertida diretamente em energia elétrica. No Brasil sua maior incidência é no Nordeste, porém tem grande potencial em todo o país, que chega a 50 mil vezes o consumo nacional anual de energia (WANDERLEY; CAMPOS, 2013).

O uso de energia solar traz muitos benefícios, pois é uma fonte ilimitada de energia, está presente em todo o mundo, não produz ruídos ou gases, tem baixo impacto ambiental, seus módulos duram em torno de 30 anos, exigem manutenção mínima e ao final podem ser reciclados. Além disso, a potência instalada pode ser aumentada a qualquer hora, apenas incorporando módulos (WANDERLEY; CAMPOS, 2013).

Atualmente, existem muitos estudos sobre energia solar, mas seu maior foco é na geração fotovoltaica. O uso da energia fotovoltaica, além de contribuir para reduções significativas das emissões de gases de efeito estufa, proporcionará benefícios substanciais na segurança da disponibilidade energética e no desenvolvimento econômico (IEA, 2010). Torani, Rausser e Zilberman (2016) concluíram em sua pesquisa que a capacidade instalada dos sistemas fotovoltaicos solares aumentou 60% no mundo nos últimos cinco anos, devido a incentivos políticos para adoção destes sistemas.

No Brasil, em 2017, a Comissão de Finanças e Tributação aprovou o projeto de Lei 8322/14, do Senado, que isenta do imposto sobre importação os equipamentos e componentes de geração elétrica de fonte solar. Porém, pela proposta, a isenção somente será aplicada quando não houver similar nacional, o que ainda acarretará pouca competitividade neste setor.

Diante deste contexto, o presente estudo busca contribuir com a seguinte pergunta de pesquisa: Qual a importância dos incentivos públicos para incrementar o uso de energia solar nos países? Para isso, o presente trabalho apresenta como principal objetivo analisar estudos de casos do Brasil e dos países com maior potencial de produção de energia solar, em que incentivos foram aplicados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A energia solar consiste na luz e calor provenientes do sol, que chega em forma de irradiação solar e pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica para aquecimento de fluidos e geração de energia por sistemas solares, além de poder ser convertida diretamente em energia elétrica pelo uso de determinados materiais que causam o efeito fotovoltaico (ANELL, 2003).

O aquecimento solar da água possui um enorme potencial na economia de energia. Representa uma tecnologia ambiental que utiliza fontes limpas, abundantes e renováveis. O funcionamento do sistema consiste em um dispositivo que capta o calor por meio de coletores solares instalados em telhados. Dentro dos coletores existem tubos por onde circula a água que é aquecida e depois armazenada em um reservatório. O objetivo desses sistemas é aquecer a água utilizando diretamente o calor do sol, de forma simples, limpa e eficiente, poupando outros recursos como o gás natural, o carvão e a energia elétrica (VILLALVA; GAZOLI, 2012). Segundo as pesquisas realizadas por Medeiros *et al*. (2014) estima-se que 25% do total de energia elétrica consumida nas residências brasileiras é usada no aquecimento de água, o que torna a implementação desse sistema economicamente viável, reduz a necessidade de construção de obras de geração para suprir o aumento do consumo da energia elétrica e traz impactos ambientais benéficos com a diversificação da matriz energética.

O calor solar também pode ser empregado com a finalidade de produzir energia elétrica, a partir de sistemas termo solares, que também podem ser considerados um tipo de energia solar

térmica, porém com o propósito de gerar energia elétrica. Também conhecida como usinas térmicas, o sistema consiste na captação e concentração do calor do sol para aquecer o fluido, que é transportado até uma central geradora, onde é empregado para produzir vapor e acionar uma turbina acoplada a um gerador elétrico. Este é o tipo menos difundido de energia solar devido a sua complexidade e alto custo (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

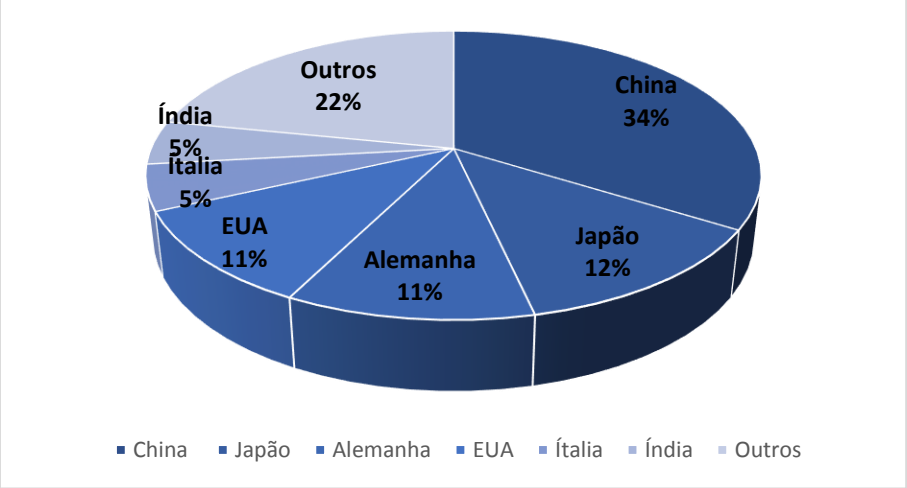
Outra forma de transformação da energia solar em energia elétrica é pelo efeito fotovoltaico. Este fenômeno ocorre quando a luz ou radiação eletromagnética do sol incide sobre uma célula composta de materiais semicondutores (ANEEL, 2003). Estas células são constituídas por duas camadas de material semicondutor, uma do tipo P e outra N, que geram uma diferença de concentração de elétrons, proporcionando uma barreira potencial no interior da estrutura da célula. Em circuito fechado, a barreira produzirá a formação da corrente elétrica. Atualmente, existem diversas tecnologias para a fabricação de células fotovoltaicas, sendo as mais comuns de silício monocristalino, silício policristalino e silício de filme fino, pois é um material abundante e barato. Várias células fotovoltaicas são agrupadas com outros elementos em série para formar painéis ou módulos e assim criar tensões mais elevadas (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

Os módulos podem ser utilizados em dois tipos de sistema. O primeiro se trata de sistemas fotovoltaicos autônomos, também chamados *Off-Grid*, que são comumente utilizados em locais não atendidos pela rede elétrica. É composto por um ou vários módulos conectados, um controlador de carga, que tem a função de controlar a vida útil da bateria; uma bateria, que armazena a energia produzida para quanto for necessária; e um inversor de corrente contínua para alternada. No segundo caso são sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica, *On-Grid*, com o objetivo de gerar eletricidade para o consumo local e mandar para a rede o excedente produzido. Estes sistemas podem ser instalados em usinas, indústrias, comércios e residências. O sistema *On-Grid* consiste em módulos fotovoltaicos, inversor especial para conexão com a rede, quadros elétricos e um medidor de energia. A eletricidade gerada é consumida no local ou enviada a rede para gerar créditos, o que explica a falta do uso das baterias (PALZ, 2002).

Considerando este contexto, vale analisar como a energia solar vem sendo adotada no planeta. A Figura 1 ilustra a capacidade da geração fotovoltaica dos principais países, na qual pode-se observar que atualmente, a China é o país que possui a maior potência instalada de

sistemas fotovoltaicos no mundo, seguida pelos Estados Unidos, Japão, Alemanha, Itália, Espanha e Índia que também possuem capacidades instaladas significativas, segundo o MME (2016). Estes países tradicionalmente utilizam fontes energéticas poluidoras, como as termoelétricas, e não seguras, como a nuclear. Diante do problema ambiental gerado por tais fontes, o uso de tecnologias mais caras começou a se tornar importante para a diversificação da matriz energética (MME, 2009).

Figura 1 - Geração de energia de fonte solar fotovoltaica por país



Fonte: *Renewable Capacity Statistics* (2018).

Os panoramas atuais de utilização de energia solar fotovoltaica foram estimulados por políticas governamentais, que fomentaram a diversificação de fontes de energia tradicionalmente utilizadas, buscando adotar um modelo energético sustentável, promovendo incentivos a indústria e barateando a tecnologia. Estes incentivos foram baseados em empréstimos para a instalação de sistemas conectados à rede, um sistema de preços que pagava tarifas superiores à da concessionária por toda energia fornecida, conhecidas como tarifas *feed-in*, além de incentivos de descontos, redução de impostos e subsídios, dependendo do país em que foi introduzido (GOMES; JANUZZI; VARELLA, 2009).

O Brasil, diferente dos países citados que possuem poucas alternativas renováveis para produção energética, tem sua maior parte oriunda de usinas hidrelétricas, eólica e de biomassa, que apresentam custos inferiores a energia solar produzida por painéis fotovoltaicos. Portanto,

atualmente, os sistemas solares não possuem o incentivo governamental necessário para competir com os países citados (CABELLO; POWPERMAYER, 2013). Porém, o Brasil possui grande potencial de irradiação solar, que representa duas vezes o potencial da Alemanha, além de uma das maiores reservas de quartzo para produção de silício, principal matéria prima das placas fotovoltaicas, o que poderia gerar ganhos consideráveis para a redução de preços (GOMES; JANNUZZI; VARELLA, 2009).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Objeto de estudo

A produção de energia solar vem sendo alvo de pesquisas em todo planeta. Pensando nisso, o estudo buscou discutir a importância de incentivos governamentais para a adoção de energia solar, por meio da análise de estudos de casos do Brasil e do mundo. Para que tais políticas públicas pudessem inspirar o Brasil neste sentido, foi realizada uma análise de informações sobre os incentivos utilizados nos quatro países com maior capacidade de energia solar fotovoltaica.

3.2 Procedimentos de coleta de dados

Por meio do relatório *Renewable Capacity Statistic* (2017) disponibilizado pela Agência Internacional para as Energias Renováveis (IRENA), foram encontrados os países com maior capacidade de energia solar fotovoltaica e seu crescimento nos últimos dez anos, sendo eles: China, Japão Alemanha e Estados Unidos. Diante destes dados, pesquisou-se artigos e sites governamentais quais foram as políticas públicas aplicadas durante este período nos quatro países com maior capacidade instalada, além do Brasil.

3.3 Procedimentos de análise de dados

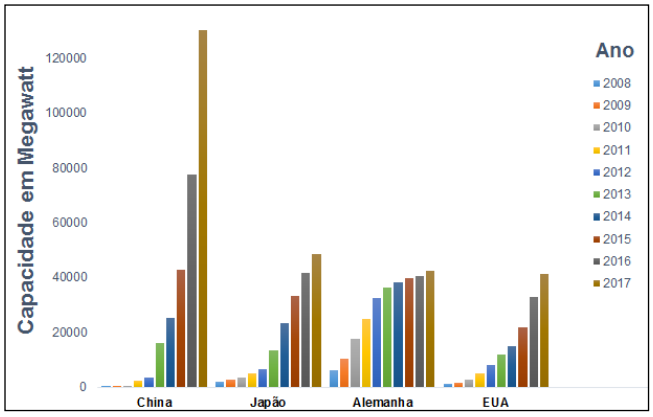
A partir dos dados coletados, explorou-se como as contribuições governamentais auxiliaram para o crescimento da adoção desta energia, confrontando estes incentivos com o crescimento real de capacidade em tais países. Para compara-las, foi criada uma tabela, mostrando as principais políticas de incentivo dos países estudados, e assim comparadas ao

Brasil, revelando o que já está sendo feito e como ainda se deve melhorar para que o crescimento desta energia seja significativo nos próximos anos.

4. RESULTADOS

Para encontrar os incentivos governamentais que tornaram alguns países líderes em potência instalada para a produção de energia solar fotovoltaica, foram analisados dados dos últimos dez anos (Figura 2), que demonstram a evolução de instalação nestes países. China, Japão, Alemanha e Estados Unidos juntos somaram, em 2017, 68% da capacidade mundial.

Figura 2 - Capacidade de energia solar fotovoltaica instalada



Fonte: IRENA (2018).

A seguir são apresentados os cenários para a energia solar nesses quatro países.

4.1 China

Nos últimos anos, expandir a quota de energias renováveis é um dos principais pilares na China. Com isso, o país necessita de fontes alternativas de energia para atender sua demanda interna, com uma geração que traga menos impactos ambientais que a tradicional queima de carvão no país (YUAN; JIAN; MA, 2011). Em 2009, na Conferência das Nações Unidas sobre Mudança Climática em Copenhague, a China prometeu reduzir a quantidade de emissões de dióxido de carbono (CO_2) emitida por unidade de PIB de 40 a 45% até 2020, com base nos níveis de 2005, e aumentar sua quantidade de fontes não fósseis de energia a 15% de sua energia primária - até o ano de 2009 significava apenas 9,9% (YUAN; JIAN; MA, 2011).

Para atingir estes resultados, a China criou a Lei das Energias Renováveis, que tem o objetivo aumentar o fornecimento de energia para áreas distantes, promover o desenvolvimento e a utilização de energias renováveis, melhorar a estrutura, garantir a segurança energética, proteger o ambiente e tornar o desenvolvimento economicamente e socialmente sustentável, tratando sua implementação como prioritária para o desenvolvimento energético do país. Para isso, o país criou quatro mecanismos chaves (SCHUMAN; LIN, 2012):

a) Planejamento do desenvolvimento e utilização de energia.

b) Política de conexão e compra obrigatória, na qual as empresas que fornecem energia devem assinar um contrato com geradores de eletricidade em sua jurisdição e comprar toda a eletricidade gerada por fontes renováveis e fornecer serviços de conexão de rede.

c) Preço da eletricidade para redes renováveis, semelhante a um sistema tarifário feed-in, que paga aos geradores de eletricidade renovável um montante adicional fixo por cada quilowatt-hora de eletricidade gerada, acima do preço da energia de fontes não renováveis.

d) Mecanismo de partilha de custos, financiado por uma sobretaxa na eletricidade vendida, para pagar tarifas *feed-in* (FIT), com o Fundo Especial de Desenvolvimento de Energia Renovável, que também custeia atividades em pesquisa e desenvolvimento (P&D) de tecnologias para baratear a implementação destas fontes, incluindo projetos piloto e avaliação de recursos, além de subsídios para sua implementação em áreas rurais.

Em 2010 a lei incluiu algumas mudanças: metas de geração por jurisdição, maior supervisão do governo no planejamento e desenvolvimento e a aceleração de pagamentos das tarifas para incentivar novas instalações. Além das FIT, que equivalem a $0,17/kWh para a energia gerada por fonte solar fotovoltaica, o governo criou os programas de subsídios chamados *Golden Sun* e *Buinding,* que fornecem subsídios de até 50% do custo de instalação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede e 70% do custo de instalação para sistemas independentes rurais (SCHUMAN; LIN, 2012).

Anos após a aplicação da Lei das Energias Renováveis e dos programas de subsídios, podemos verificar os grandes avanços que a China alcançou no aumento da capacidade de energia solar fotovoltaica instalada no país, em que nos últimos dez anos essa potência passou de 113 MW no ano de 2008 para 130.632 MW no ano de 2017, evidenciando a importância de tais medidas governamentais e tornando o país líder em produção de energia solar. Para chegar

a esse resultado, houve instalações de painéis fotovoltaicos em casas, prédios, empresas e em grandes instalações conhecidas como fazendas de energia solar.

4.2 Japão

Atualmente o Japão é um dos destaques no crescimento de produção de energia por fontes renováveis no mundo, em especial a fotovoltaica. Até o ano de 2011 poucos incentivos governamentais eram implementados para estimular esse crescimento, sendo um deles o programa FiT, que até então restringia a compra de energia para sistemas com capacidade máxima menor que 500 kW (OGIMOTO *et al*,2013). Este quadro começou a se modificar em 2011, quando o país passou por um terremoto causando falhas na usina nuclear de Fukushima e um grande apagão na região, fazendo com que o governo criasse medidas fundamentais para modificar o cenário energético. As principais medidas foram (OGIMOTO *et al*,2013):

a) Programa de compra excedente PV Power: exige que concessionárias de energia comprem o excedente produzido por fontes renováveis.

b) Reformulação do programa FiT: garante a compra da energia nos próximos 10 anos pelo valor de $0,36/kWh para sistemas fotovoltaicos com capacidades superiores a 10 kW e $0,38/kWh para os demais.

c) Programa de subsídios para compra de equipamentos: governo fornece $ 392/kW para um sistema fotovoltaico com menos de 10 kW de capacidade instalada.

d) Foco no desenvolvimento de equipamentos fotovoltaicos, incluindo estudos sobre comportamento da rede no caso de sobrecarga.

e) Criação de usinas fotovoltaicas de larga escala (capacidades superiores a 46 MW).

f) Instalação de sistemas fotovoltaicos em escolas e outras repartições públicas que podem ser usadas como abrigo em situações de emergência.

Além da capacidade instalada que saltou de 5 GW para 48 GW apenas no setor fotovoltaico, as medidas implementadas trouxeram nos últimos anos muitos benefícios ao país. Diversas oportunidades de negócios em atividades locais foram criadas, tornando terras ociosas em grandes usinas de produção de energia e trazendo um grande desenvolvimento financeiro, conseguindo diversificar as fontes de energia e combater o aquecimento global.

4.3 Alemanha

A Alemanha foi o primeiro país a produzir energia fotovoltaica em larga escala. Nos anos 2000, o país iniciou uma transformação orientada a uma política verde, conhecida como "*Energiwende*", que envolve uma remodelagem energética, eliminação da produção de energia nuclear até 2022 e redução de energia por queima de carvão, principal fonte energética até a data. Para isso, a Alemanha implementou a Lei das Fontes Renováveis de Energia (EEG). Os objetivos principais desse plano são (PEGELS; LUTKENHORST, 2014):

a) Desenvolvimento sustentável do fornecimento de energia;

b) Proteger o clima e meio ambiente;

c) Reduzir custos do fornecimento e energia para a economia nacional;

d) Desenvolvimento de tecnologias para geração de eletricidade a partir de fontes renováveis.

Assim, o governo implementou a política FiT que garante a compra de energia advinda de fontes renováveis por um período de 20 anos, sendo essas tarifas reajustadas a cada três ou quatro anos para incentivar a competividade com outras fontes de geração. Em 2015 o valor era de $ 7,16cota/kWh e deve chegar a $ 8,39 cota/kWh até 2023, e reduzida gradualmente após a data, quando, segundo estimativas, 60% da energia do país adivir de energia renovável (PESCIA; GRAICHEN, 2015). A política FiT é reconhecida como referência e se tornou inspiração para mais de 50 países que a replicaram para uma concepção eficaz de políticas de apoio às energias renováveis (PEGELS; LUTKENHORST, 2014).

Entre 2000 à 2014 o país investiu mais de 220 bilhões de euros em todas as áreas para o desenvolvimento das energias renováveis, sendo estimado para próxima década 15 bilhões de euros por ano. Em 2015 as leis de energia renovável começaram a ser modificadas, para se atualizar a nova realidade energética do país, conhecida como EEG 2.0. Nesta nova fase o objetivo é implementar um processo competitivo de fixação de tarifas FiT por meio de leilões de energia, que possa garantir aos geradores um maior rendimento financeiro, tornando a energia renovável mais vantajosa a cada ano (PESCIA; GRAICHEN, 2015).

Conhecida por muitos anos como maior produtora de energia fotovoltaica devido a sua grande capacidade instalada, é possível analisar na Alemanha, além dos incentivos

governamentais e aumento da capacidade instalada, os benefícios vistos em ampla escala após estes anos, como (PEGELS; LUTKENHORST, 2014):

a) Transformação de energia '*Energiwende*" que colocou a Alemanha entre os países mais ambiciosos do mundo na transição para a energia sustentável.

b) Estabilidade devido ao longo período do plano, proporcionando um ambiente de investimento estável e a prontidão do mercado para financiar os projetos com baixas taxas.

c) Grande avanço tecnologico que foi capaz de reduzir os custos dos equipamentos em 60%, viabilizando a instalação em novos locais.

d) Criação de empresas renováveis de classes mundiais, pioneiras no mercado.

e) Diversificação energética nacional: reduzir emissão de gases e custo da energia.

4.4 Estados Unidos

Nos EUA a energia é regulada em nível estadual ou regional, que ocasiona políticas distintas pelo país. Muitos estados têm implementado políticas na última década, sendo a mais comum a *Renewable portfolio standards* (RPS), que se trata de um regulamento que exige que de toda a energia fornecida por empresas de eletricidade, uma fração seja de energia renovável. Para verificar o cumprimento da norma, criou-se os Certificados de Energia Renovável Solar (SREC), que oferece aos geradores de energia certificados para cada unidade de eletricidade produzida, sendo cada unidade equivalente a 1 MWh, e estes então são vendidos em conjunto com a energia para as empresas fornecedoras (BURNS; KANG, 2012).

Outra distinção são as tarifas FiT, que enquanto fizeram muito sucesso na Europa e Ásia, foi substituida pelo RPS no país, pois segundo seus defensores, permite uma maior competição de preços entre diferentes tipos de energia renovável, resultando em maior competição, eficiência e inovação no setor. Além da RPS, existem outras políticas no país, como (BURNS; KANG, 2012):

a) Créditos fiscais ou Crédito Fiscal Residencial de Energia Renovável: âmbito federal e proporciona que instalações de energia solar tenham crédito de 30% de seu custo, e não precisa ser reembolsavel. Este subsidio inclui o equipamento, preparação do local, montagem, custos de mão de obra e toda fiação necessária.

b) Descontos em dinheiro: plicado em muitos estados, o incentivo paga um valor em

abatimentos na conta de acordo com a capacidade de energia solar instalada.

c) Medição de internet: medição da energia que é gerada, e a consumida pela residencia, sendo a geração abatida na fatura mensal e acumulada como saldo positivo em caso da produção ser maior que o consumo. Os estados diferem quanto a tarifa a ser paga.

Diante destes mecanismos de apoio, verificou-se que a força de cada política nos estados varia de acordo com o preço da energia elétrica. Em locais com o preço maior, os equipamentos residenciais são uma boa escolha, pois a população se sente incentivada por ele e precisa de poucos incentivos para aderir a esta instalação, já em locais com a energia barata, incentivos maiores são necessários para atrair a população. Os incentivos têm resultado em um bom crescimento (de 40 GW) de capacidade instalada de geração de energia fotovoltaica.

Em 2009 o governo americano investiu $90 bilhões em energia limpa para atender todas as cadeias de valor, financiando pesquisas de equipamentos de energias renováveis, como baterias, veículos avançados, sequestro de carbono e diversas tecnologias para aumentar a eficiência energética. Este investimento estimulou as empresas a investirem no setor, fomentando ainda mais o crescimento da energia solar, como (THE WHITE HOUSE, 2016):

a) Criação de novos empregos: com o investimento do governo foi possível financiar cerca de 180 projetos de manufatura e criar 900.000 anos-trabalho no país.

b) Aumento da geração de energia renovável: investimentos e créditos fiscais estimulou a implementação de 100 mil projetos de geração de energia limpa.

c) Redução de custos: o investimento em pesquisa e tecnologia, tornou a energia renovável competitiva comparada as fontes fósseis, chegando a redução de 60% para os equipamentos de energia solar fotovoltaica.

d) Modernização da rede: instalou 16 milhões de medidores inteligentes até 2016.

4.5 Brasil

Nos últimos anos as mudanças climáticas têm preocupado todo o planeta. Buscando soluções, dirigentes de todo mundo se reuniram na 21ª Conferência das partes (COP 21) em Paris no ano de 2015, e firmaram o compromisso de manter o aumento da temperatura média global inferior a 2ºC. Para isso, a redução dos gases que promovem o efeito estufa é essencial, e cada país criou suas próprias metas para contribuir com o resultado global. O Brasil, após

aprovação do Congresso Nacional, comprometeu-se a reduzir as emissões de gases do efeito estufa em 43% até 2030, comparado a emissão de 2005 (MMA, 2017). Com isso, nos últimos anos, a energia solar tem sido alvo de estímulos, como (SILVA, 2015):

a) Programa Luz para Todos: instala painéis solares em comunidades sem acesso à energia.

b) Venda direta a consumidores: geradores de energia solar com potência inferior a 50 MW comercializam a energia elétrica sem intermediação de distribuidoras (carga inferior a 3 MW).

c) Garantia de conexão à rede: energia excedente gerada vai para a rede e é adicionada como saldo positivo na fatura, que pode ser utilizado em energia nos próximos 60 meses ou enviado para outro local a pedido do titular.

d) Isenção do ICMS as operações envolvendo equipamentos destinados a geração de energia elétrica por células fotovoltaicas.

e) Isenção do imposto de renda da energia gerada por pessoa física.

f) Redução de alíquotas PIS/PASEP e COFINS sobre vendas no mercado interno ou importação de máquinas, equipamentos e instrumentos.

g) Condições diferenciadas de financiamento: taxas inferiores e 20 anos para amortização.

h) Fundo solar: oferece apoio financeiro no valor de R$ 1.000,00 à R$ 5.000,00 por projeto de microgeração fotovoltaica conectado à rede.

i) Investimento de 395 milhões em pesquisa e desenvolvimento.

Os incentivos para energia solar no Brasil envolvem subsídios e benefícios tributários (SILVA, 2015), porém muito pequenos comparado a outros países que conseguiram expandir efetivamente a energia solar. Além de pouco vantajosos economicamente, os subsídios contam com um orçamento muito restrito e necessitam de muita burocracia para serem aprovados, o que causa uma lentidão no crescimento da capacidade instalada. O maior crescimento anual corresponde a 1 GW de capacidade instalada no ano de 2017, enquanto a China cresceu mais de 50 GW no mesmo período, demonstrando que apesar dos resultados obtidos nos últimos anos, ainda há muito que precisa ser feito para que a fonte solar se consolide na matriz energética nacional (NASCIMENTO, 2017).

5. DISCUSSÕES

A índice de irradiação solar no Brasil é muito alto, com médias de 1.200-2.400 kWh/m²/ano, gerando um grande potencial a ser explorado de energia solar, muito superior à média da Europa e países com grande capacidade instalada. Comparado a média global, o país possui baixa variabilidade de incidência solar considerando as demais regiões geográficas. Os valores máximos de irradiação correspondem a Bahia e noroeste de Minas Gerais, onde há durante todo o ano condições climáticas que conferem um regime estável de baixa nebulosidade (MME, 2017). Diante deste potencial inexplorado e dos dados apresentados, foi criada a Tabela 2 para comparar os programas aplicados nos países com maior capacidade instalada, a fim de mostrar exemplos de sucesso que podem ser reformulados e aplicados no Brasil. Tais incentivos foram primordiais para o cresimento do potencial energético solar nos países citados, pois nos últimos 10 anos onde as políticas tiveram forte inserção, os países juntos somavam apenas 9,5 GW de potência instalada, e hoje somam 262,7 GW, tendo um crescimento de 2757% (ARENA, 2018).

Quadro 1 - Comparação entre os países

País/ Incentivos	**China**	**Japão**	**Alemanha**	**Estados Unidos**
Início dos incentivos	2009	Reformulação e crescimento em 2011	2000	2009
Objetivo	Diversificar matriz energética e reduzir emissão de CO_2 pela queima do carvão (YUAN; JIAN; MA, 2011)	Precaver futuros eventos naturais que desestabilizem energia, reduzir CO_2, diversificar matriz energética (OGIMOTO et al,2013)	Transformar para política verde, reduzir custo da energia e queima de carvão, eliminar energia nuclear (PEGELS;LUTKENHORST,2014)	Reduzir emissão de gases e preço da energia para atender mercado interno; diversificar matriz energética (BURNS; KANG, 2012)
Capacidade instalada geração de energia solar	130,6 GW	48,6 GW	42,4 GW	41,1 GW
Programas de subsídios	Subsídios *Golden Sun* e *Buinding:*50% custo de sistemas conectados à rede e 70% de sistemas independentes rurais (SCHUMAN; LIN, 2012)	Subsídios para compra de equipamentos ($ 392/kW para sistema fotovoltaico com menos de 10 kW) (OGIMOTO et al,2013)	Financiamentos a taxas baixas e longos prazos para amortização (PEGELS; LUTKENHORST, 2014)	Subsídios de 30% dos gastos com equipamentos e instalação (BURNS; KANG, 2012)

Conexão na rede	Conexão e compra de eletricidade de fontes renováveis por empresas que fornecem energia (SCHUMAN; LIN, 2012)	Programa de compra excedente PV *Power* (concessionárias de energia conectam e compram excedente gerado) (OGIMOTO et al,2013)	Conexão e compra garantida (próximos 20 anos) de energia renovável (PEGELS; LUTKENHORST, 2014)	Conexão garantida e compra depende do estado e demanda. Excedente em débito para próximas faturas (BURNS; KANG, 2012)
Política tarifária para energia gerada	Sistema FiT: paga geradores de eletricidade renovável valor adicional (SCHUMAN; LIN, 2012)	Sistema FiT: paga aos geradores de eletricidade renovável um valor adicional (OGIMOTO et al,2013)	Sistema FiT: paga aos geradores um valor adicional (PEGELS; LUTKENHORST, 2014)	Política RPS: regula a quantidade de SREC comprado dos geradores pelas concessionárias (BURNS; KANG, 2012)
Valor pago pela energia gerada	$0,17/kWh (SCHUMAN; LIN, 2012)	$0,38/kWh C<10 kW $0,36/kWh C>10 kW (OGIMOTO et al,2013)	$7,16/ kWh (PESCIA; GRAICHEN, 2015)	Depende da demanda do estado (BURNS; KANG, 2012)
Investimento em P&D	Fundo Especial de Desenvolvimento de Energia Renovável, financiado por sobretaxa da energia vendida:custear atividades em P&D (SCHUMAN; LIN, 2012)	Investimento em desenvolvimento de equipamentos fotovoltaicos, e estudo sobre a rede em caso de sobrecarga (OGIMOTO et al,2013)	Investimento de 250 bilhões até 2017 para financiamento direto de projetos e alianças de inovação com empresas (PESCIA; GRAICHEN, 2015)	Investimento governamental: redução de 60% do custo de equipamentos e instalação de 16 milhões de medidores inteligentes (THE WHITE HOUSE, 2016)

Fonte: Os autores.

Os subsídios nos países estudados vão desde financiamentos com taxas baixas e grande prazo de amortização até subsídios que equivalem a 30% (BURNS; KANG, 2012) dos custos de equipamentos e instalação. Em alguns países essa porcentagem pode ser bem superior, como na China que oferece de 50% a 70% (SCHUMAN; LIN, 2012) de subsídio.

No Brasil os programas de subsídios têm orçamento muito restrito, em que a primeira fase contou apenas com R$ 65 mil (SILVA, 2015), atingindo uma parcela de apenas 13 a 65 dos mais de 62,8 milhões de domicílios no país. Lembrando que o programa fornece o incentivo de R$ 1.000,00 a R$ 5.000,00 por instalação, comparado ao custo de R$ 19.000,00 equivalente a um equipamento instalado de geração fotovoltaica na cidade de Uberaba-MG (GOMES, 2016), este subsidio varia entre 5,2% à 26,3%. Além do subsídio financeiro, alguns bancos oferecem tarifas com valor abaixo do mercado para financiamento destes módulos, com prazos

de até 20 anos para amortização. Considerando as informações levantadas, foi elaborada o Quadro 2 que evidencia em que aspectos positivos e a serem melhorados pelo país.

Quadro 2 - Aspectos positivos e a ser melhorados na política energética solar do Brasil

	Aspectos positivos	Aspectos a serem melhorados
Subsídios	Financiamentos a taxas baixas e tempo longo de amortização	Valor do subsídio
	Instalação em locais sem acesso à energia	Orçamento do projeto
		Reduzir burocracia
Conexão na rede	É obrigatória, prazo de 34 dias	Excedente não pode ser resgatado, apenas crédito na conta
Política Tarifária	Isenção de imposto de renda sobre energia gerada para pessoa física	Políticas FiT e RPS para aumentar adesão
Equipamentos	Isenção de ICMS de equipamentos de células fotovoltaicas	Isenção abranger todos os equipamentos até atingir o crescimento necessário
	Redução de PIS e COFINS	Continuar a redução
Investimento em P&D	Investimento de R$395 milhões	Incentivar industrias brasileiras a produzir painéis solares, utilizando o silício do país
		Integrar empresa e universidade para desenvolver equipamentos com custo baixo

Fonte: Silva (2015).

De acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia 2015 (2024), estima-se que o Brasil aumente sua capacidade instalada de geração de energia elétrica em 73 GW, em que metade será baseada em fontes eólica, solar, biomassa e PH. A geração de energia fotovoltaica no Brasil alcançará os 7 GW até 2024, aumentando de 0,02% para 3,3% da produção de energia do país. Este crescimento ressalta os impactos dos incentivos já implementados, porém ainda é pouco significativo comparado ao alcançado pelos países citados no mesmo período e pensando em todo potencial de energia solar a ser explorado. Logo, os incentivos estudados devem ser estimulados para um avanço efetivo neste setor.

6. CONCLUSÕES

Neste estudo, os incentivos governamentais para adoção de energia solar fotovoltaica foram analisados, buscando estudos de caso dos países com maior potencial instalado desta fonte. Posteriormente, foi comparado as políticas atuais do Brasil, sua efetividade, os pontos positivos e os que devem melhorar para atingir níveis significativos da geração desta energia.

Averiguou-se que a maioria dos incentivos no Brasil são de âmbito fiscal, com reduções de impostos, e pouco investiu-se para políticas de compra de energia, como as conhecidas RPS ou FiT, ou mesmo subsídios para instigar a população a instalar sua geração de energia solar nos telhados, apesar do grande potencial de irradiação no país, pois com o orçamento investido de 65 mil reais, apenas de 13 a 65 residências poderiam ser contempladas com o benefício, diante das 62,8 milhões de famílias. A falta de tais incentivos no Brasil pode ser apontada como alguns dos possíveis motivos para não atingir os níveis de crescimento energético solar dos demais países estudados, pois, de acordo com a projeção para os próximos anos, o país crescerá até 2024 de 1 GW para 7 GW, aproximadamente 1 GW por ano, enquanto a China cresceu 50 GW no mesmo período.

Por fim, como sugestões de futuras pesquisas, estão: estudos de caso direcionados ao crescimento em cada região do país, mensurar o impacto da redução de impostos e incentivos para adesão da energia solar, acompanhar as metas propostas no Plano Decenal de Expansão de Energia (2024), a evolução das políticas para incentivar a energia solar nos próximos anos, além da mudança da economia resultante desta forma de geração. Novas medidas importantes podem surgir nos próximos anos, assim como tecnologias que barateiam estes sistemas e este avanço deve ser documentado e replicado.

Referências

ALMARAASHI, M. Short-tern prediction of solar energy in Saudi Arabia using automated-design fuzzy logic systems. **PLoS One**, v.12, n.8, p. e 0182429, 2017.

ANEEL. **Energia solar**, 2003, v. 3. p.1-4. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia_solar(3).pdf. Acesso em: 14 nov. 2017.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Energia Solar no Brasil e Mundo. 2017. 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: 18 abr. 2018.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Plano Decenal de Expansão de Energia 2024. Brasilia: MME/EPE, 2015. 83-96 p. v. 2. Disponível em: http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-

dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-45/topico-79/Relat%C3%B3rio%20Final%20do%20PDE%202024.pdf. Acesso em: 01 maio 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Acordo de Paris**. Disponível em: http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris. Acesso em: 20 abr. 2018.

BURNS, J. E.; KANG, J.S. Comparative economic analysis of supporting policies for residential solar PV in the United States: Solar Renewable Energy Credit (SREC) potential. **Energy Policy**, 2012. p. 217–225. Disponível em: http://www.periodicos.capes.gov.br. Acesso em: 15 abr. 2018.

CABELLO, A.F.; POMPERMAYER, F. M. **Energia fotovoltaica ligada à rede elétrica**: atratividade para o consumidor final e possíveis impactos no sistema elétrico. Brasília: IPEA, 2013, p. 3-32.

EPE. **Balanço Energético Nacional**. 2017. Disponível em: http://www.epe.gov.br/ . Acesso em: 08 abr. 2018.

GOLDEMBERG, J. ;VILLANUEVA, L.D. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 2003, p. 45.

GOMES, R. D. M.; JANNUZZI, G. G.; VARELLA, F. K. O. M. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica no Brasil**: panorama da atual legislação. Campinas: International Energy Initiative, 2009. Disponível em: http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/documents/RELATORIO_PROJETO_2_FINAL.pdf. Acesso em: 08 abr. 2018.

GOMES, V. P. R. G.; CAMIOTO, F. C. Análise de viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia fotovoltaico nas residências Uberabenses. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 36. 2016. **Anais**...ENEGEP/ABEPRO, 2016. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/tn_sto_228_330_29541.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2018.

HAJE, L. **Finanças aprova isenção de imposto sobre importação de equipamentos de energia solar**, 2017. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/MEIO-AMBIENTE/538181-FINANCAS-APROVA-ISENCAO-DE-IMPOSTO-SOBRE-IMPORTACAO-DE-EQUIPAMENTOS-DE-ENERGIA-SOLAR.html>. Acesso em: 06 nov. 2017.

IEA. Technology Roadmaps. **Solar Photovoltaic Energy**, 2010, p. 1-45

IRENA, **Renewable capacity statistics 2018**. International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi. p. 23-26. Disponível em: <http://www.irena.org/publications/2018/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2018>. Acesso em: 09 de Abril de 2018.

MEDEIROS, M. J. Avaliação técnica e viabilidade econômica de um sistema de aquecimento solar em um edifício residencial. **Revista Principia**, v. 24, p.2-8, 2014.

MME. **Estudo e propostas de utilização de geração fotovoltaica conectada à rede, em particular em edificações urbanas**. Brasília: MME, 2009, p.15-35.

NASCIMENTO, R. L. **Energia Solar no Brasil**: situação e perspectivas. Câmara dos Deputados: 2017, p. 22. Disponível em: http://bd.camara.gov.br/bd/handle/bdcamara/32259. Acesso em: 22 abr. 2018

OGIMOTO, K. Japan's Solar Power Program and Prospects for the New Power System. A Good Fit. **IEEE power & energy magazine**, p. 65-74, 2013. Disponível em: http://www.periodicos.capes.gov.br. Acesso em: 15 abr. 2018.

PALZ, W. **Energia solar e fontes alternativas**. 1. ed. São Paulo: Hemus 2002, p. 239-301.

PEGELS, A.; LÜTKENHORST, W. Is Germany's energy transition a case of successful green industrial policy? Contrasting wind and solar PV. **Energy Policy**, p. 522–534, 2014.

PESCIA, D.; GRAICHEN, P. Understanding the Energiewende: FAQ on the ongoing transition of the German power system. **Agora Energiewende**, p. 5-6, 2015.

SCHUMAN, S.; LIN, A. China's Renewable Energy Law and its impact on renewable power in China: Progress, challenges and recommendations for improving implementation. **Energy Policy,** p. 89–98, 2012.

SILVA, R. M. **Energia Solar no Brasil**: dos incentivos aos desafios. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, 2015, pag. 8-15. Disponível em: www.senado.leg.br/estudos. Acesso em: 22 de abr. de 2018.

THE WHITE HOUSE. **Fact sheet**: The Recovery Act Made the Largest Single Investment in Clean Energy in History, Driving the Deployment of Clean Energy, Promoting Energy Efficiency, And Supporting Manufacturing. Disponível em: https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2016/02/25/fact-sheet-recovery-act-made-largest-single-investment-clean-energy. Acesso em: 22 abr. 2018.

TORANI, K.; RAUSSER, G.; ZILBERMAN, D. Innovation subsidies versus consumer subsidies: A real options analysis of solar energy. **Energy Policy**, v. 92. p.255, 2016.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. **Energia solar fotovoltaica**: conceitos e aplicações. 1. ed. São Paulo: Érica, 2012, p. 15-171.

WANDERLEY, A.C.F.; CAMPOS, A. L. S. Perspectivas de inserção da energia solar fotovoltaica na geração de energia elétrica no Rio Grande do Norte. Rio Grande do Norte: **Holos**, v. 3, p.3-14, 2013.

YUAN, X.; JIAN, Z. M. A. C. Social acceptance of solar energy technologies in China – End users' perspective. **Energy Policy**, v.39, p. 1031-1034, 2011.