

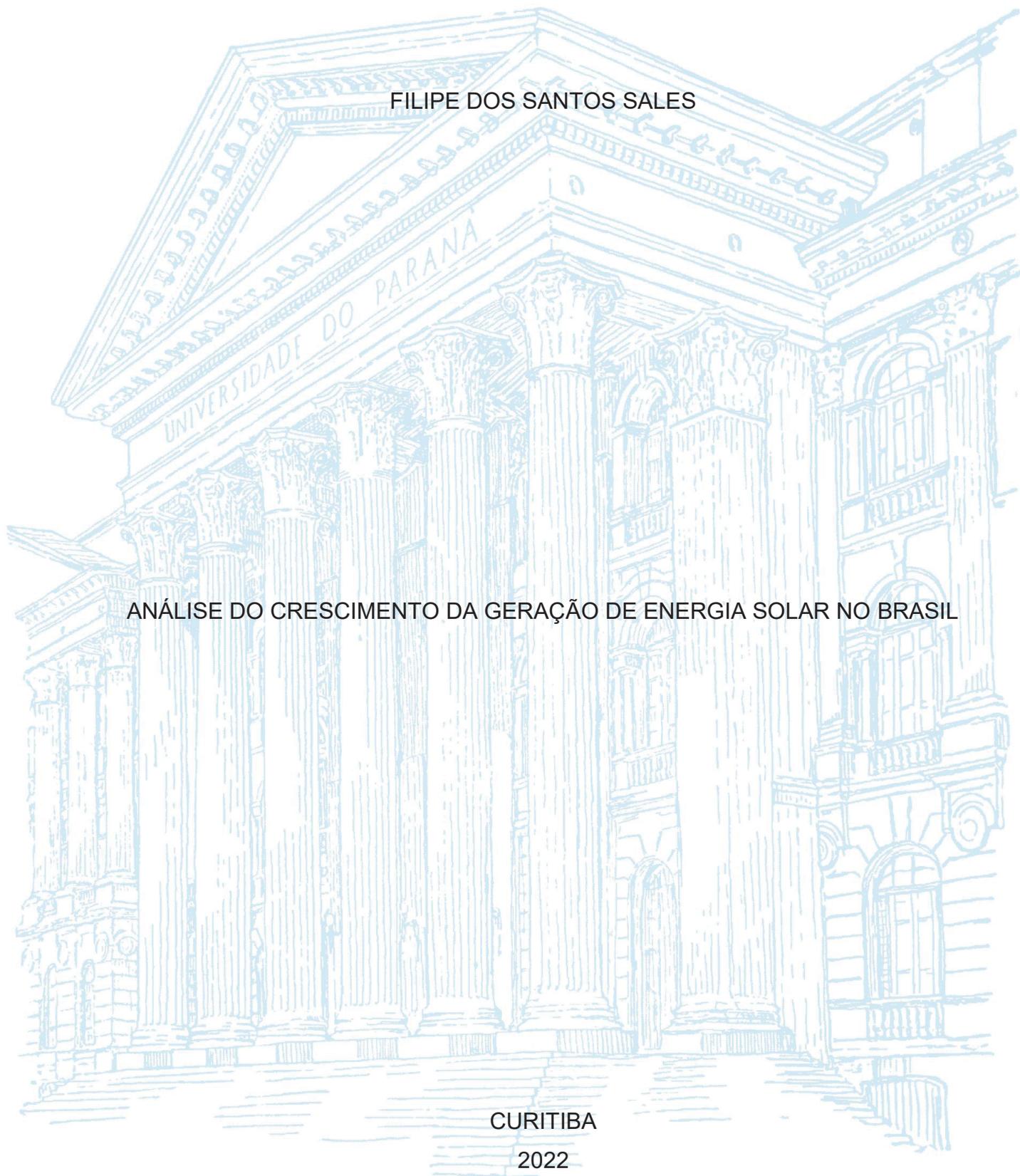
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

FILIFE DOS SANTOS SALES

ANÁLISE DO CRESCIMENTO DA GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR NO BRASIL

CURITIBA

2022



FILIPPE DOS SANTOS SALES

ANÁLISE DO CRESCIMENTO DA GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR NO BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao curso de Pós-Graduação em MBA em Gestão Estratégica em Energias Naturais Renováveis, do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias (PECCA), Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Langer.

CURITIBA

2022

ANÁLISE DO CRESCIMENTO DA GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR NO BRASIL

Filipe dos Santos Sales

RESUMO

O Brasil, por possuir uma matriz energética diversificada, apresenta vantagens em relação a produção de energia elétrica de baixo carbono. Do ponto de vista estratégico, o Brasil pode apresentar uma série de fatores positivos, que vão desde a isenção de impostos para aquisição de equipamentos para geração de energia de baixo carbono até leis de incentivos para geração de energia por meio de fontes renováveis, que podem intensificar o desenvolvimento e o favorecimento do mercado energético interno. Assim sendo, este trabalho teve como objetivo apresentar aspectos relevantes no contexto da geração de fonte de energia de baixo carbono, dentre elas a fonte solar, analisando o seu potencial crescimento bem como analisar o panorama, perspectivas e desafios, além de discutir a participação da energia solar no contexto da matriz energética brasileira. O presente estudo foi realizado levando em consideração o território brasileiro; suas análises foram baseadas em literaturas especializadas na área, pesquisas bibliográficas e banco de dados de instituições governamentais e seus relatórios periódicos. O Brasil apresenta grande área potencial para geração de energia direta, oriunda dos raios solares quando comparada a outros países, além de altos índices de radiação. No que tange a produção interna de energia não renovável brasileira, as fontes de petróleo e gás natural, nos últimos 10 anos, tiveram crescimento de 2,32% e 4,28% respectivamente, pode-se perceber que as fontes de energia eólica, solar e outras renováveis, foram as únicas que tiveram um sensível crescimento, com destaque para a energia eólica, 1,35%. O Brasil, ainda carece de investimentos em políticas públicas de incentivo a geração de energia elétrica de baixo carbono, bem como benefícios fiscais e eficientes mecanismos regulatórios. Ainda há muito que avançar para que o Brasil possa ocupar um lugar de destaque no cenário mundial de geração de energia por meio da fonte solar fotovoltaica e que essa seja a principal fonte de geração de energia de baixo carbono.

Palavras-chave: Geração de Energia Elétrica, Fontes de Energias Renováveis, Energia Solar, Energia.

ANALYSIS OF THE GROWTH OF SOLAR ENERGY GENERATION IN BRAZIL

Filipe dos Santos Sales

ABSTRACT

Brazil, for having a diversified energy matrix, presents advantages in relation to the production of electric energy. From a strategic point of view, Brazil can present a series of positive factors, ranging from tax exemptions for the acquisition of equipment for low-carbon energy generation to laws on incentives for energy generation through renewable sources, which can intensify the development and promotion of the internal energy market. Therefore, this work aimed to present relevant aspects in the context of the generation of low carbon energy sources, among them the solar source, analyzing its growth potential as well as analyzing the panorama, perspectives, and challenges, in addition to discussing the participation of the solar energy in the context of the Brazilian energy matrix. The present study was carried out considering the Brazilian territory; their analyze were based on specialized literature in the area, bibliographic research and database of governmental institutions and their periodic reports. Brazil has a large potential area for generating direct energy from the sun's rays when compared to other countries, in addition to high levels of radiation. Regarding the domestic production of non-renewable energy in Brazil, the sources of oil and natural gas, in the last 10 years, grew by 2.32% and 4.28% respectively, the sources of wind energy, solar and other renewables, were the only ones that had a significant growth, especially wind energy, 1.35%. Brazil still lacks investments in public policies to encourage the generation of low carbon electricity, as well as tax benefits and efficient regulatory mechanisms. There is still a long way to go so that Brazil can occupy a prominent place in the world scenario of energy generation through photovoltaic solar source and for this to be the main source of low carbon energy generation.

Keywords: Electricity Generation, Renewable Energy Sources, Solar Energy, Energy.

INTRODUÇÃO

O aumento acelerado e constante do consumo de energia, atrelado ao crescimento populacional, nos obriga a pensar em diferentes estratégias de geração de energia elétrica de baixo carbono. A natureza finita dos combustíveis fósseis, bem como sua poluição, geram impactos ambientais provocados pela utilização das fontes energéticas não renováveis, pois liberam gases poluentes e gases de efeito estufa (GEE) durante sua combustão.

O consumo de energia elétrica tende a aumentar nos próximos anos, por conta do aumento da população do desenvolvimento tecnológico e principalmente pela maior demanda de equipamentos e veículos automotores elétricos. Dessa forma, ampliar a oferta de energia disponível no Brasil é importante e a fonte de energia elétrica solar fotovoltaica pode se mostrar uma opção economicamente viável de geração de energia elétrica, além de contribuir para a preservação do meio ambiente.

O Ministério de Minas e Energia estimou que no ano de 2021 a utilização das termoelétricas resultou em um custo adicional de produção de energia elétrica de R\$ 9 bilhões ao consumidor, que será repassado ao longo do ano de 2022, (BRASIL, 2021). Além disso, a utilização das termoelétrica a diesel traz grandes problemas ambientais pois a queima do combustível, derivado de fontes fósseis, libera GEE na atmosfera e, mesma utiliza recursos finitos e de alto carbono para a geração de energia.

De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN) elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), nos últimos 10 anos, dentre todas essas fontes de energia de baixo carbono, se observa que a fonte de energia solar fotovoltaica foi a rota tecnológica que mais cresceu no país (EPE, 2021).

A motivação deste trabalho foi de analisar e comparar o mercado das energias de baixo carbono no Brasil e o impacto do aumento da diversificação das fontes energéticas dentre elas a fonte solar fotovoltaica, frente as outras fontes de energias renováveis, identificando quais são os principais fatores que influenciaram o crescimento de sua oferta e demanda.

A presente pesquisa tem caráter documental no que tange ao tipo de procedimento adotado na coleta de dados. Uma pesquisa documental é aquela caracterizada por fazer uma análise minuciosa de dados segundo Oliveira (2007).

Este trabalho traz esta característica por trazer os dados analisados nas pesquisas de conteúdo do tema.

O objetivo deste estudo é descritivo por se utilizar de tabulação de dados ocorridos em determinado período. Buscou-se trazer dados de diferentes fontes, o que o classifica como objetivo (Aragão, 2011).

Por fim, a abordagem da pesquisa é qualitativa, pois buscou-se dados numéricos, sobre os quais pode-se realizar interpretações. Trata-se de pesquisa qualitativa aquela em que se constrói uma relação através de estudo Günther (2010)

Para atingir os objetivos deste trabalho foi utilizada a metodologia de pesquisa de revisão de literatura, revisão bibliográfica, considerando informativos técnicos das associações nacionais de energia, geradores de energia, artigos científicos, revistas técnicas e relatórios.

O material estudado foi a matriz energética brasileira, com suas segmentações de matriz de energia elétrica e matriz de energia de combustível considerando o crescimento da oferta e consumo da fonte de energia solar fotovoltaica entre 2011 a 2020 no Brasil.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Um dos maiores desafios do futuro próximo é obter a quantidade de energia de baixo carbono necessária para tentar conter os efeitos do aquecimento global, reduzir a dependência de combustíveis fósseis e aliviar o impacto econômico da subida dos preços do petróleo. Uma das melhores formas de resolver os problemas anteriores é a utilização de fontes renováveis para a geração de energia. Nesse aspecto, os sistemas de energia solar fotovoltaica desempenham um papel fundamental na geração de eletricidade (BAYOD-RÚJULA *et al.*, 2013). De fato, se verifica um dos maiores crescimentos de utilização dessa tecnologia para geração de eletricidade na área das energias renováveis; e, é expectável que essa tendência expansionista se verifique nos próximos anos. (ELTAWIL; ZHAO, 2010).

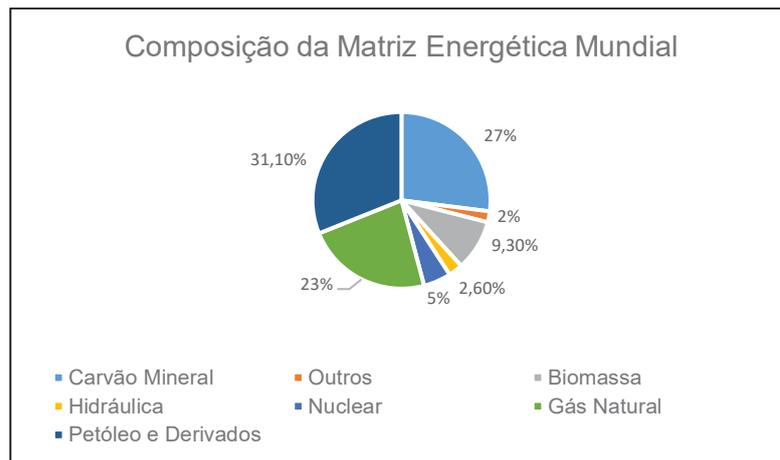
2.1 MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

A matriz energética representa o conjunto de fontes de recursos energéticos (fontes de energia) renováveis ou não renováveis, utilizadas no Brasil e no mundo para suprir a sua demanda de energia. A matriz energética mundial é composta, em sua

maioria cerca de 86%, por fontes não renováveis de energia, como carvão, petróleo e gás natural (EPE, 2021).

Na figura 1 é apresentada a composição da matriz energética mundial, composta principalmente por fontes não renováveis de energia.

Figura 1 – COMPOSIÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA MUNDIAL DE 2019



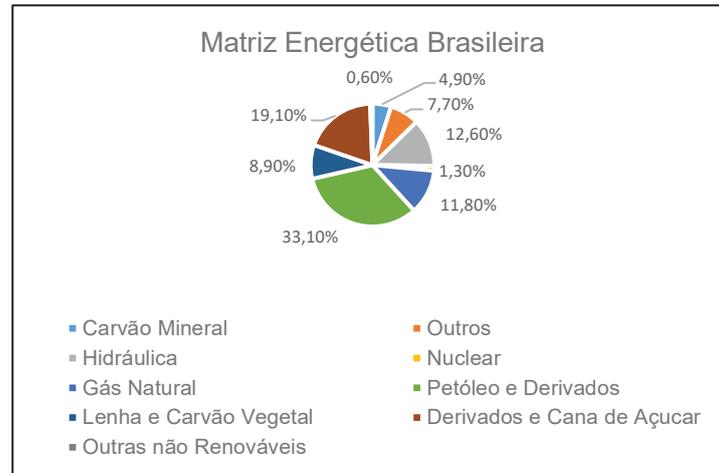
FONTE: Matriz Energética Mundial 2019, adaptado de IEA (2021), (2022).

As fontes renováveis solar, eólica e geotérmica representam apenas 2% da matriz energética mundial representada na Figura 1 por “outros” somando a participação das energias hidráulicas e biomassa as fontes de energias renováveis na matriz energética mundial representam 14% do total de energia gerada. (IEA, 2021).

Na figura 2 é apresentada a composição da matriz energética brasileira, composta principalmente por fontes renováveis de energia.

Nos últimos anos a falta de recursos hídricos, para a geração de energia hidroelétrica, devido à escassez pluviométrica, passou a obrigar o Brasil a reativar e usar as suas usinas termoelétricas.

Figura 2 – COMPOSIÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA



FONTE: Matriz Energética Brasileira 2020 adaptado de BEN (2021), (2022).

Essas usinas funcionam com base na queima de combustíveis como o diesel para geração de energia. Segundo informações do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONSE, 2021) a falta de chuvas no país é a pior em 91 anos, o que acaba gerando uma série de problemas econômicos, sociais e ambientais.

2.2 MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA

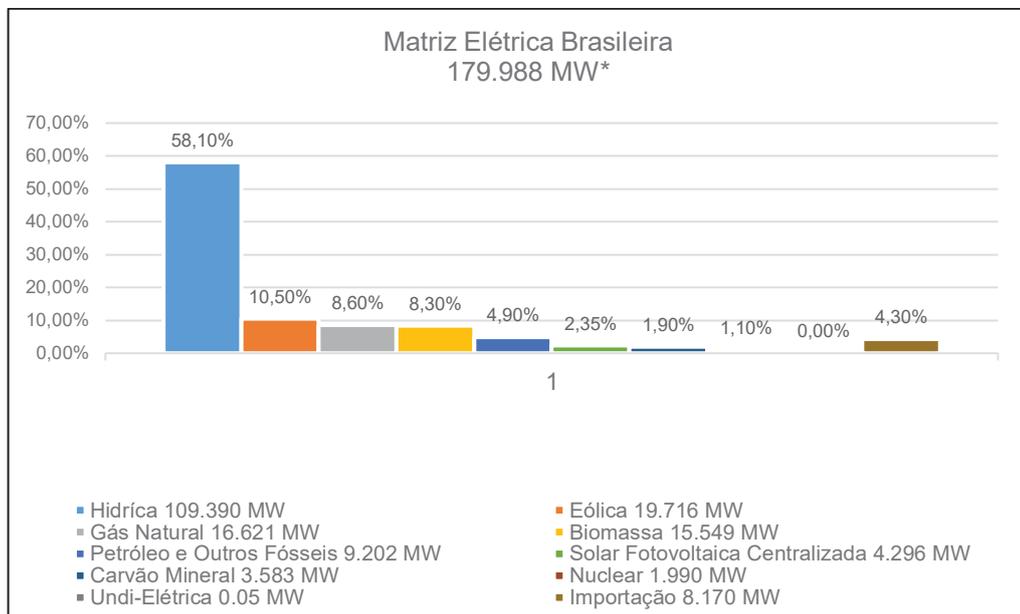
O conjunto de fontes disponíveis para geração de energia elétrica em um país, estado ou mundo é chamado de matriz elétrica. A matriz de energia elétrica mundial é formada principalmente por fontes de energia através de combustíveis fósseis como carvão, óleo e gás natural consumidas em termelétricas.

O Brasil possui um dos maiores potenciais mundiais para a geração de energia elétrica por fonte renovável hídrica que corresponde por 65,2% da oferta interna. As fontes renováveis são responsáveis pela geração de 84,8% da eletricidade no Brasil, que é resultado da soma dos montantes referentes à produção nacional mais as importações que são essencialmente de origem renovável (MME, 2020). Por ter uma matriz de energia basicamente oriunda de usinas hidroelétrica, o país sofre prejuízos econômicos e ambientais em períodos de seca. Na grande maioria das vezes quando há escassez pluviométrica, se faz necessário ativar as usinas termelétricas movidas a óleo diesel, gás e carvão mineral que além de ter custos elevados geram maior poluição atmosférica. (EPE, 2020).

Esse conjunto de fatores afeta diretamente o bolso do consumidor final, aumentando o valor das faturas de energia elétrica devido ao aumento das tarifas de geração e consumo de energia elétrica. Nesses períodos de estiagem pluviométrica, governos adotam uma cobrança de bandeiras tarifárias amarela e vermelha, com maior custo por kWh e trazendo mais prejuízos econômico aos consumidores (ULIANA, 2018).

Na figura 3 é apresentada a matriz elétrica brasileira com informações de estimativas de potência por fonte de geração.

Figura 3 – COMPOSIÇÃO DA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA EM 2020



FONTE: Matriz Elétrica Brasileira 2020, adaptado de ANEEL (2021) e ABSOLAR (2021), 2022.

Nesse contexto é apresentada a análise dos principais movimentos referentes a produção de energia para as principais fontes energéticas, em 2020: petróleo, gás natural energia elétrica, carvão mineral, energia eólica, biodiesel e produtos de cana, em comparação ao ano anterior.

2.3 BANDEIRAS TARIFÁRIAS

As tarifas de energia elétrica incluem custos envolvidos na geração, transmissão e distribuição da energia, além dos encargos setoriais, em 2015 foi criado o sistema de bandeiras tarifárias que apresenta modalidades e indica se haverá ou

não acréscimo no custo de energia, que pode aumentar quando as chuvas são escassas e as termelétricas são usadas para gerar energia, com valores mais elevados de custo de geração de energia elétrica do que as hidroelétricas. As bandeiras representam o custo da geração de energia elétrica que será cobrado aos consumidores, a mesma pode ter um reajuste mês a mês nas bandeiras tarifárias, o que não significa um aumento no valor total da conta mas apenas na parte que compões a bandeira.

Segundo a ANEEL, existem 4 tipos de bandeiras, a bandeira verde representa condições favoráveis de geração de energia elétrica, a bandeira amarela, representa condições menos favoráveis e a tarifa de energia sofre um acréscimo de R\$ 0,01874 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido. A bandeira vermelha patamar 1 apresenta condições com custo de geração de energia elétrica mais elevado que a bandeira amarela, a tarifa então sofre um acréscimo de R\$ 0,03971 para cada quilowatt-hora kWh consumido e por último a bandeira vermelha patamar 2 que é considerado a mais alta bandeira com custo de R\$ 0,09492 para cada quilowatt-hora kWh consumido.

O objetivo final do sistema de bandeira tarifárias é equilibrar os custos que as distribuidoras têm com a aquisição de energia e o preço que é repassado para o consumido cativo.

2.4 POTENCIAL BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E POLÍTICAS DE INCENTIVO

A utilização de sistemas solares fotovoltaicos teve um grande crescimento devida à robustez tecnológica dos projetos, estudos com mais de 30 anos em funcionamento e o vasto potencial tecnológico existente, além da não emissão de gases de efeito estufa. O Brasil recebe elevados índices de incidência de radiação solar, o que permite a implantação de projetos em todas as regiões do território nacional e em diferentes escalas (PORTAL SOLAR, 2020). Esses projetos podem ser de geração centralizada e geração distribuída (PORTAL SOLAR, 2020). Essa diferença de sistemas de geração de energia elétrica, contribui para a fonte solar ser apresentada como fonte alternativa competitiva no fornecimento de energia elétrica, podendo contribuir, também, com os compromissos nacionais de redução de gases de efeito estufa (ANEEL, 2021).

O custo de um sistema solar fotovoltaico para geração de energia elétrica pode variar conforme a complexidade e o tamanho da instalação, no geral para imóveis e pequenas empresas com um consumo de até 600 kWh por mês o investimento pode chegar em torno de R\$ 25.000,00 com uma solução completa (CANAL SOLAR, 2021).

A Geração Distribuída é considerada a modalidade de conexão de diferentes fontes geradoras de energias elétricas com a rede de distribuição das companhias de energia elétrica. Ela, é formada por geradores de pequeno e médio porte, conectados nas unidades consumidoras em propriedades privadas ou públicas (AGUIAR, JUNIOR e PINTO 2017). Isso só foi possível após o lançamento da RN nº 82 da ANEEL, que foi o marco regulatório do desenvolvimento da geração distribuída no Brasil, que permitiu a troca da energia gerada individual com a da rede elétrica na modalidade grid-tie, determinando regras para o sistema de compensação pela energia elétrica injetada na rede (ANEEL, 2012a; RUTHER *et al.*, 2018).

Pode se citar ainda alguma das políticas mais importantes envolvidas no processo de implementação e concretização da Geração distribuída no Brasil.

Na tabela 1 são apresentadas as principais políticas públicas de incentivo a geração solar fotovoltaica no Brasil.

A Geração Centralizada é caracterizada por grandes centrais de produção de energia elétrica, com fontes caracterizadas, em sua maioria, por usinas hidrelétricas ou termoelétricas, no entanto essas usinas estão concentradas e muito distantes dos grandes centros urbanos do país, principalmente, dos maiores polos metalomecânicos. Esse sistema necessita de linhas de transmissão que são caras e precisam de autorizações ambientais para serem construídas (SILVA *et al.*, 2018).

Abaixo na figura 4 é apresentado o potencial de áreas antropizadas para geração de energia elétrica solar, considerando apenas áreas com radiação superior a 6 kWh/m² dia. Assim, seria possível a instalação de 307 GWp.

Tabela 1 – RELAÇÃO DAS POLÍTICAS DE INCENTIVO A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA SOLAR FOTOVOLTAICA

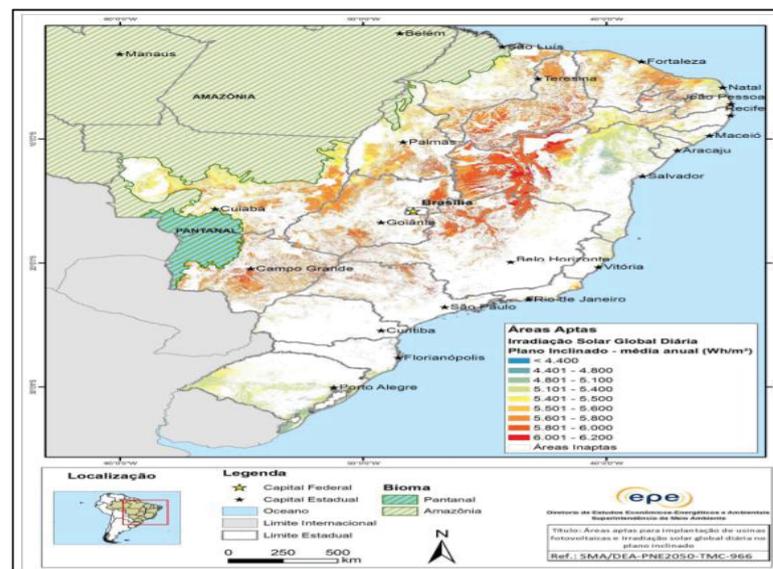
POLÍTICA	ANO	ÊNFASE
Lei 9.247	1996	Redução não inferior a 50% nas tarifas de uso dos sistemas de transmissão e Distribuição
Convênio ICMS 101	1997	Isonção de ICMS nas operações com equipamentos e componentes
Lei número 10.438	2002	Diferenciar os valores pagos a GD
Decreto nº 5163	2004	Mostrou característica da GD as distribuidoras

RN 482 ANEEL	2012	Revisa a resolução 482 da ANEEL
RN 517 ANEEL	2012	Autoriza a conceder isenção nas operações internas relativas à circulação de energia elétrica
Convênio ICMS 16	2015	Reduz a zero as alíquotas de PIS/COFINS e PASEP
Lei nº 13.169	2015	Redução não inferior a 50% nas tarifas de uso dos sistemas de transmissão e Distribuição (BNDES)
RN 687 ANEEL	2015	Revisa a resolução 482 da ANEEL e seus procedimentos
Pro GD	2015	Estimular o crescimento de GD no Brasil
RN 786 ANEEL	2017	Revisa a resolução 482 da ANEEL

FONTE: O autor adaptado de SILVA et al., 2018 (2022).

A rapidez da transição tecnológica dos projetos, principalmente, aqueles realizados em solos, pode aumentar ainda mais a perspectiva de seu potencial. Se em 2014, 91% dos projetos utilizavam estruturas fixas, em 2017, 97% utilizam rastreamento em um eixo (EPE, 2018).

Figura 4 - ÁREAS APTAS PARA A INSTALAÇÃO DE USINA ELÉTRICA POR FONTE SOLAR FOTOVOLTAICA



FONTE: PNE (2021).

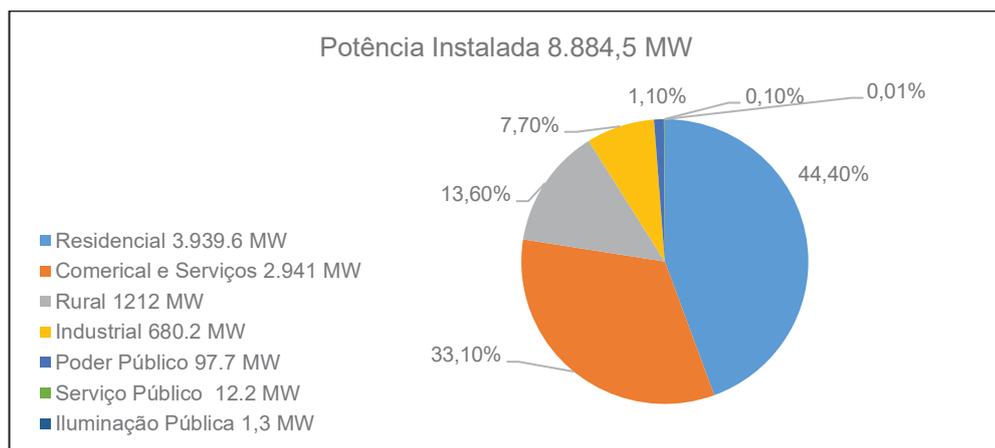
Outro fator importante a ser considerado nessa rota tecnológica de geração de energia elétrica oriunda da fonte solar fotovoltaica é a evolução da tecnologia das células poli ou mono cristalinas com variações sensibilizadas por corantes, células orgânicas, onde se diminui a utilização do silício e o aumento do tamanho dos módulos de cerca de 1,6 m² para 2 m² com uso de células cortadas ao meio e com o polímero posterior sendo substituído por uma segunda camada de vidro, permitindo o aproveitamento em duas faces nos chamados módulos bifaciais, pode aumentar a

geração de energia elétrica solar fotovoltaica em até 50% em relação aos módulos convencionais (EPRI, 2016).

2.5 INCENTIVOS FISCAIS ESTADUAIS E FEDERAIS

A resolução normativa 482/2012 junto de sua resolução 687/2015, de 24 de novembro de 2015 que regula a micro e minigeração no Brasil, vem permitindo um aumento exponencial de potência instalada no país, a figura abaixo mostra o número de sistemas instalados bem como a potência instalada. Desse modo, será demonstrado na figura 5, a Geração Distribuída Solar Fotovoltaica por classe de consumo.

Figura 5 - GERAÇÃO DISTRIBUÍDA SOLAR FOTOVOLTAICA POR CLASSE DE CONSUMO



FONTE: Adaptado de ANEEL (2021) e ABSOLAR (2021), (2022).

A maioria das conexões de geração distribuída permanece nas residências segundo a ANEEL 76,1% pertencem a essa classe de consumo seguido por comércio e serviços com 14,2%.

Nos últimos anos, foram lançados diversos incentivos ao fomento da utilização de energia através de fontes renováveis principalmente a solar, em dezembro de 2015 foi lançado o Programa de Desenvolvimento da geração Distribuída de Energia elétrica (PROGD) que prevê investimentos de R\$ 100 bilhões até 2030, o que pode resultar em 23.500 MW de energia limpa e renovável e evitar que sejam emitidos 29 milhões de toneladas de CO₂ na atmosfera (BRASIL, 2017).

A chamada pública (CP) ANEEL entre os anos de 2014 e 2016 também pode ser considerada outro incentivo promovido pelo governo brasileiro, nesse contexto

entraram em operação as plantas fotovoltaicas (FV) da CP n. 013/2011 – Projetos Estratégicos: ‘Arranjos Técnicos e Comerciais para a inserção da geração solar fotovoltaica na matriz energética brasileira’ onde (24,6 MW foram contratados ao custo de R\$ 396 milhões). Ainda no mesmo período entrou em vigor o decreto que isenta incidência do imposto sobre produtos industrializados: energia elétrica, derivados de petróleo, combustíveis e minerais, O Comitê-Executivo de Gestão (GECEx) da Câmara de Comércio Exterior (Camex) do Ministério da Economia reduziu as alíquotas do Imposto de Importação que incidem sobre produtos ligados à produção de energia em 2021.

Com a medida, a alíquota do imposto de importação para painéis solares será reduzida de 12% para 6%; para determinados tipos de bateria de lítio de 18% para 9%; para conversores de corrente contínua baixa de 14% para 7%; já para partes de reatores nucleares, a alíquota do Imposto de Importação cairá de 14% para 0% (CANAL SOLAR, 2021).

Pode-se destacar ainda o desconto na tarifa de uso do sistema de transmissão/distribuição (TUST/TUSD) conforme Nascimento (2017), os leilões de energia com produto específico para a fonte solar têm a isenção de ICMS, PIS e COFINS na geração distribuída, aplicando-se neste caso o tributo somente consumido da rede.

É necessário ainda que se aumentem os incentivos à popularização da energia fotovoltaica no Brasil e que com o passar do tempo diminua o preço dos equipamentos ou que haja incentivos para fabricação nacional dos equipamentos por meio de subsídios financeiros aos grandes fabricantes, sem deixar e controlar as emissões de GEE no país.

3 RESULTADOS E ANÁLISES

3.1 OFERTA E PRODUÇÃO DE ENERGIA POR FONTE

A partir dos dados apresentados na figura 7 é possível analisar os principais dados consolidados da evolução e resumo dos movimentos referentes a produção de energia período 2011/2020 para as principais fontes energéticas brasileiras.

Figura 7 – PRODUÇÃO DE ENERGIA PRIMARIA BRASILEIRA EM 10³ TEP

FONTES	10 ³ tep (toe)									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
NÃO RENOVÁVEL	140.533	140.573	139.997	153.920	165.795	172.540	179.478	178.417	192.643	202.917
PETRÓLEO	108.976	107.258	104.762	116.705	126.127	130.373	135.907	134.067	144.303	152.635
GÁS NATURAL	23.888	25.574	27.969	31.661	34.871	37.610	39.810	40.560	44.398	46.299
CARVÃO A VAPOR	2.134	2.517	3.298	3.059	2.459	2.636	1.931	1.930	2.162	2.085
CARVÃO METALÚRGICO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
URÂNIO	2.134	2.517	3.298	3.059	2.459	2.636	1.931	1.930	2.162	2.085
OUTRAS NÃO RENOVÁVEIS	1.326	1.343	1.592	1.814	1.826	1.921	1.831	1.860	1.780	1.693
RENOVÁVEL	115.901	116.462	118.217	118.788	120.579	122.256	123.546	129.693	133.530	137.651
ENERGIA HIDRÁULICA	36.837	35.719	33.625	32.116	30.938	32.758	31.898	33.452	34.217	34.089
LENHA	25.997	25.683	24.580	24.936	24.900	23.095	24.423	25.527	25.725	25.710
PRODUTOS DA CANA-DEAÇÚCAR	43.270	45.117	49.306	49.273	50.424	50.658	49.725	50.895	52.861	55.597
EÓLICA	233	434	566	1.050	1.860	2.880	3.644	4.169	4.815	4.906
SOLAR	0	0	0	1	5	7	72	298	572	924
OUTRAS RENOVÁVEIS	9.566	9.508	10.139	11.412	12.453	12.857	13.784	15.353	15.339	16.424
TOTAL	256.434	257.035	258.213	272.708	286.375	294.796	303.024	308.110	326.173	340.569

FONTE: Adaptado de BEN 2021 (2022)

Na figura 8, percebe-se a produção de energia primaria brasileira classificada de acordo com a sua fonte de geração.

Figura 8 - PRODUÇÃO DE ENERGIA PRIMARIA EM PERCENTUAL

FONTES	%									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
NÃO RENOVÁVEL	54,80%	54,69%	54,22%	56,44%	57,89%	58,53%	59,23%	57,91%	59,06%	59,58%
PETRÓLEO	42,50%	41,73%	40,57%	42,79%	44,04%	44,22%	44,85%	43,51%	44,24%	44,82%
GÁS NATURAL	9,32%	9,95%	10,83%	11,61%	12,18%	12,76%	13,14%	13,16%	13,61%	13,59%
CARVÃO A VAPOR	0,83%	0,98%	1,28%	1,12%	0,86%	0,89%	0,64%	0,63%	0,66%	0,61%
CARVÃO METALÚRGICO	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
URÂNIO	0,83%	0,98%	1,28%	1,12%	0,86%	0,89%	0,64%	0,63%	0,66%	0,61%
OUTRAS NÃO RENOVÁVEIS	0,52%	0,52%	0,62%	0,67%	0,64%	0,65%	0,60%	0,60%	0,55%	0,50%
RENOVÁVEL	45,20%	45,31%	45,78%	43,56%	42,11%	41,47%	40,77%	42,09%	40,94%	40,42%
ENERGIA HIDRÁULICA	14,37%	13,90%	13,02%	11,78%	10,80%	11,11%	10,53%	10,86%	10,49%	10,01%
LENHA	10,14%	9,99%	9,52%	9,14%	8,69%	7,83%	8,06%	8,29%	7,89%	7,55%
PRODUTOS DA CANA-DEAÇÚCAR	16,87%	17,55%	19,10%	18,07%	17,61%	17,18%	16,41%	16,52%	16,21%	16,32%
EÓLICA	0,09%	0,17%	0,22%	0,39%	0,65%	0,98%	1,20%	1,35%	1,48%	1,44%
SOLAR	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,02%	0,10%	0,18%	0,27%
OUTRAS RENOVÁVEIS	3,73%	3,70%	3,93%	4,18%	4,35%	4,36%	4,55%	4,98%	4,70%	4,82%
TOTAL	100%									

FONTE: Adaptado de BEN 2021 (2022).

No ano de 2020, o percentual de produção de energia elétrica primária no Brasil de fontes não renováveis, foi de 59,58% enquanto a de renováveis foi de 40,42%. Constata-se que a produção de energia elétrica através de fontes não renováveis ainda tem o maior percentual de geração. Por meio da análise das tabelas 2 e 3, se percebe que houve um aumento da produção interna de energia de fonte não renovável do ano de 2011 a 2020 de 4,78%.

No que tange a produção interna de energia não renovável brasileira, houve uma pequena redução nas fontes provenientes de urânio e carvão a vapor. As fontes

de petróleo e gás natural, nos últimos 10 anos, tiveram crescimento de 2,32% e 4,28% respectivamente. Segundo a previsão da EPE a produção de gás natural dobrará em dez anos, o que já se percebe que vem ocorrendo desde 2011. Há um otimismo econômico atrelado ao novo mercado de gás e suas perspectivas positivas ao ambiente de negócios envolvendo o energético (EPBR, 2022).

Analisando a produção das energias de baixo carbono, pode-se perceber que as fontes de energia eólica, solar e outras renováveis, foram as únicas que tiveram um sensível crescimento, com destaque para a energia eólica, 1,35%. Em um todo, nota-se que a produção interna das energias de fonte renováveis diminuiu cerca de 4,78%. O destaque desta redução vai para a energia hidráulica que reduziu mais de 1% em 2014, esta redução está atrelada a forte crise hídrica que ocorreu naquele ano.

Com um crescimento de apenas 0,27% a produção interna de energia solar fotovoltaica ficou abaixo do esperado levando em consideração a expectativa de crescimento do setor. Contudo, verificou-se que nos anos de 2018, 2019 e 2020 os crescimentos ficaram em torno de 0,07%, 0,08% e 0,10% reiterando as perspectivas de que se trata de uma fonte com grande potencial. Em 2020, esta fonte de energia representava, sozinha, 0,27% do total gerado da produção interna de fontes primárias de energias renováveis.

A seguir na figura 9, apresentamos o fluxo de energia elétrica em TWh, que significa a energia necessária para movimentar a economia do país, bem como percentuais.

Figura 9 – FLUXO DE ENERGIA ELÉTRICA DE GERAÇÃO

<i>Valores em TWh</i>					
FLUXO DE ENERGIA ELÉTRICA - BEN 2021 - ANO BASE 2020					
HIDÁULICA	421	65,20%	INDUSTRIAL	197,5	30,60%
BIOMASSA	58,7	9,10%	RESIDENCIAL	148,8	23,00%
EÓLICA	57,1	8,80%	PERDAS NA TRANSFORMAÇÃO	105,8	16,40%
GÁS NATURAL	53,5	8,30%	COMERCIAL	84,8	13,10%
NUCLEAR	14,1	2,20%	PÚBLICO	42,8	6,60%
CARVÃO A VAPOR	11,9	1,80%	AGROPECUÁRIA	32,5	5,00%
OUTROS	11,11	1,70%	SETOR ENERGÉTICO	31,6	5,00%
SOLAR	10,8	1,70%	TRASPORTES	2	0,20%
DERIVADOS DE PETRÓLEO	7,7	1,20%			
OFERTA INTERNA DE ENERGIA ELÉTRICA 621,3					

FONTE: Adaptado de BEN 2021 (2022).

De acordo com a figura 9, em resumo a análise dos principais movimentos referentes a produção de energia em 2020 para as seguintes fontes energéticas: petróleo, gás natural, energia eólica, biodiesel e solar.

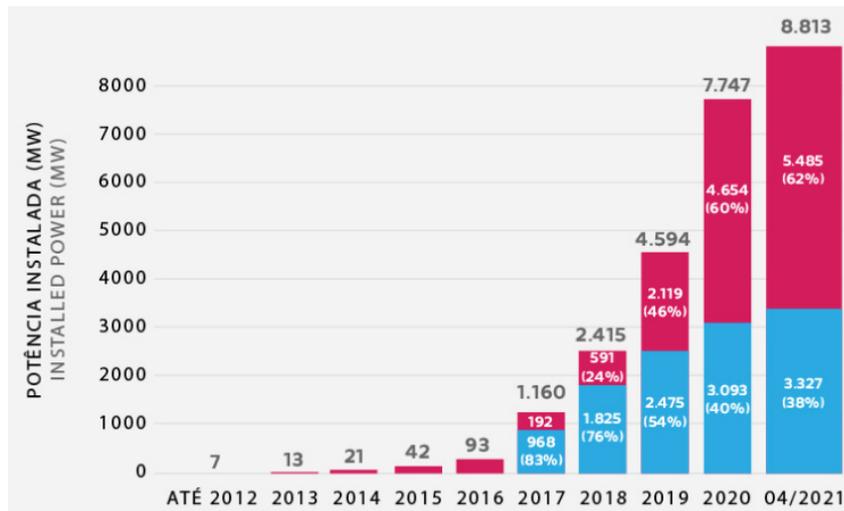
A média diária de produção de gás natural do ano de 2020 foi de 127,8 milhões de m³/dia, o volume importado foi de 26,3 milhões de m³/dia, a demanda de gás natural recuou - 6,0% em relação ao ano anterior de 2019 e um dos principais fatores foi a que do consumo das indústrias afetadas pela pandemia que recuou 13,3% (BRASIL, 2020).

A produção anual de energia através de fonte eólica alcançou 57.051 GWh em 2020, um aumento de 1,9% em relação ao ano de 2019, que atingiu 55.986 GWh, Ainda em 2020 a potência instalada para geração eólica expandiu 11,4% segundo o banco de informações de geração (SIGA 2020), da Agência Nacional de Energia Elétrica. O crescimento do setor eólico no Brasil é decorrente principalmente da estabilidade dos ventos, crescimento dos parques eólicos, redução do custo dos investimentos e o aquecimento do mercado livre de energia. Com essa frequência de desenvolvimento, e o mercado aquecido, o Brasil conseguiu atingir a sétima colocação no Ranking Mundial do Global Wind Energy Council (GWEC) (ICONE ENERGIA, 2020).

A produção anual de Biodiesel - B100, em 2020, no país cresceu 8,6% em relação ao ano anterior, onde atingiu o volume de 6.432.008 m³, a principal matéria prima para a produção do B100 continua sendo o óleo de soja com 61% do volume produzido.

É cada vez mais visível o papel importante que a fonte solar fotovoltaica ocupa no Brasil, como resultado desta forte atividade econômica, o setor solar fotovoltaico vem se destacando e a potência instalada em Megawatts (MW) de novas Unidades Consumidoras em geração centralizada e geração distribuída apresentou um crescimento superior a 67% em comparação ao período de 2020/2021 como apresentado a figura 10.

Figura 10 – EVOLUÇÃO DA FONTE SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL



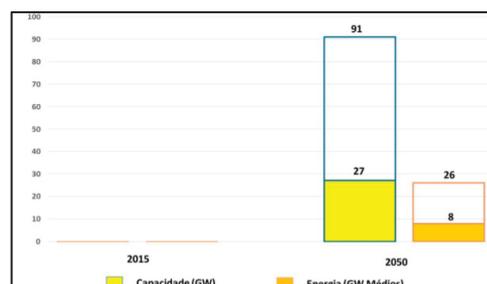
■ Geração distribuída ■ Geração Centralizada ■ Total GD+GC (fração em %)

FONTE: ANEEL, 2021 e ABSOLAR, 2021 (2022).

Assim como em outras fontes se espera uma expansão da fonte solar fotovoltaica por conta da evolução competitiva no horizonte do PNE 2050. Em um comparativo com a expansão da capacidade instalada de hidrelétricas por exemplo, levando em conta apenas a geração centralizada a fonte solar fotovoltaica atinge entre 27 a 90 GW quando analisado a capacidade instalada e entre 8 a 26 GW médios em termos de energia elétrica em 2050. Assim sendo mostrando sua crescente importância no cenário da matriz elétrica no horizonte do PNE 2050 podendo chegar de 5% a 16% de capacidade instalada total ou de 4% a 12% em termos de energia total até 2050, esses números não levam em consideração a parcela de Geração Distribuída.

Na figura 11 é apresentado a perspectiva de expansão centralizada de energia solar frente do desafio de expansão do PNE 2050.

Figura 11 - EVOLUÇÃO ESPERADA DA EXPANSÃO CENTRALIZADA DE SOLAR NO CENÁRIO DO DESAFIO DA EXPANSÃO

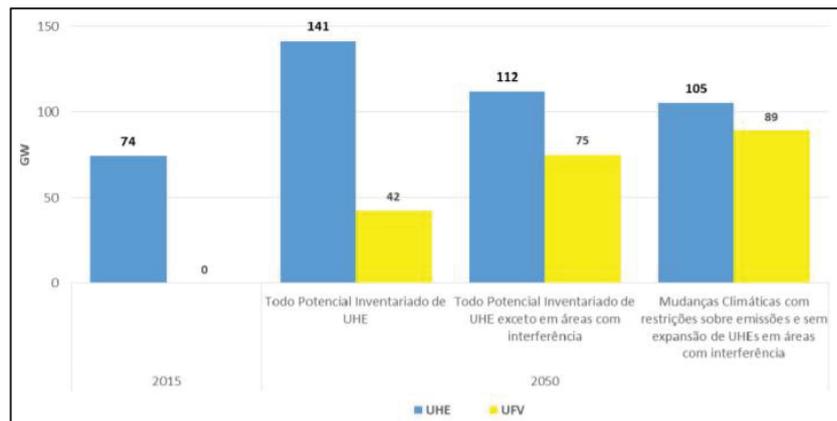


FONTE: PNE – 2050 (2021), (2022).

A atual situação das UHEs (Unidade Hidroelétricas) e as perspectivas de planejamento dão conta que a característica do sistema elétrico brasileiro está mudando, nesse âmbito torna-se necessária a revisão e entrada de novas fontes para suprir a necessidade de consumo, ao comparar a expansão da fonte solar fotovoltaica com as UHEs fica claro que as restrições impostas por essas últimas que podem ser por questões ambientais, bem como legais ou até mesmo por efeitos de mudanças climáticas, contribuem com que a fonte solar acabe por preencher a limitação da expansão das UHEs em termos de capacidade instalada.

Percebe-se na figura 12 a análise da projeção de expansão da fonte solar e fonte hidráulica de energia no horizonte de 2050, à medida que os anos estão passando a solar vem ganhando destaque frente a UHE.

Figura 12 - ANÁLISE DA EXPANSÃO DE SOLAR E UHE EM CASOS SELECIONADOS, CAPACIDADE INSTALADA



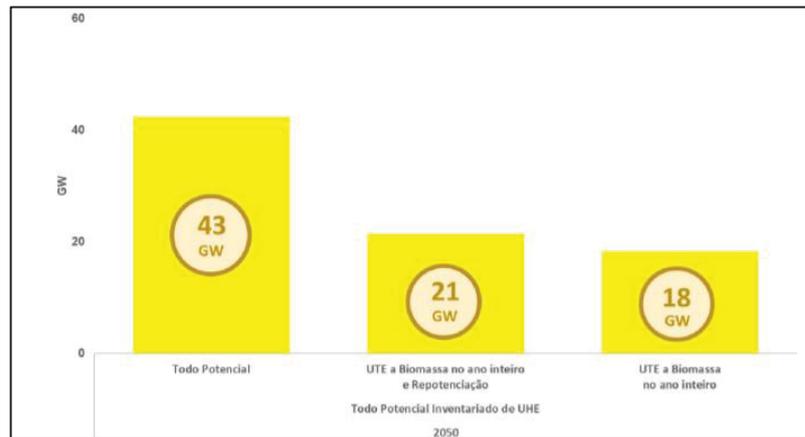
FONTE: PNE - 2050 (2021), (2021).

Considerando casos especiais de utilização da energia solar fotovoltaica (PV) como, substituição a expansão da energia eólica, considerando que exista alguma eventual restrição, seja de mudança da ANEEL que impeça sua capacidade instalada total ultrapassar os 50 GW em 2050, ou quando a expansão da transmissão estiver limitada (caso extremo analisado, aos leilões de 2019) a capacidade instalada total centralizada de PV em 2050 poderá ser superior a 100 Gigawatt.

A expansão da geração solar poderá perder competitividade se houver o aumento do fator de capacidade das usinas de biomassa de cana de açúcar com a utilização do seu parque o ano todo, ou a combinação de re-potencialização com usinas de biomassa de cana com geração o ano inteiro.

Na figura 13, percebe-se a expansão em casos de solar PV quando todo o potencial inventariado de UHE está disponível a expansão

Figura 13 - EXPANSÃO EM CASOS DE SOLAR PV QUANDO TODO O POTENCIAL INVENTARIADO DE UHE ESTÁ DISPONÍVEL A EXPANSÃO.



FONTE: PNE, 2050 (2021), (2022).

Por mais que o Brasil tenha dito que é um país de energia renováveis, o consumo de energias não renováveis aumentou cerca de 69,2% entre 2011 e 2020, já a oferta de fontes renováveis teve um aumento de 84,19%.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil ainda carece de investimentos em tecnologia, incentivos fiscais, econômicos e financeiros para diminuir as barreiras que dificultam o crescimento da energia solar fotovoltaica no país. Apesar dos altos níveis de irradiação solar no território brasileiro, o uso da fonte solar fotovoltaica no Brasil não apresenta a mesma relevância que possui em outros países.

Um dos principais obstáculos para a maior utilização de painéis fotovoltaicos em unidades consumidoras, principalmente residenciais e empresas de pequeno porte, consiste no alto investimento inicial associado à aquisição dos sistemas de geração.

Apesar do BNDES possuir linhas atrativas de financiamento para empresas de maior porte, isso não ocorre para empreendimentos de pequeno porte. Nesse sentido seria de grande relevância a criação de linhas de crédito com condições favoráveis para financiamento da aquisição de sistemas de geração solar fotovoltaica.

Embora não tenha sido o objetivo deste estudo analisar detalhamento do modelo financeiro bem como o mérito de cada aquisição, pode se ressaltar que um significativo aperfeiçoamento no modelo de compensação de energia vigente atual, poderia estimular o aumento da instalação de painéis solares fotovoltaicos.

Diante do exposto, conclui-se que, conforme BEN (2021), nos últimos 10 anos a fonte solar fotovoltaica cresceu somente 0,27%,

Como sugestões para o crescimento homogêneo do setor, analisando países com maior aproveitamento da fonte solar fotovoltaica como Alemanha, Japão, China e Estados Unidos, verifica-se que os investimentos se baseiam principalmente em fortes políticas públicas de incentivos, como benefícios fiscais e eficientes mecanismos regulatórios.

Sabe-se que a fonte de energia solar é, sem dúvida, uma das melhores alternativas para geração de energia elétrica. Apesar dos promissores resultados obtidos pelas políticas públicas de incentivo a fonte solar nos últimos anos, ainda há muito o que avançar para que o Brasil possa ocupar um lugar de destaque no cenário mundial de geração de energia elétrica por meio da fonte solar fotovoltaica e se torne a principal fonte de geração de energia de baixo carbono.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, Carlos Alberto. **Energia Solar**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006.

ANEEL bate meta de expansão da matriz elétrica em 2021, três meses antes do previsto. **Agência Nacional de Energia Elétrica**, 2021. Disponível em: [ANEEL. **Nota Técnica nº 0056/2017-SRD/ANEEL**. Atualização das projeções de consumidores residenciais e comerciais com microgeração solar fotovoltaicos no horizonte 2017-2024. Disponível em: \[https://www.aneel.gov.br/documents/656827/15234696/Nota+T%C3%A9cnica_0056_PROJE%C3%87%C3%95ES+GD+2017/\]\(https://www.aneel.gov.br/documents/656827/15234696/Nota+T%C3%A9cnica_0056_PROJE%C3%87%C3%95ES+GD+2017/\). Acesso em: 15 nov. 2021.](https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/aneel-bate-meta-de-expansao-da-matriz-eletrica-em-2021-tres-meses-antes-do-previsto/656877?inheritRedirect=false#:~:text=A%20Ag%C3%AAncia%20Nacional%20de%20Energia,definida%20no%20in%C3%ADcio%20do%20ano. Acesso em: 15 nov. 2021.</p>
</div>
<div data-bbox=)

APAGÃO no Amapá: veja a cronologia da crise de energia elétrica. **G1**, 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/ap/amapa/noticia/2020/11/18/apagao-no-amapa-veja-a-cronologia-da-crise-de-energia-eletrica.ghtml>. Acesso em: 07 jul. 2021.

ARAÚJO, Ericka. Governo Federal reduz impostos de importação para equipamentos de energia solar. **Canal solar**, 2021. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/governo-federal-reduz-imposto-de-importacao-para-equipamentos-de-energia-solar/>. Acesso em: 05 dez. 2021.

ATLAS de Energia Elétrica do Brasil. **Agência Nacional de Energia Elétrica**. 2. ed. Brasília: ANEEL, 2005. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03>. Acesso em: 07 jul. 2021.

ARAGÃO, Júlio. Introdução aos estudos quantitativos utilizados em pesquisas científicas. Revista práxis, v. 3, n. 6, 2013.

BOLIBAHIANO, Don. **Manual de energia fotovoltaica**. Jan 2004. Disponível em: <http://www.greenpro.de/po/fotovoltaico.pdf>. Acesso em julho/2021.

BRASIL. **Balço Energético Nacional 2021**: Ano base 2020. Rio de Janeiro: EPE, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2021.

BRASIL. Boletim Mensal de Energia. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético - SPE, Ministério de Minas e Energia, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/1BoletimMensaldeEnergiaJulho2021Portugus.pdf>. Acesso em 10 jul. 2021.

BRASIL. Geração Solar deve crescer acima de 60% em 2021. **Governo Federal**, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/10/geracao-solar-deve-crescer-acima-de-60-em-2021>. Acesso em: 10 nov. 2021.

CASTRO, Rui. **Energias renováveis e produção descentralizada**. 4. ed. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 2009. E-book. Disponível em: http://www.troquedeenergia.com/Produtos/LogosDocumentoIntrducao_a_Energia_Fotovoltaica.pdf. Acesso em: 07 jul. 2021.

CERCA elétrica solar. **Solenerg**, 2008. Disponível em: <http://www.solenerg.com.br>. Acesso em: 09 jul. 2021.

CONSIDERAÇÕES sobre a Expansão Hidrelétrica nos Estudos de Planejamento Energético de Longo Prazo. **Empresa de Pesquisa Energética – EPE**, Ministérios de Minas e Energia – MME, 2018. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-457/Considera%C3%A7%C3%B5es%20sobre%20a%20Expans%C3%A3o%20Hidrelic%C3%A9trica%20nos%20Estudos%20de%20Planejamento%20Energ%C3%A9tico%20de%20Longo%20Prazo.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2021.

CUNHA, Danilo Candido. Energia solar fotovoltaica no Brasil. **Núcleo do Conhecimento**, 2018. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/energia-solar>. Acesso em: 10 nov. 2021.

CURSO para Instaladores de Pequenos Sistemas Fotovoltaicos Autônomos. **Departamento de Engenharia Nuclear**, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1993.

CURSO sobre Eletrificação Rural com Tecnologia Fotovoltaica, Partes 1 e 2. **Departamento de Engenharia Nuclear**, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1992.

FERREIRA, Maria Julita Guerra. **Inserção da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil**. 1993. Dissertação – (Mestrado em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-05122011-141720/publico/MariaJulita.PD>. Acesso em: 07 jul. 2021.
file:///C:/Users/filip/Downloads/energia_solar_limp%20(2).pdf. Acesso em: 10 jul. 2021.

FRAGA, Evandro. Energia solar fotovoltaica: guia prático. **Solarterra**, 2008. Disponível em: <http://www.solarterra.com.br/pdf/curso-energia-solar-fotovoltaica>. Acesso em: 08 jul. 2021.

GAMBOA, Roberto Marçal. **Eletricidade solar, estado atual e perspectivas**. Portugal: Instituto Politécnico de Leiria, 2001. Disponível em: <http://solar.fc.ul.pt/roberto2001.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2021.

GAZZANA, Roberto Basso. Energia solar fotovoltaica em sistemas de telecomunicações. **CEEE**, 2007. Disponível em: www.ceee.com.br/pportal/ceee/Component/Controller.aspx?CC=12568. Acesso em: 07 jul. 2021.

GODOY, Rodrigo Alessandro. **Eficiência dos Sistema de Iluminação em uma Linha de Produção industrial**: Um estudo de caso. 2008. Monografia (Bacharel em Engenharia Elétrica) - Centro Universitário Central Paulista – UNICEP, São Carlos, São Paulo, 2008. Disponível em: <https://xdocs.com.br/doc/eficiencia-do-sistema-de-iluminaao-j987pl9m6q8z>. Acesso em: 07 jul. 2021.

GÜNTHER, Hartmut. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão. *Psicologia: teoria e pesquisa*, v. 22, n. 2, p. 201-210, 2006.

OLIVEIRA, M. M. Como fazer pesquisa qualitativa. Petrópolis: Vozes, 2007.

JUNGES, Leandro S. Energia solar: sistema pode reduzir em até 75% o consumo de eletricidade. **AN**, 2001. Disponível em: <http://www1.an.com.br/2001/jun/04/0ger.htm>. Acesso em: 08 jul. 2021.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais**. 6. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2001.

MANUAL de tarifação de energia elétrica. 1. ed. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, 2001. Disponível em: http://www.fiesp.com.br/publicacoes/pdf/energia/Manual_de_Tarifacao.. Acesso em: 08 jul. 2021.

MARENGO, Jose; TORRES, Roger Rodrigues; ALVES, Lincoln. Drought in Northeast Brazil-Past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, DOI:10.1007/s00704-016-1840-8 n. 20, p.1-12, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/303889899_Drought_in_Northeast_Brazil-Past_present_and_future. Acesso em: 09 jul. 2021.

PLANO Nacional de Energia 2050. **Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético**, Ministério de Minas e Energia [S./.] Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-bertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-523/05.03%20Energia%20Solar.pdf#search=energia%20solar>. Acesso em: 10 jul. 2021.

POR QUE a energia eólica cresce no Brasil? **Ícone Energia**, 2021. Disponível em: <https://iconeenergia.com.br/energia-eolica-no-brasil/>. Acesso em: 10 jul. 2021.