

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA**

MARCOS PHILLIPPE ALCANTARA ROMUALDO

**GERAÇÃO DISTRIBUÍDA: ANÁLISE DOS IMPACTOS DA REN 482/2012 SOBRE
A DECISÃO DE INVESTIMENTO EM GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA
NO BRASIL**

**SÃO PAULO
2021**

MARCOS PHILLIPPE ALCANTARA ROMUALDO

**GERAÇÃO DISTRIBUÍDA: ANÁLISE DOS IMPACTOS DA REN 482/2012 SOBRE
A DECISÃO DE INVESTIMENTO EM GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA
NO BRASIL**

**Monografia apresentada como requisito parcial
para a obtenção do título de Bacharel, pelo
curso de Ciências Econômicas da Universidade
de São Paulo - USP.**

**Orientador: Prof. Dr. José Raymundo Novaes
Chiappin**

SÃO PAULO

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Romualdo, Marcos Phillippe Alcantara

Geração Distribuída: Análise dos impactos da REN 482/2012 sobre a decisão de investimento em geração de energia fotovoltaica no Brasil / Marcos Phillippe Alcantara Romualdo; orientador: José Raymundo Novaes Chiappin – São Paulo, 2021, 62 f.

Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, 2021.

1. Sistemas fotovoltaicos; 2. Geração distribuída; 3. Microgeração urbana; 4. Energia solar

Dedico esta monografia a minha irmã, Marcela Andrezza, e aos meus amigos que sempre estiveram ao meu lado, sendo fontes de inspiração e conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à minha irmã Marcela Andrezza por ter me incentivado a estudar e acreditar que era possível estudar em uma universidade pública mesmo sendo advindo de ensino básico público precário que, infelizmente, continuamente é sucateado no Brasil.

Agradeço ao ensino público superior de qualidade que me fora oferecido, sobretudo às pessoas que tornaram e tornam isso possível, o que inclui professores dedicados à transmissão de seus conhecimentos e todo o corpo diretivo e de colaboradores em geral.

Aos meus amigos, em especial Gabriel Lopes, Lucas Soares e Cloves Paiva, que inspiravam debates acerca de todos os assuntos possíveis (e impossíveis) ao longo desta graduação, o que sempre tornou o ambiente divertido e, ao mesmo tempo, propício para reflexões relevantes.

Ao meu professor orientador por ter me aceito como orientando, pelos ensinamentos e companheirismo.

Adicionalmente, agradeço a Superintendência de Assistência Social (SAS) da Universidade de São Paulo, bem como à AMEFEA, por terem me auxiliado a permanecer durante todo este trajeto da graduação e tornar isto possível.

RESUMO

A Resolução Normativa nº 482/2012 foi estabelecida pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) com o objetivo de incentivar os investimentos em geração de energia a partir de fontes renováveis, em virtude do estabelecimento de um sistema de compensação de energia por parte dos consumidores enquadrados como micro e minigeração geração distribuída, possibilitando a troca de energia entre consumidores/produtores com a distribuidora de energia local, sendo a fonte solar fotovoltaica a principal utilizada nesta modalidade. Neste sentido, o presente trabalho analisa e avalia os impactos de tal resolução e seus desdobramentos sobre a decisão de investimento em geração de energia solar fotovoltaica no Brasil. Para este estudo, foi feita uma análise da literatura existente na área, bem como a exploração de dados públicos do setor de energia. Como resultado, concluí-se que apesar dos incentivos desta medida regulatória no contexto energético nacional, ainda faltam maiores estímulos de política pública para alavancar os investimentos necessários para o setor.

Palavras-chave: Sistemas fotovoltaicos. Geração distribuída. Microgeração urbana. Energia solar.

ABSTRACT

The Normative Resolution No. 482/2012 was formulated by the Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) with the proposal to encourage investments in energy generation from renewable sources, due to the establishment of an energy compensation system by consumers framed as micro and mini-generation of electricity distributed generation, enabling the exchange of energy between consumers/producers with the local energy distributor, with the photovoltaic solar source being the main source used in this modality. In this sense, this study analyzes and evaluates the impacts of such a resolution and its consequences on the decision to invest in photovoltaic solar energy generation in Brazil. For this study, an analysis of the existing literature in the area was carried out, as well as the exploration of public data on the energy sector. As a result, it is concluded that despite the incentives of this regulatory measure in the national energy context, there is still a need for greater public policy incentives to increase the investments made to the sector.

Key words: Photovoltaic systems. Distributed generation. Urban microgeneration. Solar energy.

SUMÁRIO

RESUMO	V
ABSTRACT	VI
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	IX
LISTA DE TABELAS	X
1 INTRODUÇÃO	11
1.1 POTENCIAL DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL E DEBATES ACERCA DA FONTE HIDRÁULICA	12
1.2 MARCOS REGULATÓRIOS E PERSPECTIVAS PARA A DIFUSÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL, COM ÊNFASE NA MODALIDADE DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	14
1.3 OBJETIVOS	16
1.4 JUSTIFICATIVA	16
1.5 METODOLOGIA	16
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2 SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO – INFRAESTRUTURA E DESENHO JURÍDICO	19
2.1 SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO	19
2.1.1 Sistema Interligado Nacional (SIN)	19
2.1.2 Geração Distribuída (GD)	21
2.2 MATRIZ ELÉTRICA NACIONAL	22
2.3 REGULAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO NACIONAL	24
2.3.1 Breve histórico da regulamentação do setor elétrico nacional	25
2.3.2 Principais órgãos reguladores do setor elétrico nacional	26
3 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ENERGIA FOTOVOLTAICA	30
3.1 GERAÇÃO CENTRALIZADA E GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA ELÉTRICA	30
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL	33
3.3 CRISES ENERGÉTICAS E A FONTE HÍDRICA	36
3.4 GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NO BRASIL	38
4 IMPACTOS DA RESOLUÇÃO NORMATIVA 482/2012 DA ANEEL SOBRE INVESTIMENTOS EM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA PELA FONTE FOTOVOLTAICA	42
4.1 ANTECEDENTES DA RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482/2012 DA ANEEL	42

4.2	A RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482/2012 E SEUS IMPACTOS SOBRE A DECISÃO DE INVESTIMENTO EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE NO BRASIL	46
4.2.1	Caracterização e definição dos Agentes e Unidades de Consumo	46
4.2.2	<i>Net-metering</i> versus <i>Feed-in tariff</i> e a decisão de investimento em geração distribuída a partir da fonte fotovoltaica.....	48
5	CONCLUSÕES.....	53
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa do potencial de geração solar fotovoltaica em termos do rendimento energético anual	13
Figura 2 - Mapa do sistema de transmissão de energia do Sistema Interligado Nacional.....	20
Figura 3 - Atividades desenvolvidas pelo ONS.....	28
Figura 4 - Estrutura organizacional ONS.....	29
Figura 5 - Ilustração das perdas de energia elétrica do sistema.....	31
Figura 6 - Irradiação solar mensal no Brasil	41
Figura 7 - Sistema de compensação de energia elétrica conforme a REN nº 482 da ANEEL	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Geração solar no mundo - 10 maiores países em 2018 (GW).....	14
Tabela 2 - Capacidade instalada de geração por fonte e região	35
Tabela 3 - Unidades consumidoras e potência instalada por tipo de classe de consumo	35
Tabela 4 - Histórico anual de participação por fonte de geração de energia elétrica (2012 – 2020)	38
Tabela 5 - Variação da geração de energia elétrica por fonte em GWh (2019/2020)	39
Tabela 6 - Marcos regulatórios anteriores a Resolução Normativa nº 482/2012 que estão relacionados a geração distribuída e energia fotovoltaica	43
Tabela 7 - Capacidade instalada por fonte em dezembro de 2020 - PROINFA.....	44

1 INTRODUÇÃO

A matriz elétrica brasileira possui posição de destaque mundial em termos de geração de energia por meio de fontes renováveis, ocupando a terceira posição mundial até 2018, com 7,4% da energia renovável total gerada no mundo, atrás apenas da China (27,2%) e dos Estados Unidos (11,1%), conforme divulgado no Balanço Energético Nacional (EPE, 2021).

Por outro lado, embora cerca de 83,7% da capacidade instalada de geração de energia no Brasil seja composta por fontes renováveis, 74,3% destas é a partir da fonte hidráulica que, além de gerar impactos socioambientais relevantes para a construção de usinas hidrelétricas, é mais suscetível à choques estruturais de oferta com as mudanças climáticas que alteram o regime de chuvas e que afetam a disponibilidade hidráulica e, conseqüentemente, reduz a capacidade de geração de energia elétrica desta fonte e também impacta a utilização da água para outros fins.

Para garantir o pleno suprimento de energia necessário para o país em períodos de escassez e secas, faz-se o uso de termelétricas que se utiliza de recursos não renováveis que poluem o meio ambiente através da maior emissão de gases do efeito estufa (GEE), por meio da queima de combustíveis fósseis, além de serem mais dispendiosas em termos financeiros.

Com o objetivo de aumentar a capacidade instalada de energia do país por meio de fontes sustentáveis e que não agredam o meio ambiente, em 2012, a ANEEL aprovou a Resolução Normativa nº 482/2012 que trata da regulamentação da micro e minigeração interligada à rede elétrica pública, permitindo que os consumidores que geram energia através de pequenas geradoras instaladas em sua unidade consumidora realizem a troca de energia junto a distribuidora de energia elétrica local com a criação do sistema de compensação de energia elétrica, desde que a energia seja gerada através de fontes renováveis ou cogeração qualificada.

A geração distribuída é um modelo que se difere da geração centralizada de energia, uma vez que é caracterizada por uma pequena unidade geradora instalada no próprio local de consumo, o que permite ganhos de eficiência com a redução de perdas de geração, pela proximidade com a unidade consumidora, bem como amplia a capacidade de geração da matriz energética nacional e gera baixo impacto ao meio ambiente.

No Brasil, conforme dados da ANEEL (2021a), a principal fonte para a geração de energia de forma distribuída é a solar fotovoltaica, que representa 97,4% da potência instalada com mais de 632 mil unidades consumidoras em todo o território nacional.

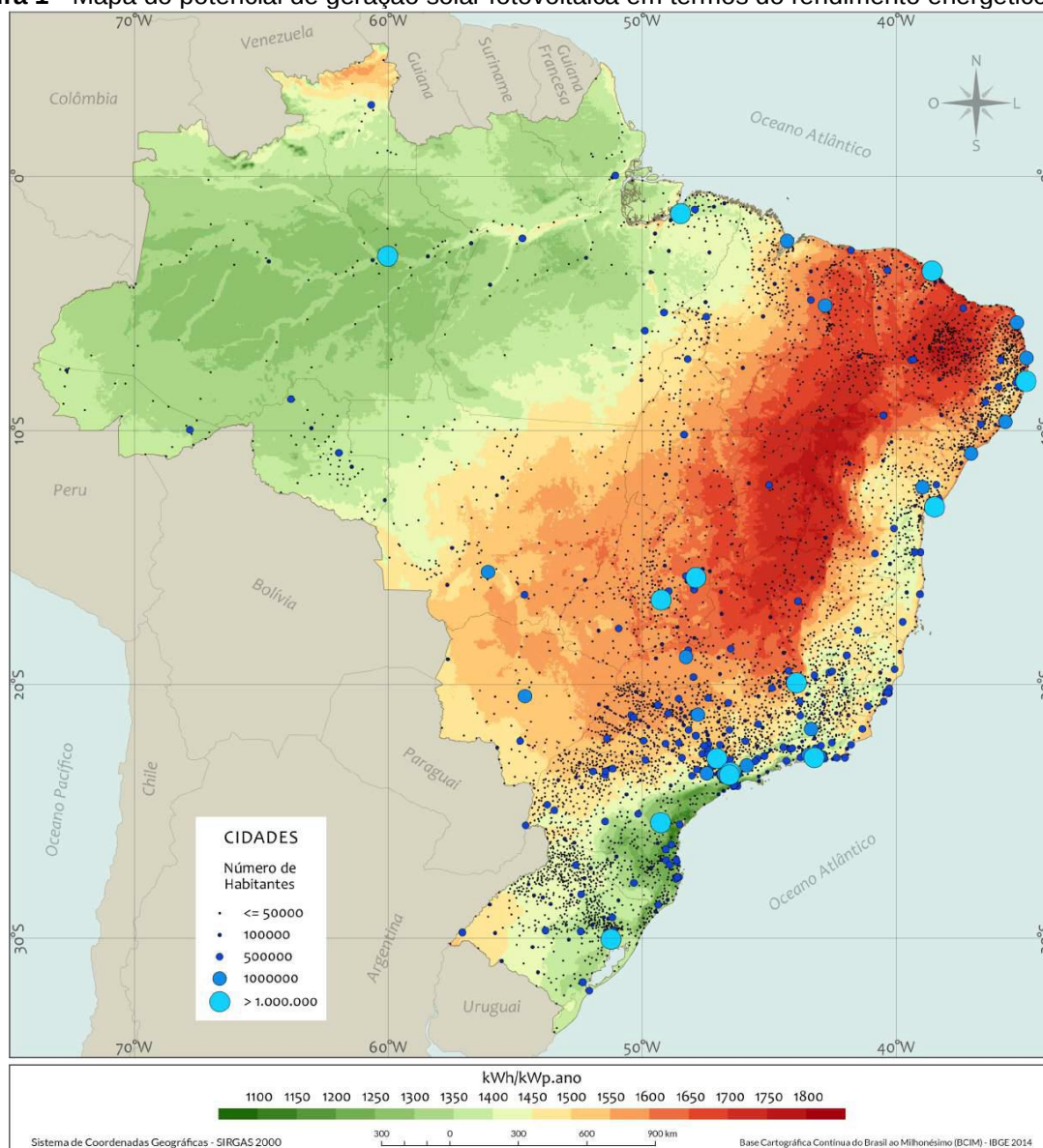
Neste contexto, conforme observa-se na literatura existente na área, a resolução normativa nº 482/2012 da ANEEL foi o primeiro grande passo para viabilizar e incentivar os investimentos em energia solar fotovoltaica no país, a considerar que, para a maioria das unidades consumidoras, é relativamente mais simples instalar os equipamentos necessários, além da posição geográfica do país que favorece a geração de energia através desta fonte, em razão da forte incidência de irradiação solar em todo o território nacional.

1.1 Potencial da energia solar fotovoltaica no Brasil e debates acerca da fonte hidráulica

Segundo estudos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, “no local menos ensolarado no Brasil, é possível gerar mais eletricidade solar do que no local mais ensolarado da Alemanha”, como ilustrado na Figura 1 (INPE, 2017).

Apesar do alto potencial da energia elétrica gerada a partir da fonte solar no país, em 2020, esta fonte representava apenas 1,7% da geração de energia elétrica no país (1,9% da capacidade total instalada com cerca de 3,2 GW) e ocupava a 20ª posição mundial neste tipo de fonte até 2018, atrás de países com menor incidência média anual de irradiação solar, como a Alemanha. De toda forma, é importante ressaltar que, até 2012, a capacidade instalada para geração de energia solar fotovoltaica era ínfima, com cerca de 2 MW (EPE, 2021).

Destacadamente, a principal fonte para geração de energia no país é a hidráulica com 63,8% do total gerado no país em 2020. Apesar desta fonte ser considerada como renovável e limpa, é relativamente mais vulnerável a choques de oferta em razão de mudanças climáticas que alteram o regime de chuvas, incorrendo em um menor nível dos reservatórios que reduzem a capacidade de geração das usinas hidrelétricas, além de acirrar o debate acerca dos usos múltiplos da água (GALVÃO; BERMANN, 2015).

Figura 1 - Mapa do potencial de geração solar fotovoltaica em termos do rendimento energético anual

Fonte: INPE (2017, p.59).

Vieira e Cabral (2012) realçam, adicionalmente, que “a instalação de usinas hidrelétricas causa danos socioambientais consideráveis, como a expulsão de povoados, os alagamentos de extensas áreas”, sendo este um dos principais motivos que pesam contra a construção de novas usinas hidrelétricas de médio e grande porte.

Neste contexto, ao considerarmos que o consumo de energia per capita no Brasil possui tendência a se expandir, em função do aumento da renda nacional, há a necessidade de se investir e incentivar fontes alternativas de energia que não gerem impactos socioambientais e diminuam os riscos de suprimento energético em

períodos de seca, onde a fonte solar fotovoltaica tem se mostrado bastante promissora, sobretudo em geração distribuída (MONTENEGRO, 2013).

Embora a geração solar fotovoltaica seja reconhecidamente uma fonte limpa e sustentável que gera redução de custos por externalidade, como a redução da emissão de gases do efeito estufa (GEE) e baixo impacto social em sua implementação, quando estes não são computados, o custo da energia gerada por sistemas fotovoltaicos se mostra financeiramente alto em relação às fontes convencionais (hidráulica, biomassa, térmica, nuclear e afins), sendo este fator uma das principais barreiras para o desenvolvimento do setor no país (MONTENEGRO, 2013).

1.2 Marcos regulatórios e perspectivas para a difusão da energia solar fotovoltaica no Brasil, com ênfase na modalidade de geração distribuída

Desde 2012, observa-se que há expressiva diminuição nos preços dos módulos fotovoltaicos, que é o principal item de custo para a instalação do sistema de geração de eletricidade a partir da fonte solar. A queda no preço dos módulos fotovoltaicos foi na ordem de 72% no período de 2012 a 2019, sobretudo em razão do crescimento da produção na China, líder mundial na geração de energia elétrica através desta fonte (como mostra a Tabela 1) e responsável por mais de 98% da produção dos módulos fotovoltaicos utilizados no Brasil (BEZERRA, 2020).

Tabela 1 - Geração solar no mundo - 10 maiores países em 2018 (GW)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Δ% (2018/2017)	Part. % (2018)
Mundo	104	147	202	263	345	461	575	24,6	100,0
China	6	15	29	45	75	131	177	34,9	30,8
Estados Unidos	10	17	29	39	55	77	93	20,8	16,2
Japão	7	13	23	35	46	55	63	13,8	10,9
Alemanha	26	31	36	39	38	39	46	16,2	8,0
Índia	2	4	6	10	19	26	40	52,6	6,9
Itália	19	21	22	23	22	24	22	-7,3	3,9
Reino Unido	1	2	4	8	10	11	13	12,0	2,2
Espanha	12	13	13	13	13	14	12	-11,3	2,1
França	4	5	6	8	9	10	11	10,2	1,8
Austrália	2	3	4	5	6	8	10	23,0	1,7
Brasil (20°)	0	0	0	0	0	1	3	316,9	0,6
Outros	13	21	29	39	52	65	88	35,1	15,4

Fonte: Balanço Energético Nacional (2021).

A redução nos preços dos módulos fotovoltaicos aliada aos avanços nas medidas regulatórias da geração distribuída, com a aprovação da REN nº 482/2012, revisada sob a REN nº 687/2015 com o objetivo de reduzir os custos e o tempo para a conexão da micro e minigeração, foram os principais fatores que contribuíram para o avanço dos investimentos em energia fotovoltaica no país nos últimos anos (BEZERRA, 2020).

Conforme Montenegro (2013), o processo de aprovação de uma regulamentação para incentivar o uso da tecnologia de sistemas de geração de energia fotovoltaica no Brasil foi “demorado e cheio de incertezas e reveses”, tendo iniciado os estudos em 2008, com a criação do Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos, sob supervisão do Ministério de Minas e Energia (MME), para então, somente em 2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), aprovar a Resolução Normativa nº 482/2012, que instituiu as condições gerais para micro e minigeradores, com o objetivo principal de reduzir as barreiras para investimentos em geração distribuída.

Antes da aprovação de tal medida regulatória, a ANEEL incluía os sistemas fotovoltaicos integrados às edificações urbanas e interligados à rede elétrica convencional em leis mais gerais que regem a produção, transmissão, distribuição e a comercialização de energia no Sistema Elétrico Brasileiro. Neste contexto, destacam-se as figuras do “Autoprodutor” e o “Produtor Independente de Energia”, instituídos sob o Decreto Federal nº 2.003/96. De forma resumida, o Autoprodutor é definido como aquele que produz energia elétrica para consumo próprio e o Produtor Independente de Energia, com a intenção de venda para terceiros. A geração distribuída, portanto, poderia ser enquadrada tanto como autoprodutor, como Produtor Independente de Energia (BENEDITO, 2009).

Segundo Silva (2015), “a estabilidade regulatória e a redução das incertezas no setor elétrico contribuirão para que os investidores decidam por alocar recursos na geração de energia elétrica de fonte solar, de forma centralizada ou distribuída”.

Desta forma, o presente trabalho analisa as principais contribuições da Resolução Normativa nº 482/2012 da ANEEL e seus desdobramentos que estão atualmente em discussão na esfera pública, que impactaram na tomada de decisão dos agentes econômicos para a realização de investimentos em geração distribuída, em especial energia fotovoltaica.

1.3Objetivos

O objetivo deste trabalho é identificar, analisar e avaliar as contribuições e os impactos da Resolução Normativa nº 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) sobre a decisão de investimento em geração de energia elétrica a partir da fonte solar fotovoltaica no contexto da modalidade de geração distribuída.

Neste sentido, busca-se responder as seguintes questões:

1. Quais foram os principais fatores presentes na Resolução Normativa nº 482/2012 da ANEEL que afetaram na decisão de investimento em geração distribuída através da fonte fotovoltaica, conforme aponta a análise bibliográfica?
2. Tendo em vista as discussões no setor elétrico, meio ambiente e sociedade, quais são as principais demandas dos agentes econômicos em vias de alterar a atual regulamentação da geração distribuída?

1.4Justificativa

Ao considerarmos a necessidade de investimento em fontes alternativas de geração de energia elétrica que sejam sustentáveis, limpas e de baixo impacto social e ambiental, a utilização da fonte solar se mostra bastante promissora para o Brasil em razão de sua posição geográfica e das perspectivas de redução dos custos financeiros para a instalação de módulos fotovoltaicos, com a maior produção da China, que torna viável em termos financeiros o crescimento dos investimentos neste setor, sobretudo na forma de geração distribuída.

Neste contexto, o presente trabalho visa contribuir com a análise dos aspectos regulatórios do setor, com foco na Resolução Normativa nº 482/2012 e seus desdobramentos, de forma a verificar os impactos do desenho jurídico sobre a decisão de investimento dos agentes econômicos em geração distribuída, em especial com a utilização de sistemas fotovoltaicos conectados à rede de distribuição local.

1.5Metodologia

Este trabalho foi conduzido por uma análise documental, com base nos estudos setoriais e relatórios técnicos disponibilizados pela Agência Nacional de

Energia Elétrica (ANEEL), além de estudos existentes na literatura acadêmica acerca dos aspectos legais da geração distribuída no Brasil e em relação a outros países, incentivos ao setor elétrico, de viabilidade econômico-financeira e perspectivas para o seu desenvolvimento.

A principal fonte dos dados foi através do site da ANEEL, que disponibiliza os principais dados referentes ao setor de energia de forma acessível ao público, representados em meio digital, estruturados em formato aberto (ANEEL, 2019).

Dentre os dados utilizados, destaca-se o Sistema de Geração Distribuída, SISGD da ANEEL, que fornece informações estratificadas de conexões em geração distribuída no Brasil, sendo os mais importantes que foram utilizados neste trabalho: conexão por região, por classe de consumo, por fonte de geração (em MWh – Megawatt hora), ano de conexão, potência instalada (em MWh), bem como modalidade de conexão.

Também foram utilizadas as pesquisas e dados abertos disponibilizados publicamente pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE (EPE, 2017).

Deste modo, faz-se o uso do método descritivo e dedutivo.

1.6 Estrutura do trabalho

Esta monografia está organizada em cinco capítulos.

O primeiro capítulo é a introdução conjuntamente com a revisão bibliográfica fundamental que explora o tema da geração solar fotovoltaica no Brasil e suas relações com o desenvolvimento regulatório, com ênfase na Resolução Normativa nº 482/2012 da ANEEL. Também faz-se a apresentação dos objetivos e justificativas para o presente estudo.

No segundo capítulo, é apresentado o sistema elétrico brasileiro, suas principais características históricas, estruturais e seu desenho jurídico, destacando-se o papel dos órgãos reguladores no setor.

O capítulo terceiro trata da geração distribuída (GD) e da fonte solar fotovoltaica, apresentam-se os dados de evolução do setor e traça um panorama sobre seu desenvolvimento no Brasil.

No quarto capítulo, tem-se a discussão a respeito dos aspectos regulatórios sobre geração distribuída no Brasil, com foco na Resolução Normativa nº 482/2012 da

ANEEL, bem como traça um panorama dos seus impactos sobre a decisão de investimento em geração distribuída através da fonte solar fotovoltaica.

No quinto capítulo, concluí-se o presente estudo e responde as questões expostas nos objetivos desta introdução.

2 SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO – INFRAESTRUTURA E DESENHO JURÍDICO

Este capítulo tem como objetivo caracterizar o setor elétrico brasileiro no âmbito dos aspectos estruturais, referente a infraestrutura e composição da matriz elétrica nacional, e jurídicos, relacionado aos órgãos públicos responsáveis por regular, fiscalizar e implementar políticas para o setor.

2.1 Setor elétrico brasileiro

O setor elétrico brasileiro, de modo geral, pode ser subdividido em quatro segmentos principais: geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica. Cada um destes possui uma diferente função de atuação para garantir o suprimento de energia elétrica no país.

As geradoras de energia são as responsáveis pela produção da energia elétrica a partir de uma determinada fonte, que pode ser renovável ou não. Produzida a energia, esta segue para as transmissoras de energia, que a transportam através de redes elétricas que interligam as geradoras às distribuidoras de energia, sendo estas as responsáveis por reduzir a carga da rede através de subestações de energia e entregá-la ao consumidor final.

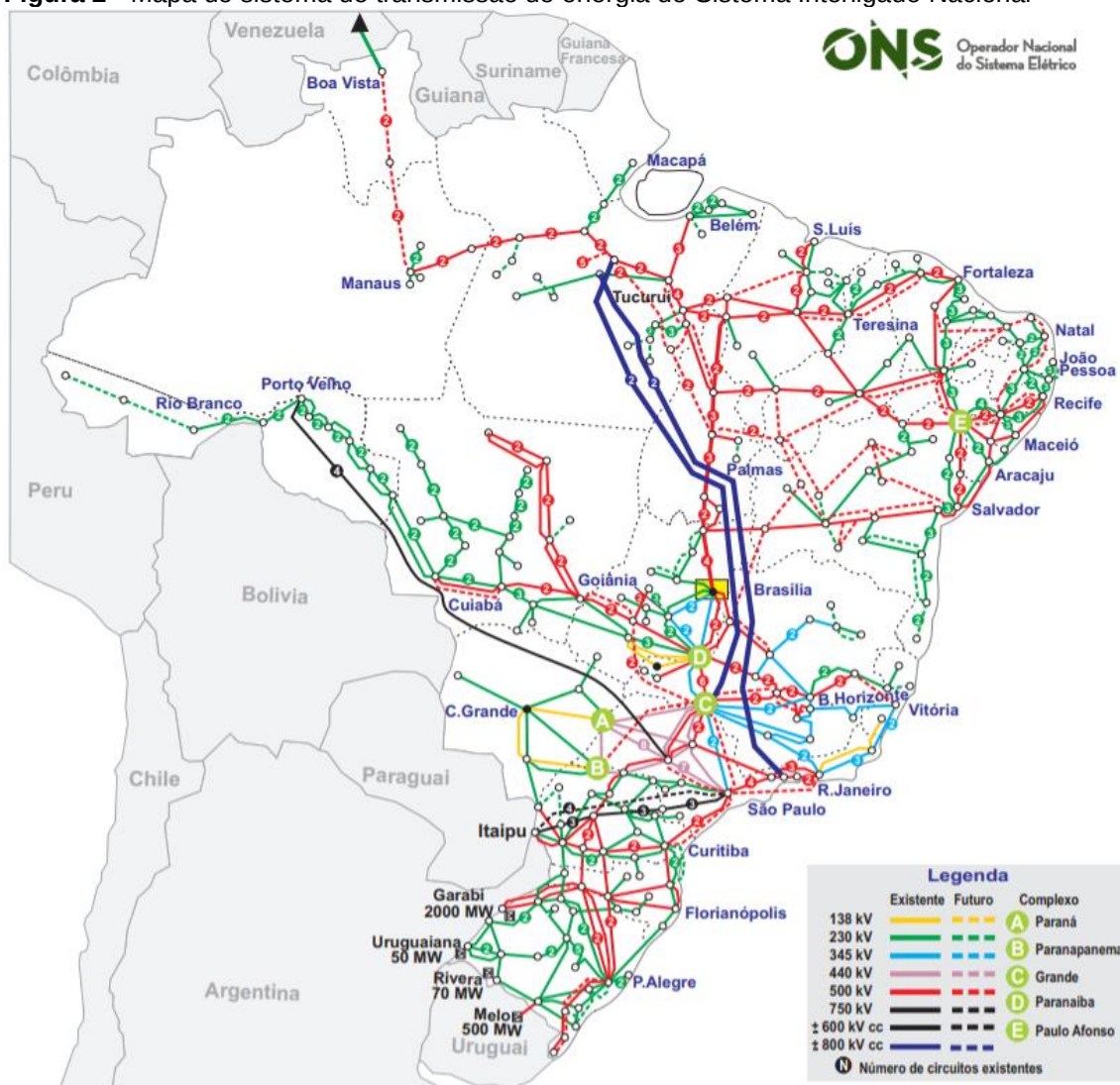
2.1.1 Sistema Interligado Nacional (SIN)

Aproximadamente 90,5% da geração de energia do país é gerada através do Sistema Interligado Nacional (SIN), que é responsável por realizar a interconexão entre sistemas elétricos de diferentes regiões no país, o que permite a intercambialidade da energia gerada dentre as regiões geradoras através de uma extensa malha de transmissão, como forma de minimizar os riscos de suprimento de energia em determinadas regiões, sobretudo aqueles derivados de condições climáticas, haja visto que cerca de 63% da geração de energia do sistema é proveniente da geração hidráulica (ONS, 2021).

O SIN é dividido em quatro subsistemas regionais, sendo: Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e Norte. A região norte se configura como a

região mais afastada dos demais subsistemas, condição derivada tanto por questões históricas de baixo desenvolvimento econômico industrial, quanto por questões de baixo investimento público e privado na região, onde cabe destacar que nesta região há sistemas isolados que representam cerca de 1% da carga total de energia gerada no país. A interconexão dos sistemas pode ser observada na Figura 2, abaixo.

Figura 2 - Mapa do sistema de transmissão de energia do Sistema Interligado Nacional



Fonte: ONS. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/mapas>. Acesso em 11 ago. 2021.

Como pode ser observado na Figura 2 acima, o Brasil detém uma extensa malha de transmissão que é operada por diversas empresas privadas

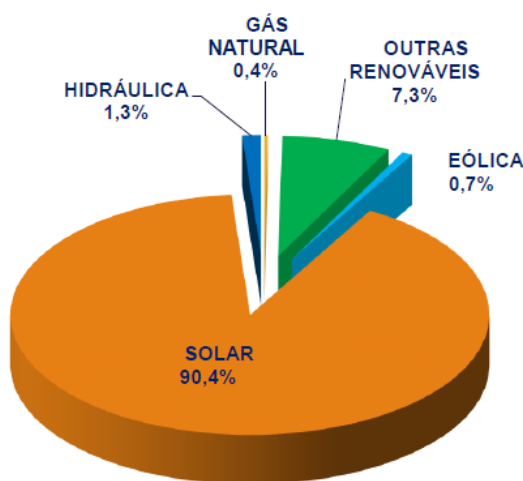
ou públicas. Esta infraestrutura que permite a intercambialidade de energia entre os sistemas regionais e conta, atualmente, com cerca de 145,6 mil Km de extensão e que, conforme projeções do órgão regulador do sistema, deverá atingir cerca de 184 mil Km até 2025, *i.e.* uma ampliação de cerca de 27% na extensão global do SIN, para atendimento da ampliação da demanda por energia no período (ONS, 2021).

2.1.2 Geração Distribuída (GD)

Conforme definido na Resolução Normativa 482/2012 da ANEEL, pode-se considerar micro ou minigeração distribuída, uma central geradora de energia elétrica, cuja potência instalada não ultrapasse 5 MW e que utilize cogeração qualificada ou fontes de energia renovável, conectada na rede de distribuição por meio de instalações na proximidade com a unidade consumidora (ANEEL, 2012a).

Diante de tal definição, observa-se que a geração distribuída (GD), difere-se da geração centralizada de energia elétrica, uma vez que a unidade geradora deve estar situada nas proximidades da unidade consumidora e, além disso, há necessidade de estar em conformidade com os parâmetros da ANEEL para cogeração qualificada (com o objetivo de melhorar a eficiência energética de fontes térmicas), bem como há o comprometimento com a geração de energia por meio de fontes renováveis.

Conforme dados do Balanço Energético Nacional (EPE, 2021), em 2020 houve avanço de 137% da geração de energia elétrica através dessa modalidade, com cerca de 5,2 TWh, com destaque para a geração através da fonte solar fotovoltaica que representa cerca de 90,4% da geração distribuída no país, como pode ser observado no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Participação por fonte na Geração Distribuída em 2020

Fonte: Balanço Energético Nacional (2021).

2.2 Matriz elétrica nacional

Por definição, matriz elétrica é o conjunto de fontes disponíveis apenas para a geração de energia elétrica de um determinado país (EPE, acesso em 15 ago. 2021). Neste sentido, estas fontes podem ser classificadas em dois grandes grupos a partir de sua capacidade de regeneração ao longo do tempo: as renováveis e as não renováveis.

As fontes renováveis são aquelas que possuem um alto grau de regeneração, pois os ciclos de renovabilidade são contínuos dentro de um curto espaço de tempo, como por exemplo a energia solar, hidráulica, eólica, oceânica e de biocombustíveis (SANTOS; RODRIGUES; CARNIELLO, 2013).

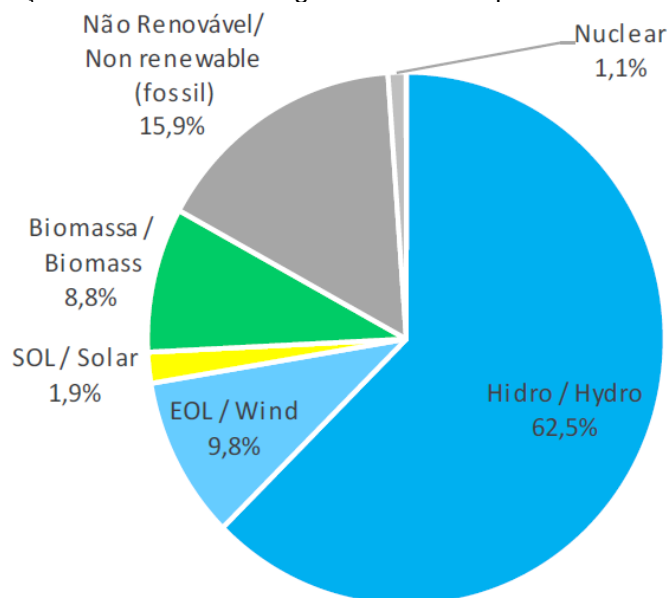
Por outro lado, as fontes não renováveis são aquelas que possuem ciclos de renovabilidade longos, que demandam milhões de anos para se recompor, de forma que o seu uso é limitado à quantidade que a natureza possui em reserva, como por exemplo os combustíveis de origem fóssil (petróleo, gás natural e carvão mineral), bem como energia nuclear, gerada a partir da fissão dos átomos de urânio (SANTOS; RODRIGUES; CARNIELLO, 2013).

As fontes de energia renováveis apresentam importantes vantagens comparativas em relação às não renováveis, não somente por possuírem um ciclo de renovação contínuo, que assegura uma maior estabilidade de oferta no

longo prazo, mas principalmente pela redução de impactos ambientais negativos, uma vez que a queima de combustíveis fósseis gera a emissão de gases do efeito estufa (GEE), o que contribui para o aumento da temperatura da Terra levando a mudanças climáticas prejudiciais à vida na Terra, fenômeno este conhecido por “aquecimento global”.

A matriz elétrica brasileira possui significativa participação das fontes renováveis em sua composição, as quais representaram 84,1% da capacidade instalada em 2020, sendo a fonte hidráulica a principal com 62,5% do total, segundo dados do Balanço Energético Nacional exibidos no Gráfico 2 (EPE, 2021).

Gráfico 2 - Participação das fontes de energia elétrica na capacidade instalada

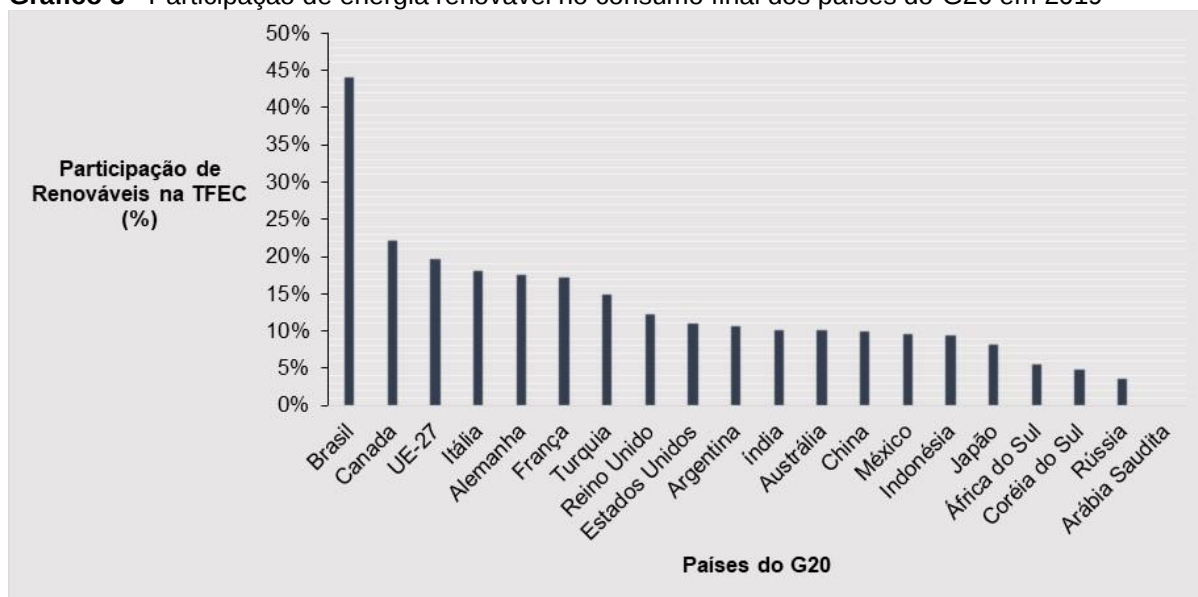


Fonte: Boletim Energético Nacional 2021.

Esta composição da matriz elétrica brasileira confere ao país uma importante posição mundial na capacidade de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis, sendo o líder entre os países do G20 no consumo final total de energia (TFEC) em termos relativos, com 43% do total em 2019, e o terceiro maior em termos de capacidade acumulada, com cerca de 150 GW, atrás apenas de China (908 GW) e Estados Unidos (313 GW), sendo estes países os maiores consumidores mundiais de energia, conforme dados do

Relatório de Status Global das Energias Renováveis (2021), ilustrado no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Participação de energia renovável no consumo final dos países do G20 em 2019



Fonte: Relatório de Status Global das Energias Renováveis (2021). Elaborado pelo autor.

Por outro lado, apesar da posição de destaque internacional, o país ainda apresenta gargalos estruturais na composição de sua matriz elétrica, uma vez que, por razões históricas e tecnológicas, priorizaram-se investimentos na construção de hidrelétricas que, embora renováveis, é dependente do regime de chuvas para abastecer os reservatórios para gerar energia, de forma que é comprometido em períodos de escassez, o que torna o país suscetível a crises energéticas, além de acirrar o debate acerca dos usos múltiplos da água, onde o consumo humano e de animais é prioritário em situações de estiagem desde o estabelecimento da Lei das Águas de 1997 (GALVÃO; BERMAN, 2015).

2.3 Regulação do setor elétrico nacional

Por se tratar de um segmento estratégico e de considerável importância para o desenvolvimento econômico e social do país, o setor elétrico possui a característica de possuir alta regulamentação exercida pelo Governo Federal com o objetivo de assegurar o correto funcionamento e desenvolvimento do setor.

2.3.1 Breve histórico da regulamentação do setor elétrico nacional

A atual estrutura regimental do setor elétrico brasileira é relativamente recente, onde podemos tomar como ponto de partida a reestruturação do setor que fora iniciada em meados da década de 1990, com a privatização de grandes concessionárias de energia do país, como por exemplo a Eletropaulo em 1998 e a Light em 1996, conforme aponta (SILVA, 2011).

Dentro desta reestruturação atual do setor elétrico, primeiramente destaca-se a criação da Agência Nacional de Energia Elétrica, a ANEEL, através da Lei 9.427 de 1996, sendo esta uma autarquia sob regime especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), com o objetivo de regular e fiscalizar a geração/produção, transmissão e comercialização de energia elétrica no país, devendo-se estar em conformidade com as políticas e diretrizes do Governo Federal (BRASIL, 1996).

Apesar da criação da ANEEL em 1996, importante observar que sua atuação tem início apenas em outubro de 1997, após o Decreto 2.335. Com a criação da ANEEL, tem-se a extinção do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE.

Cabe destacar que o extinto DNAEE foi criado em 1965, através da Lei 4.904, até então integrante do MME, e tinha como principal função orientar e controlar a política dos recursos hídricos e da energia elétrica, sobretudo assegurar a execução do Código de Águas criado em 1934 através do Decreto 24.643. A ANEEL, no âmbito de suas atribuições legais, deve exercer suas competências segundo as normas do Código de Águas (BRASIL, 1996).

Em 1998, é criado o Mercado Atacadista de Energia (MAE) conjuntamente com o Operador Nacional do Sistema (ONS), através da Lei 9.648, sendo, em linhas gerais, responsável por coordenar e controlar a operação de geração e transmissão de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional (SIN) (BRASIL, 1998).

Importante mencionar que as atribuições gerais do ONS foram alteradas mais tarde pela Lei 10.848 de 2004 e Decreto 5.081 do mesmo ano, com as novas diretrizes para a comercialização de energia elétrica entre os agentes inseridos no SIN, mediante a contratação em ambiente regulado ou livre.

Em 2004, há a criação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), através da Lei 10.847, sendo responsável por prestar serviços de estudos e pesquisas do setor energético para o Ministério de Minas e Energia, com o objetivo de amparar o planejamento estratégico do setor no Brasil. Vale observar que a sua criação está intimamente ligada à crise energética de 2001 e à nova regulamentação do sistema elétrico nacional, cuja melhoria do desenho jurídico remonta à implementação da Lei 10.848 supracitada, conjuntamente com a instituição do Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE), este último com o objetivo de acompanhar as atividades de geração, transmissão, distribuição, comercialização, importação e exportação de energia elétrica em todo o território nacional (GUERRA; SILVA, 2017).

A criação da EPE é um marco importante para o planejamento do setor elétrico nacional, sobretudo nos moldes de um sistema interligado, como observa Chiappin (2019, p.590):

A criação da EPE vem preencher a ausência de um órgão de planejamento da expansão do setor elétrico de longo prazo e, com isso, contribuir para transformar o modelo do regime institucional jurídico que implantou o mercado competitivo nos setores de geração e comercialização num “Novo Modelo do Setor de Energia Elétrica”, com o objetivo de criar fundamentos mais sólidos da infraestrutura de energia elétrica para o desenvolvimento econômico e social. [...]

2.3.2 Principais órgãos reguladores do setor elétrico nacional

Os dois principais órgãos de regulamentação do setor elétrico, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e o Operador Nacional do Sistema (ONS) são autarquias em regime especial, ambos vinculados ao Ministério de Minas e Energia (MME).

Como autarquia em regime especial, destacam-se os seguintes aspectos depreendidos do Decreto-Lei 200 de 1967, que dispõe sobre a organização da Administração Federal, dentre outras providências (BRASIL, 1967):

- a) As autarquias se enquadram no âmbito da “Administração Indireta”, *i.e.* possuem vínculo com órgãos da administração direta, porém são dotadas de personalidade jurídica própria;
- b) A sua criação ou exclusão é definida por lei;

- c) Por ser considerado um serviço autônomo, não há relação de subordinação com o ente da administração direta que o instituiu.

Deste modo, destaca-se que, embora tanto a ANEEL como a ONS sejam órgãos vinculados ao MME, possuem autonomia sobre a disposição de suas competências atribuídas conforme definido em suas respectivas leis de criação.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) iniciou suas atividades em dezembro de 1997, após a publicação do Decreto 2.335 e possui como principais atribuições (ANEEL, 2012b):

- a) Regular a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia e elétrica;
- b) Fiscalizar, diretamente ou mediante convênios com órgãos estaduais, as concessões, as permissões e os serviços de energia elétrica;
- c) Implementar as políticas e diretrizes do governo federal relativas à exploração da energia elétrica e ao aproveitamento dos potenciais hidráulicos;
- d) Estabelecer tarifas para o suprimento de energia elétrica realizado às concessionárias e permissionárias de distribuição;
- e) Mediar, na esfera administrativa, os conflitos entre os agentes e entre esses agentes e os consumidores;
- f) Por delegação do Governo Federal, promover as atividades relativas às outorgas de concessão, permissão e autorização de empreendimentos e serviços de energia elétrica.

A estrutura organizacional da ANEEL conta com dois níveis hierárquicos, sendo conduzida por uma Diretoria Colegiada, que possui um diretor geral e outros quatro diretores, que dependem de aprovação do Senado Federal e nomeação do presidente da República, com mandatos de quatro anos. Além da diretoria, possui 20 unidades técnicas e de apoio que fornecem os trabalhos para as tomadas de decisão da Diretoria (ANEEL, 2012b).

No âmbito regulatório, a ANEEL estabelece as condições para a prestação de serviços, com o objetivo de garantir as condições necessárias de qualidade, segurança e tarifária. “A regulação consiste na emissão de despachos e resoluções normativas homologatórias e autorizativas necessárias à implementação das políticas e diretrizes setoriais estabelecidas pelo Governo Federal” (ANEEL, 2012b).

Em relação à fiscalização dos serviços de energia elétrica, “tem como objetivo verificar o atendimento aos compromissos legais e contratuais pelas empresas do setor elétrico” (ANEEL, 2012b).

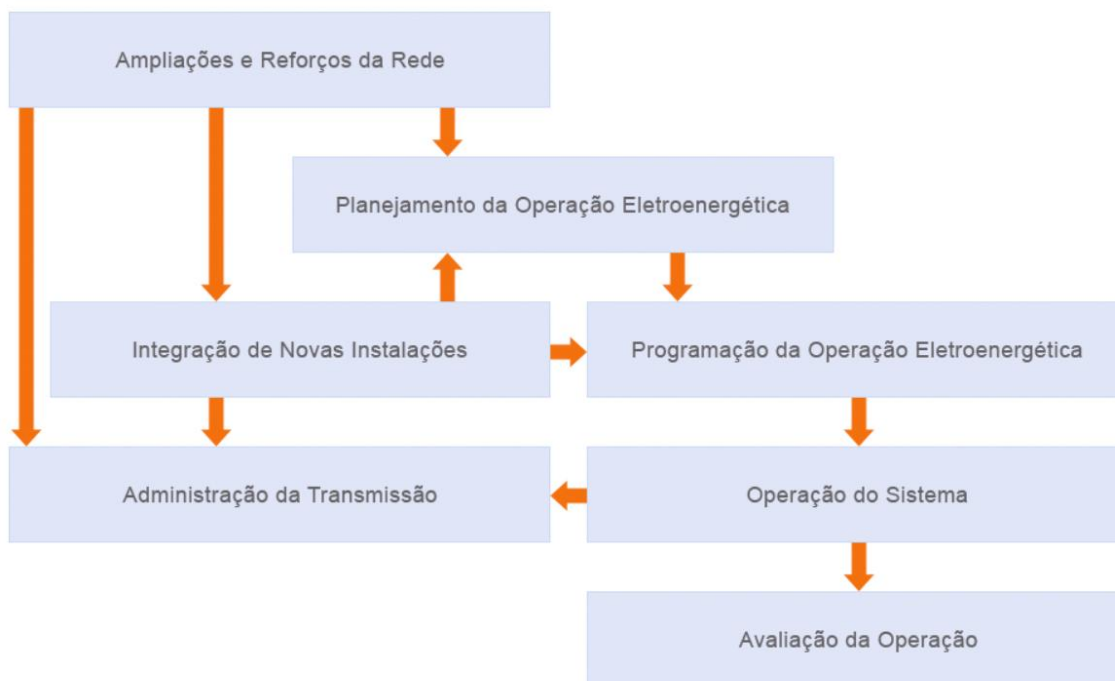
Cabe destacar que a ANEEL pode descentralizar parte de suas atividades, por meio da assinatura de convênios de cooperação com agências reguladoras estaduais, com o objetivo de tornar as suas atribuições mais eficientes (ANEEL, 2012b).

Quanto ao Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), criado através da Lei 9.648 de 1998, cuja as atuais atribuições são finalmente definidas através do Decreto 5.081 de 2004, possui como principais atribuições (ONS, acesso em 11 ago. 2021a):

- a) Coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN);
- b) Planejamento da operação dos sistemas isolados (esta atribuição foi assumida em maio de 2017);

As suas principais atividades desenvolvidas podem ser observadas na Figura 3 abaixo.

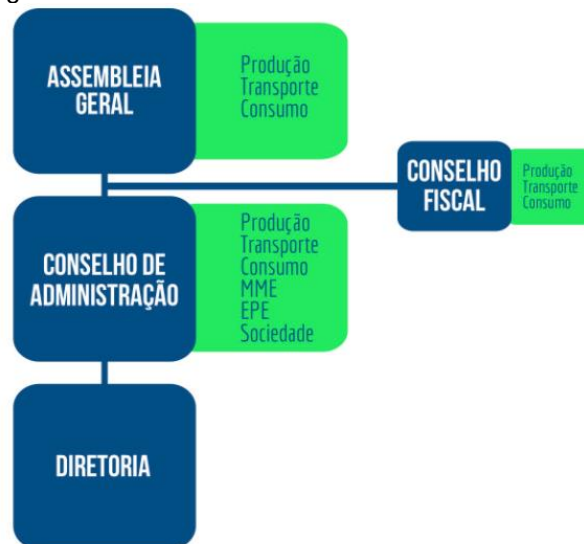
Figura 3 - Atividades desenvolvidas pelo ONS



Fonte: ONS. Disponível em <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/atuacao>. Acesso em: 11 ago. 2021.

O ONS possui estrutura organizacional que conta com a presença de uma Assembleia Geral, um Conselho de Administração, um Conselho Fiscal e a Diretoria, cuja ordem hierárquica pode ser verificada na Figura 4.

Figura 4 - Estrutura organizacional ONS



Fonte: ONS. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/governanca/visao-geral>. Acesso em: 11 ago. 2021.

Cabe destacar que a diretoria é formada por um Diretor geral e quatro Diretores, eleitos pela Assembleia Geral, sendo que três são indicados pelo Ministério de Minas e Energia e dois pelos agentes do setor elétrico (ONS, acesso em 11 de ago. 2021).

3 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ENERGIA FOTOVOLTAICA

A geração distribuída (GD) no Brasil tem como principal fonte de geração de energia elétrica a solar fotovoltaica, com cerca de 90,4% do total gerado na modalidade no ano de 2020 e representava 97% da capacidade instalada no mesmo ano (EPE, 2021).

Desta forma, o presente capítulo tem como objetivo caracterizar a geração distribuída no Brasil, bem como realizar um panorama da energia fotovoltaica nesta modalidade, com ênfase no papel regulatório exercido pela resolução normativa 482/2012 da ANEEL.

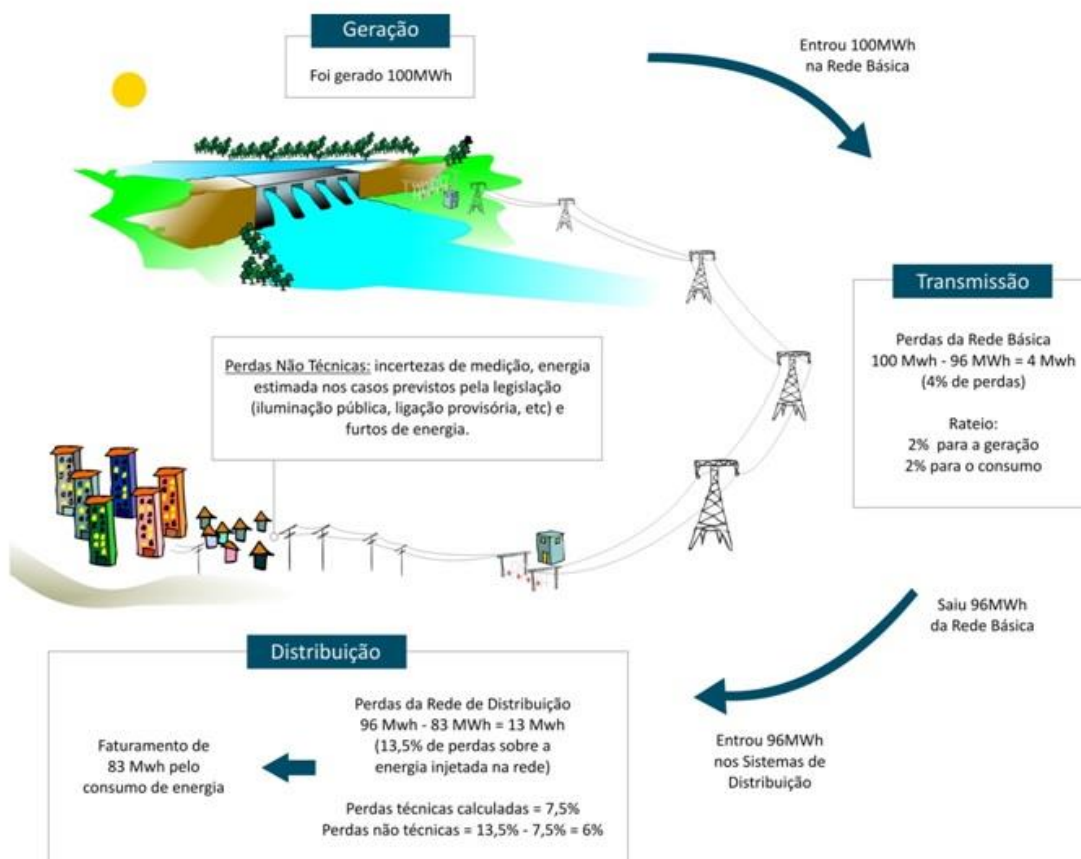
3.1 Geração Centralizada e Geração Distribuída de energia elétrica

Conforme já discutido no capítulo anterior, o Brasil possui mais de 90% de sua geração de energia elétrica voltada ao sistema interligado nacional (SIN). O SIN, bem como os sistemas isolados, podem ser considerados sistemas de geração centralizados, onde há a figura de usinas geradoras de energia elétrica cuja potência instalada, em geral, é superior a 5 MW para alimentar estes sistemas, onde comumente estão distantes do consumidor final.

Em contraposição, a geração distribuída é caracterizada pela proximidade entre a unidade geradora e consumidora. Conforme diversos autores e estudos do setor indicam, esta proximidade é uma das principais razões para incentivar a geração distribuída, uma vez que evita as perdas de energia do sistema.

As perdas de energia podem ser de natureza técnica, relacionadas à transformação de energia elétrica em energia térmica nos condutores através do efeito joule, além perdas nos núcleos dos transformadores e afins. Além disso, ocorrem as perdas de caráter não técnico, derivados em sua maior parte de furto ou fraude, ou mesmo erros de medição e faturamento. Uma demonstração de como ocorrem as perdas no setor podem ser observadas na Figura 5 (ANEEL, acesso em: 19 set. 2021).

Cabe destacar que as perdas de energia por gerar custos às distribuidoras de energia elétrica, são pagas pelo consumidor final, tanto as de natureza técnica como as oriundas de caráter não técnico (ANEEL, acesso em: 19 set. 2021).

Figura 5 - Ilustração das perdas de energia elétrica do sistema

Fonte: Aneel. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/metodologia-distribuicao/-/asset_publisher/e2intbh4ec4e/content/perdas/654800?inheritredirect=false. Acesso em 19 set. 2021.

Em 2020, as perdas totais na distribuição de energia elétrica representaram cerca de 14,8% do mercado consumidor, o que em termos absolutos representam cerca de 37,9 TWh, o que é superior ao consumo de energia elétrica das regiões Norte e Centro-Oeste em 2018. O Gráfico 4 abaixo ilustra estas perdas totais em 2020 e, mais abaixo, o Gráfico 5 apresenta a evolução das perdas do sistema de 2008 a 2020 (ANEEL, 2021).

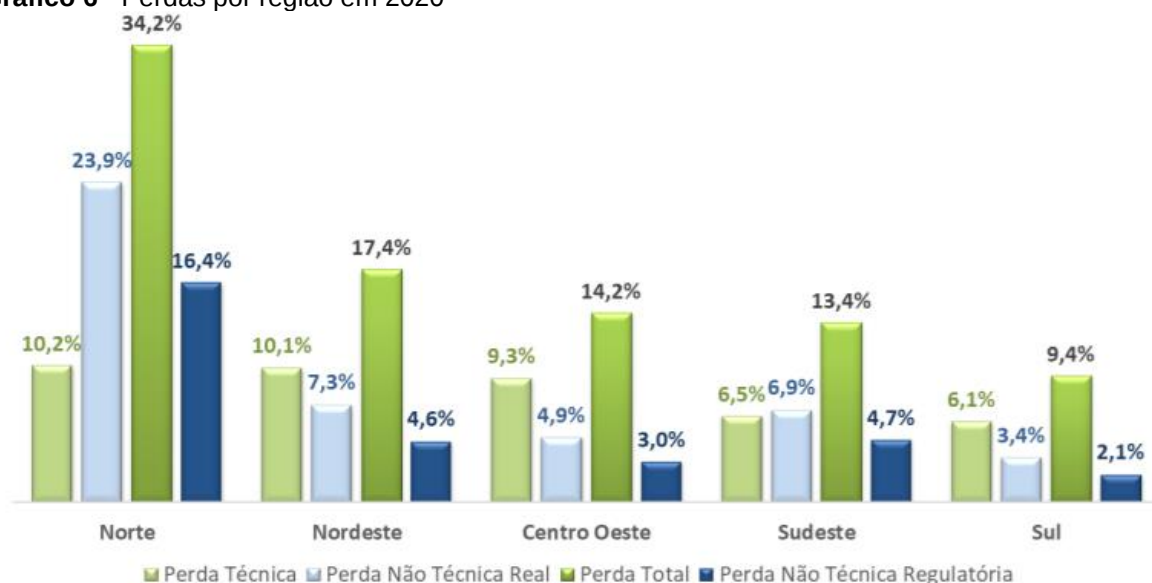
Gráfico 4 - Perdas sobre a energia injetada na rede em 2020

Fonte: ANEEL (2021a).

Gráfico 5 - Histórico de perdas sobre a energia injetada na rede no Brasil (2008 - 2020)

Fonte: ANEEL (2021a).

Ainda em relação às perdas de energia, observa-se que as regiões em que ocorrem maior nível de perdas totais são as regiões Norte e Nordeste, como pode ser observado no Gráfico 6.

Gráfico 6 - Perdas por região em 2020

Fonte: ANEEL (2021b).

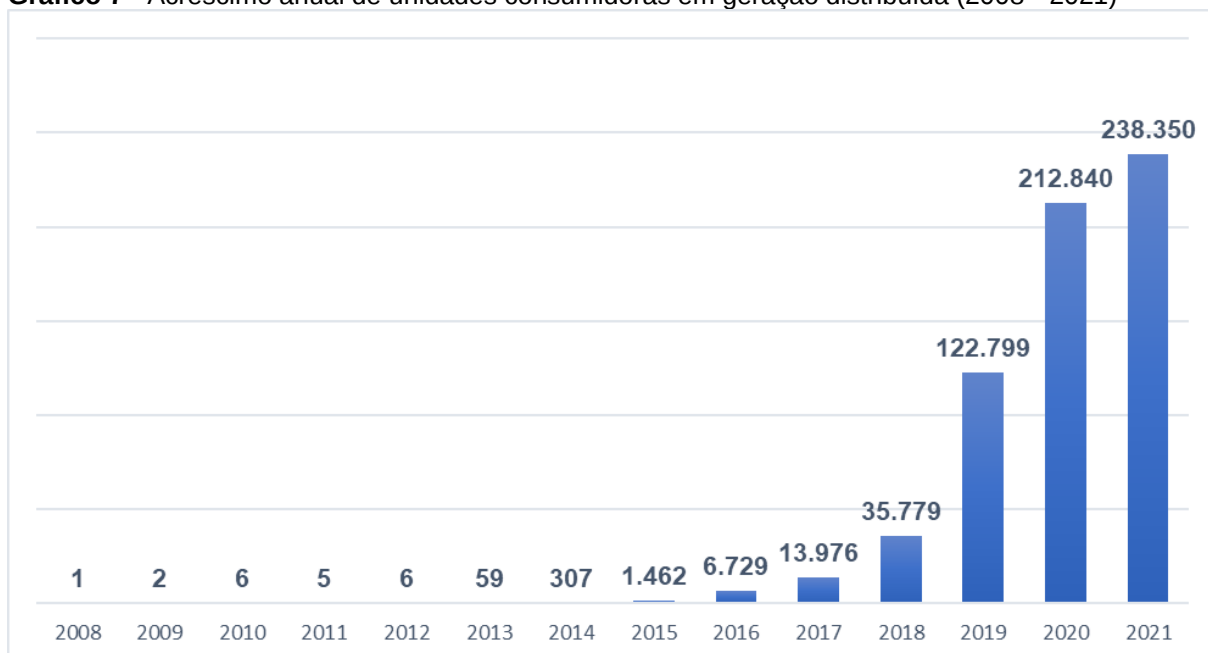
Além da redução de perdas, a geração distribuída também traz a vantagem de reduzir a necessidade de realização de volumosos investimentos em usinas e sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica, além de tornar o consumidor relativamente mais independente do sistema centralizado, uma vez que será produtor e consumidor simultaneamente, na figura do “prossumidor” (SALES; HOCHSTELER, 2019).

Por outro lado, como indicam alguns autores, o processo burocrático e os elevados custos de instalação de sistemas de geração próprios são um dos principais obstáculos para o desenvolvimento da geração distribuída no país (MONTENEGRO, 2013).

3.2 Caracterização da geração distribuída no Brasil

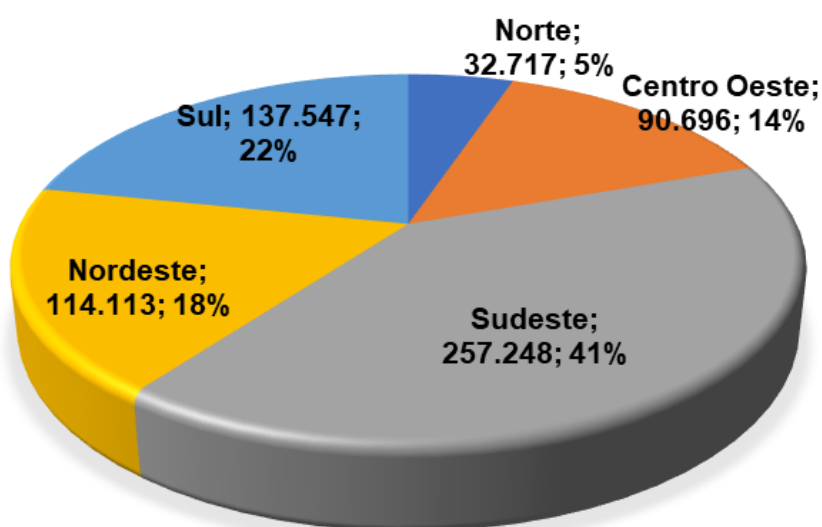
Conforme dados do Balanço Energético Nacional (EPE, 2021), até o final de 2020 o Brasil contava com capacidade instalada em geração distribuída de cerca de 5,2 TWh, o que representava um avanço de 137% em relação a 2019.

Em 2021, segundo dados da ANEEL, já se observa novo crescimento da potência instalada na ordem de 148% de dezembro de 2020 a outubro de 2021, através do acréscimo de 238 mil novas unidades consumidoras com geração distribuída, conforme pode ser observado no Gráfico 7.

Gráfico 7 - Acréscimo anual de unidades consumidoras em geração distribuída (2008 - 2021)

Fonte: ANEEL (2021a). Elaboração do próprio autor. Nota: dados referentes ao ano de 2021 compreende ao acumulado de 01 de janeiro a 14 de outubro.

Com este crescimento nos últimos anos, o número de unidades consumidoras enquadradas no modelo de geração distribuída já atingiu o total de 632 mil, sendo que deste total, observa-se concentração na região sudeste com cerca de 257 mil unidades, o que representa 41% do total, como pode ser observado no Gráfico 8.

Gráfico 8 - Total de unidades consumidoras instaladas por região

Fonte: ANEEL (2021a). Elaboração do próprio autor. Dados referentes a 14 de outubro de 2021.

Tendo em vista que uma das condições necessárias para o enquadramento em geração distribuída é que a fonte de geração deve ser renovável ou por meio de

cogeração qualificada, destaca-se que cerca de 99% das unidades instaladas utilizam a fonte solar fotovoltaica, sendo que esta fonte representa 97,4% da capacidade total instalada no país, conforme pode ser observado na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 - Capacidade instalada de geração por fonte e região

Unidade Geográfica	UFV		CGH		UTE		EOL		TOTAL	
	Potência (kW)	% Brasil	Potência (kW)	% Brasil	Potência (kW)	% Brasil	Potência (kW)	% Brasil	Potência (kW)	% Brasil
Brasil	7.173.307	97,44%	64.651	0,88%	108.913	1,48%	14.931	0,20%	7.361.802	100,00%
Norte	389.645	5,43%	6.001	9,28%	2.194	2,01%	9	0%	397.849	5,40%
Centro Oeste	1.237.629	17,25%	2.460	3,81%	28.152	25,85%	0	0%	1.268.241	17,23%
Sudeste	2.656.165	37,03%	49.785	77,01%	50.480	46,35%	116	1%	2.756.546	37,44%
Nordeste	1.379.776	19,23%	230	0,36%	8.022	7,37%	14.721	99%	1.402.748	19,05%
Sul	1.510.093	21,05%	6.175	9,55%	20.065	18,42%	84	1%	1.536.418	20,87%

Fonte: ANEEL (2021a). Elaboração do próprio autor. Nota 1: os dados acima são referentes a 14 de outubro de 2021 e a ANEEL os atualiza recorrentemente, de forma que poderá haver divergências se a coleta dos dados for realizada em data futura ao da pesquisa. Acesso em 01 nov. 2021. Nota 2: UUV – Fotovoltaica; CGH – Hidráulica; UTE – Térmica por cogeração qualificada; EOL – Eólica.

Os empreendimentos que utilizam geração distribuída no Brasil são os residenciais com 75,9% do total das unidades consumidoras e o comercial, que representa 14,3%. Por outro lado, tendo em vista que as unidades residenciais, em geral, precisam de uma menor capacidade instalada, observa-se que o ramo residencial detém 40,8% da potência total instalada e o comercial, 35,7%, conforme pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 - Unidades consumidoras e potência instalada por tipo de classe de consumo

Classe da Unidade Consumidora	Nº de Unidades Consumidoras	Participação (%)	Potência (kW)	Participação (%)
Comercial	90.205	14,27%	2.630.906	35,74%
Iluminação pública	37	0,01%	1.180	0,02%
Industrial	12.919	2,04%	600.147	8,15%
Poder Público	2.108	0,33%	84.335	1,15%
Residencial	479.980	75,91%	3.006.619	40,84%
Rural	46.933	7,42%	1.031.548	14,01%
Serviço Público	139	0,02%	7.068	0,10%
Total	632.321	100,00%	7.361.802	100,00%

Fonte: ANEEL (2021). Elaboração do próprio autor. Nota: os dados acima são referentes a 14 de outubro de 2021 e a ANEEL os atualiza recorrentemente, de forma que poderá haver divergências se a coleta dos dados for realizada em data futura ao da pesquisa. Acesso em 01 nov. 2021.

3.3 Crises energéticas e a fonte hídrica

Conforme observa Landeira (2013), o Brasil enfrenta diversos desafios relacionados à energia elétrica, sendo que um dos principais está relacionado à sua matriz elétrica fundamentada na fonte hidráulica que por razões históricas, tecnológicas e geográficas foi priorizada em relação às demais.

Adicionalmente, a importância da geração de energia por meio de fontes intermitentes é relativamente recente no Brasil, sendo remontada a partir das discussões sobre como evitar problemas com o fornecimento de energia elétrica no país após a “Crise do Apagão”, ocorrida entre os anos de 2001 e 2002, ocasionada pela baixa diversificação da matriz elétrica nacional, bem como em decorrência da sua significativa dependência da fonte hidráulica que foi afetada pelo baixo regime de chuvas e escassez dos reservatórios (LANDEIRA, 2013).

A supracitada “Crise do Apagão” não foi a primeira crise energética no país que gerou debates acerca do setor elétrico nacional. Como aponta Chiganer et al (2002), eram comuns crises energéticas na década de 1950 em decorrência do aquecimento da economia local, com o desenvolvimento da indústria brasileira, o que implicava na necessidade de racionamento de energia.

Estes desarranjos estruturais levaram à maior presença do Estado no setor elétrico, haja visto que até então predominava a iniciativa privada no setor, contudo, com o crescimento da economia doméstica, ocorria redução da qualidade do fornecimento do serviço em razão de risco de retorno no investimento e incertezas relevantes no horizonte de longo prazo, de forma que ficava eminente a necessidade de melhor planejamento do setor público (CHIGANER et al., 2002).

De modo geral, entre as décadas de 1950 a 1990 ocorreu a fase de estatização do setor elétrico nacional, com a criação de diversas medidas e órgãos regulatórios como forma de melhorar o planejamento do setor. Após 1990, há a etapa de privatizações do setor elétrico, sobretudo após 1995, quando a economia brasileira inicia a etapa de estabilização com o Plano Real (SILVA, 2011).

No período em que o Estado tinha maior participação no setor elétrico, vale destacar que a oferta interna de energia crescia, porém sempre com grande participação da hidroeletricidade em detrimento de outras fontes, como apontam Goldemberg e Moreira (2005, p.218) abaixo:

A geração de eletricidade no Brasil cresceu a uma taxa média anual de 4,2% entre 1980 e 2002, e sempre a energia hidráulica foi dominante. As outras tecnologias geradoras de eletricidade são nuclear, gás e óleo diesel, ainda que nenhuma tenha uma porcentagem maior do que 7%.

Entretanto, mesmo após o início da etapa de privatização e da reestruturação do setor elétrico, o investimento em novas fontes de energia ainda não fora capaz de reduzir de forma expressiva a dependência da matriz elétrica nacional da fonte hídrica, sobretudo até a já mencionada “Crise do Apagão”, como continua a passagem supracitada no estudo de Goldemberg e Moreira (2005, p.218):

A introdução da biomassa, energia nuclear e gás natural reduziu a porcentagem da hidroeletricidade de 92% em 1995 para 83% em 2002, mas o crescimento forte e contínuo na demanda por eletricidade exige, em termos absolutos, mais do que o dobro da geração atual de hidroeletricidade, mesmo que a menores taxas de crescimento que as outras opções de geração.

Com a “Crise do Apagão” entre anos 2001 e 2002, a solução encontrada para o problema foi a construção de usinas termelétricas para ser utilizada, sobretudo, em momentos de maior escassez hídrica. Contudo, por outro lado, além de tornar a energia elétrica mais custosa em termos financeiros, também ia na contramão dos demais países do mundo (sobretudo desenvolvidos), uma vez que as termoeletricas, em sua maioria, utilizam combustíveis fósseis para gerar energia, sendo emissoras de gases do efeito estufa (GEE). Com o objetivo de incentivar investimentos em empreendimentos de energia renovável, foi lançado o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa) em 2004 (JALLES; SILVA; CARNEIRO, 2017).

Apesar do avanço de outras fontes de energia na matriz elétrica nacional, ressalta-se que a participação da hidroeletricidade no Brasil ainda é bastante relevante. Conforme podemos observar na Tabela 4 abaixo, desde 2012 a média de participação da fonte hidráulica na matriz elétrica nacional é de 66%.

Tabela 4 - Histórico anual de participação por fonte de geração de energia elétrica (2012 – 2020)

Fonte Geradora	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Média Anual
Hidráulica (i)	75%	68%	63%	62%	66%	63%	65%	64%	64%	66%
Gás Natural	8%	12%	14%	14%	10%	11%	9%	10%	9%	11%
Derivados de Petróleo (ii)	3%	4%	5%	4%	2%	2%	2%	1%	1%	3%
Carvão	2%	3%	3%	3%	3%	3%	2%	2%	2%	3%
Nuclear	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	2%	3%
Biomassa (iii)	6%	7%	8%	8%	9%	8%	9%	8%	9%	8%
Eólica	1%	1%	2%	4%	6%	7%	8%	9%	9%	5%
Solar	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	2%	0%
Outras (iv)	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%

Fonte: Adaptado de EPE (2021). Elaborado pelo próprio autor. Notas: (i) inclui pch, chg e autoprodução; (ii) derivados de petróleo: óleo diesel e óleo combustível; (iii) biomassa: lenha, bagaço de cana e lixívia; (iv) outras: gás de coqueria, outras secundárias, outras não renováveis, outras renováveis e biodiesel.

Ainda na Tabela 4, pode-se notar que a geração de energia hidrelétrica em 2014 e 2015 foi a menor em termos relativos. Neste período, tem-se a maior crise hídrica e elétrica no país desde a “Crise do Apagão” em 2001 e 2002, sobretudo com a redução dos reservatórios da região sudeste (JALLES; SILVA; CARNEIRO, 2017).

Neste mesmo período, observa-se que a geração por fontes não renováveis aumentou de aproximadamente 16% em 2012 para cerca de 25% entre 2013 e 2015.

Por outro lado, nota-se que há um aumento na participação de energias renováveis, cujo ciclo de renovabilidade é maior, sobretudo da energia eólica que atingiu 9% de participação na matriz elétrica nacional em 2020. Embora ainda seja pouco representativa, cabe destacar que em 2015 a sua participação era de apenas 4% com cerca de 21 TWh e em 2020 já apresentava 57 TWh (EPE, 2021).

Além da fonte eólica supracitada, nota-se a evolução da energia solar fotovoltaica, cuja participação em 2015 era irrisória com apenas 59 GWh e em 2020 já apresentava cerca de 11 TWh, um aumento de cerca de 182 vezes (EPE, 2021).

3.4 Geração fotovoltaica no Brasil

Como observado anteriormente, a geração de energia a partir da fonte solar no Brasil está em processo de expansão, sendo a que mais cresceu em 2020, tanto em termos relativos, como em termos absolutos, como pode ser observado na Tabela 5, houve expansão de 61% em 2020 em relação a 2019, com a adição de 4 TWh (EPE, 2021).

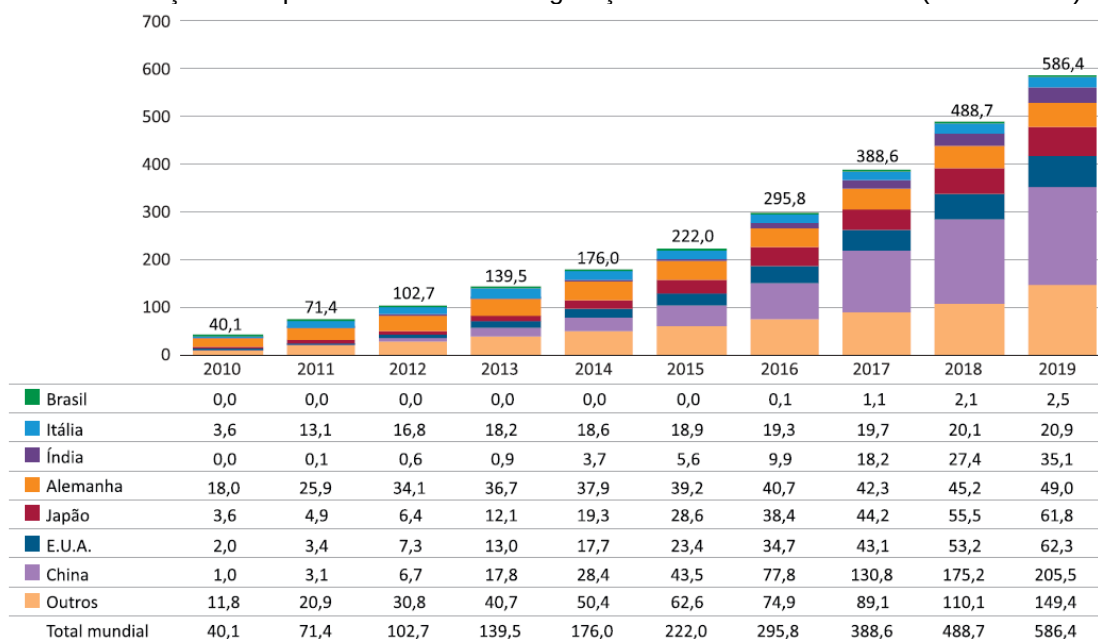
Tabela 5 - Variação da geração de energia elétrica por fonte em GWh (2019/2020)

Fonte Geradora	2019	2020	$\Delta\%$ (2020/2019)	Δ em GWh (2020/2019)
Hidráulica (i)	397.877	396.381	-0,38%	-1.496
Gás Natural	60.188	53.515	-11,09%	-6.673
Derivados de Petróleo (ii)	7.846	8.556	9,05%	710
Carvão	15.327	11.946	-22,06%	-3.382
Nuclear	16.129	14.053	-12,87%	-2.076
Biomassa (iii)	52.111	55.613	6,72%	3.502
Eólica	55.986	57.051	1,90%	1.065
Solar	6.651	10.717	61,14%	4.066
Outras (iv)	14.210	13.387	-5,79%	-822
Total	626.324	621.219	-0,82%	-5.106

Fonte: Adaptado de EPE (2021). Elaborado pelo próprio autor. Notas: (i) inclui pch, chg e autoprodução; (ii) derivados de petróleo: óleo diesel e óleo combustível; (iii) biomassa: lenha, bagaço de cana e lixo; (iv) outras: gás de coqueria, outras secundárias, outras não renováveis, outras renováveis e biodiesel.

De toda forma, apesar deste crescimento relevante, nota-se que sua participação na matriz elétrica nacional é bastante pequena. A razão para a sua baixa penetração doméstica é justificada, para muitos autores, devido a defasagem tecnológica do país, onde ainda não há empresas que produzam placas fotovoltaicas no mercado nacional, sendo todas estas importadas, sobretudo da China que é a maior produtora, bem como por questões financeiras, pois o capital necessário para a realização de investimentos em usinas fotovoltaicas se mostrava superior aos demais, o que era uma barreira para o investimento.

Em relação ao restante do mundo, observa-se que de 2010 a 2019 houve avanço em torno de 15 vezes na capacidade instalada global de geração fotovoltaica, como pode ser observado no Gráfico 9, onde passou de cerca de 40,1 GW em 2010 para cerca de 586,4 GW em 2019 (BEZERRA, 2021).

Gráfico 9 - Evolução da capacidade instalada de geração fotovoltaica no mundo (2010 - 2019)

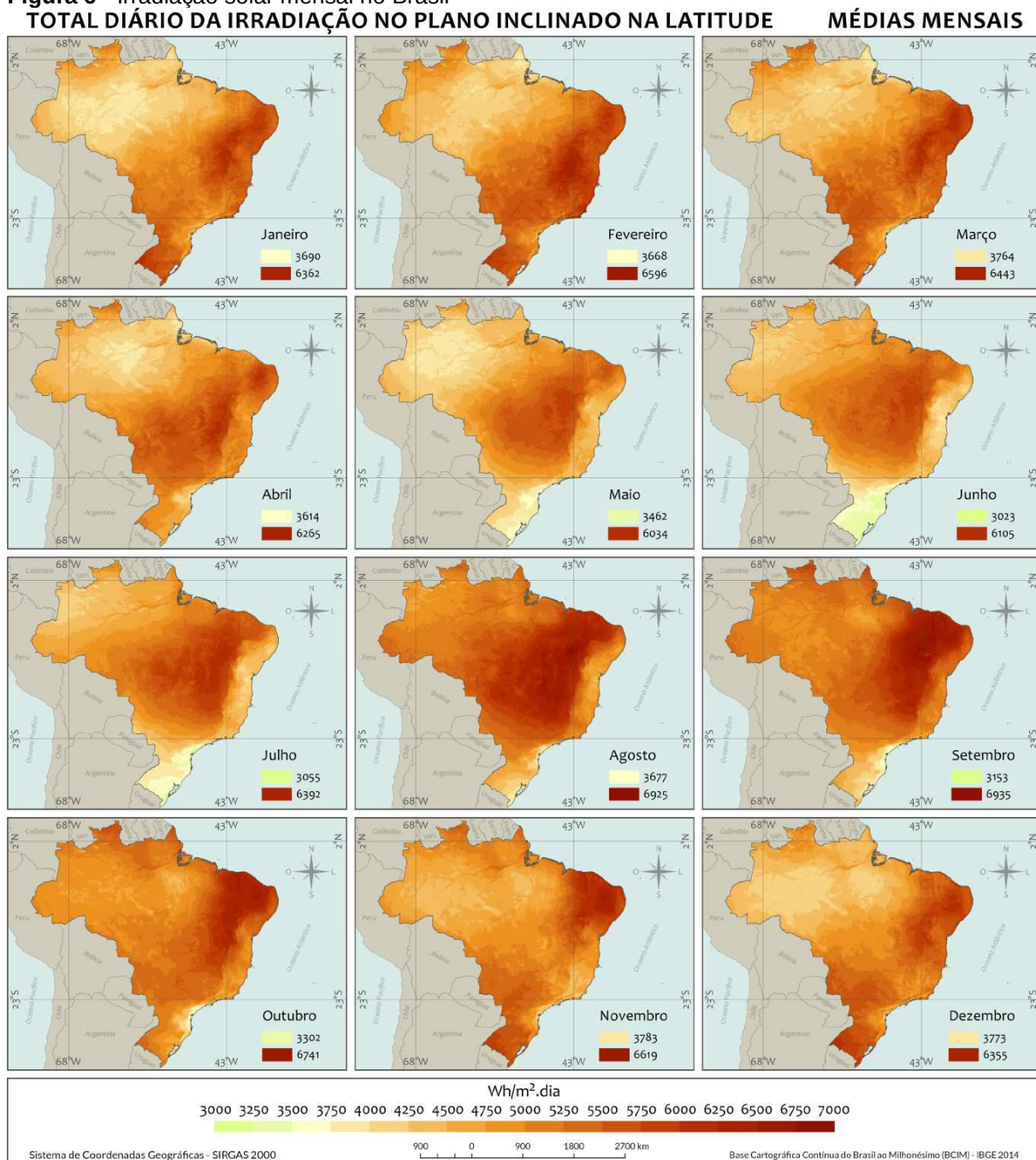
Fonte: BP (2020 apud BEZERRA, 2021, p. 3).

Como destaca Bezerra (2021, p. 3):

Este cenário de aumento expressivo na expansão da geração solar tende a se manter nos próximos anos, face ao apelo para a produção de energia a partir de fontes renováveis, às perspectivas de redução de custo de geração e ao aumento da eficiência da tecnologia fotovoltaica.

No Gráfico 9, observa-se que a participação do Brasil na capacidade instalada de geração fotovoltaica é incipiente e pouco expressiva, atrás de países como Itália, Alemanha e Japão, cuja a irradiação solar anual é menor, conforme estudos do INPE (2017).

Devido às suas dimensões continentais e posição geográfica, o Brasil possui grande potencial para a geração de energia através da fonte fotovoltaica, como pode ser observado na Figura 6, o Brasil apresenta médias mensais de irradiação significativas que permitem a geração de energia fotovoltaica durante todos os meses do ano em todo território nacional.

Figura 6 - Irradiação solar mensal no Brasil

Fonte: INPE (2017, p.41).

O potencial brasileiro para geração de energia fotovoltaica de fato é bastante elevado, de forma que se estima que para projetos de sistemas centralizados através de usinas solares o potencial de geração é de 28.519 GW e cerca de 164,1 GW em projetos residenciais de geração distribuída, observando-se que a capacidade instalada de geração de energia elétrica no país é de 176 GW (SAUIA 2019 apud BEZERRA, 2021).

4 IMPACTOS DA RESOLUÇÃO NORMATIVA 482/2012 DA ANEEL SOBRE INVESTIMENTOS EM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA PELA FONTE FOTOVOLTAICA

Conforme observado nos capítulos anteriores, a geração fotovoltaica no Brasil teve ascensão recente, mais precisamente após o ano de 2015. Este crescimento está relacionado tanto a redução do preço dos módulos fotovoltaicos necessários, mas também em razão de avanços no ambiente regulatório após a aprovação da Resolução Normativa nº 482/2012 da ANEEL, revisada e aprimorada posteriormente pela publicação da Resolução Normativa nº 687/2015, que estabelecem as regras para o ambiente de geração distribuída de energia.

Neste sentido, este capítulo tem como objetivo analisar as principais contribuições da Resolução Normativa 482/2012, bem como da nº 687/2015, da ANEEL que influenciaram na decisão de investimento em geração distribuída, com ênfase na geração fotovoltaica, tendo em vista que esta fonte é mais representativa neste segmento.

4.1 Antecedentes da Resolução Normativa nº 482/2012 da ANEEL

Como observa Montenegro (2013):

O processo de aprovação de uma regulamentação para o incentivo da tecnologia FV em geração distribuída (GD) no meio urbano no Brasil foi bastante demorado e cheio de incertezas e reveses. O trabalho teve início em 2008 quando o Ministério de Minas e Energia (MME) instituiu o Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos (GT-GDSF).

A criação do Grupo de trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos (GT-GDSF) pode ser considerado um dos primeiros passos de planejamento público para a regulação da geração distribuída no Brasil, uma vez que tinha a finalidade de realizar estudos para a elaboração de política para a utilização de geração fotovoltaica conectada à rede elétrica (MONTENEGRO, 2013).

Além do GT-GDSF, cabe destacar que houveram outros marcos regulatórios importantes para o desenvolvimento da geração distribuída no Brasil, como destaca Landeira (2013), listados na Tabela 6.

Tabela 6 - Marcos regulatórios anteriores a Resolução Normativa nº 482/2012 que estão relacionados a geração distribuída e energia fotovoltaica

Ano	Marco Regulatório
2002	PROINFA
2004	Decreto 5163/04
2006	Resolução Normativa nº 247 da ANEEL
2010	Consulta Pública 15/2010
2011	Chamada para Programa de P&D da ANEEL nº 13/2011
2011	Audiência Pública 042/2011

Fonte: Adaptado de Landeira (2013, p.15).

O primeiro marco importante destacado é a criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas, o PROINFA, sob a Lei nº 10.438 de 2002. A sua criação está intimamente ligada à “Crise do Apagão” de 2001 e 2002 com o objetivo de aumentar a geração de energia emergencial através da expansão da participação da energia elétrica produzidos por empreendimentos de Produtores Independentes Autônomos que geram energia através de fontes renováveis, como eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa (BRASIL, 2002).

Para o funcionamento do programa, destaca Landeira (2013, p.15):

Coube ao Ministério de Minas e Energia (MME), definir as diretrizes, elaborar o planejamento do Programa e definir o valor econômico de cada fonte e às Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobrás), o papel de agente executora, com a celebração de contratos de compra e venda de energia (CCVE).

Para tanto, foi estabelecido que o valor pago pela energia elétrica adquirida, além dos custos administrativos, financeiros e encargos tributários incorridos pela Eletrobrás na contratação desses empreendimentos, fossem rateados entre todas as classes de consumidores finais atendidas pelo SIN, com exceção dos consumidores classificados na Subclasse Residencial Baixa Renda (consumo igual ou inferior a 80 KWh/mês).

No âmbito do PROINFA, portanto, cabe destacar a figura do produtor independente autônomo, cuja geração de energia por meio de fonte renovável é totalmente inserida na rede de distribuição local e, por meio do Programa, possui contrato de PPA (*Power Purchase Agreement*) por 20 anos junto a Eletrobrás. Cabe destacar que até dezembro de 2020, a capacidade instalada por meio deste Programa era de 2.679 MW, sendo que a fonte de geração principal é a hidráulica, como pode ser observado na

Tabela 7 - Capacidade instalada por fonte em dezembro de 2020 - PROINFA

Tipo	(MW)
Usinas Eólicas	965
Usinas Biomassa	556
Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCH	1.151
Centrais de Geração Hidrelétricas - CGH	4

Fonte: Adaptado de CCEE. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/relatoriodeadministracao/40-operacoes-30-9.html>. Acesso em: 10 out. 2021.

Como observa Landeira (2013), os resultados do PROINFA ficaram aquém do esperado, muito em razão das dificuldades encontradas pelos agentes para realizar o financiamento dos empreendimentos, o que muitas vezes atrasava a construção e operação dos mesmos. Apesar disso, o autor ressalta que o programa foi essencial para o desenvolvimento da energia eólica no país. Por outro lado, observa-se que o Programa não mencionava a geração de energia através da fonte solar.

Em relação ao Decreto 5.163 de 2004, destaca-se que sua maior contribuição para o desenvolvimento da Geração Distribuída no Brasil foi na possibilidade de contratação de até 10% da carga total do agente de distribuição através de chamada pública, sendo as distribuidoras de energia as contratantes da energia gerada e responsável pelo repasse de um valor-referência (VR) ao gerador. Este modelo de precificação da energia e repasse, por outro lado, impunha dificuldades aos produtores configurados como geração distribuída através da fonte solar fotovoltaica, como observa Landeira (2013, p.22):

A limitação do volume não impunha, notadamente, maiores restrições à contratação da energia solar fotovoltaica geralmente de pequeno porte. Mas, como os custos de geração solar fotovoltaica são significativamente maiores do que o patamar limite do VR, a conclusão é que este limite de repasse impedia o pequeno gerador fotovoltaico distribuído de viabilizar economicamente seu projeto com intuito de participar da chamada pública para GD, constituindo uma barreira para a criação do gerador-consumidor.

Em 2006, por meio da Resolução Normativa nº 247 da ANEEL, há o estabelecimento de condições para a comercialização de energia elétrica por meio de fontes incentivadas com carga instalada superior a 500 kW, com a criação da figura do Agente Gerador Incentivado (AGI), por meio do qual se estabelecia a celebração de Contrato de Compra de Energia Incentivada – CCEI, com cláusulas e preços negociados livremente entre o AGI e o Consumidor Especial, que é o principal avanço desta medida regulatória.

A Consulta Pública Nº 15 de 2010 teve como objetivo colher informações da sociedade interessada no aprimoramento dos aspectos regulatórios para incentivar a geração distribuída de pequeno porte no país (empreendimentos com até 1 MW), comparando-se com o desenvolvimento regulatório de outros países. Como destaca Landeira (2013), havia resistência das concessionárias de energia, sobretudo em razão dos impactos sobre o sistema regular de energia com implicações sobre a infraestrutura instalada e futura redução de receitas que poderia gerar problemas de fluxo de caixa.

Segundo Landeira (2013, p.23), neste fórum foram recolhidos como principais vantagens e desvantagens da geração fotovoltaica conectada a rede, sendo elas:

- a) Não há mudança significativa na operação da rede, uma vez que o inversor (como definido por normas europeias) contém sistema anti-ilhamento fazendo com que a queda da rede externa, voluntária ou não, interrompa a produção em algumas centenas de milissegundos.
- b) Não há impacto no nível de curto-circuito no sistema com a instalação desse tipo de usina. O inversor impede que a corrente contínua atinja os circuitos de corrente alternada e vice-versa.
- c) Apesar de bastante regulado, os inversores trariam maiores níveis de distorção harmônica à rede, que por sua vez já deve prever medidas acerca desse fenômeno, como causa da maior utilização de dispositivos eletrônicos de características não-lineares nas residências brasileiras.

Landeira (2013) e Montenegro (2013) ressaltam a importância das consultas públicas realizadas pela ANEEL anteriores ao estabelecimento da Resolução Normativa nº 482/2012, tendo em vista o recolhimento de diversas contribuições dos setores envolvidos, como as geradoras, distribuidoras, consumidores e pesquisadores sobre o tema.

A Audiência Pública nº 42/2011 da ANEEL também tratou do tema da geração distribuída, com o objetivo mais específico de elaborar as normas e regras para microgeração (até 100 kW) e minigeração (de 100 kW a 1 MW) e reúne um conjunto de iniciativas para buscar alinhamento de interesses entre os setores e agentes envolvidos e dá as bases para a Resolução Normativa nº 482/2012 pela ANEEL, como destaca Landeira (2013, p.25):

Sugere-se que seja Evitada a questão da comercialização da energia, utilizando-se em contrapartida um sistema de compensação de energia (*net-metering*), um outro mecanismo regulatório, ainda não explorado no Brasil para a baixa tensão e largamente difundido em outros lugares no mundo.

Esta audiência pública abre caminho e define as ações para as REN ANEEL 481 e 482 que garantem à microgeração e minigeração o devido respaldo

legal no Brasil e cria um mecanismo regulatório de remuneração definido para esses empreendimentos, incentivando especialmente a fonte solar.

Cabe destacar que a Consulta Pública nº15/2010 recebeu 577 contribuições de 39 agentes, já a Audiência Pública nº 42/2011 teve 403 contribuições de 50 agentes (LANDEIRA, 2013).

Em relação à Resolução Normativa nº 481/2012, a sua principal contribuição foi para os empreendimentos que utilizam a fonte solar com o estabelecimento de desconto de 80% nas tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição – TUST e TUSD durante os dez primeiros anos de operação da usina.

Cabe destacar, entretanto, que este benefício só foi aplicável aos empreendimentos que entraram em operação entre 17 de abril de 2012 e 31 de dezembro de 2017. Após os dez primeiros anos de operação da usina, a tarifa é reduzida para 50%, sempre incidindo sobre a produção e no consumo da energia comercializada.

4.2A Resolução Normativa nº 482/2012 e seus impactos sobre a decisão de investimento em sistemas fotovoltaicos conectados à rede no Brasil

Como apresentado, após a Consulta Pública nº15/2010 e Audiência Pública nº42/2011, tem-se a publicação da Resolução Normativa nº 481/2012 que trata de incentivos específicos para empreendimentos em geração de energia solar fotovoltaica e, mais importante, há a entrada em vigor da Resolução Normativa nº482/2012 da ANEEL.

4.2.1 Caracterização e definição dos Agentes e Unidades de Consumo

Através da REN Nº 482/2012 da ANEEL, há a criação do sistema de compensação de energia elétrica. Para o enquadramento e utilização deste sistema, o capítulo III, Art. 6º estabelece que os consumidores responsáveis pela unidade geradora-consumidora sejam considerados:

- Microgeração ou minigeração distribuída;
- Empreendimento de múltiplas unidades consumidoras;
- Geração Compartilhada;

- Autoconsumo remoto.

Neste sentido, destacam-se as seguintes definições dadas no capítulo I, Art. 2º da REN nº482/2012 da ANEEL, revisada posteriormente pela REN nº 687/2015:

I - Microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes alternativas de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

II - Minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

III - Sistema de Compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa;

VI – Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras: caracterizado pela utilização da energia elétrica de forma independente, no qual cada fração com uso individualizado constitua uma unidade consumidora e as instalações para atendimento das áreas de uso comum constituam uma unidade consumidora distinta, de responsabilidade do condomínio da administração ou do proprietário do empreendimento, com microgeração ou minigeração distribuída, e desde que as unidades consumidoras estejam localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, sendo vedada a utilização de vias públicas, de passagem aérea ou subterrânea e de propriedades de terceiros não integrantes do empreendimento;

VII – Geração compartilhada: 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;

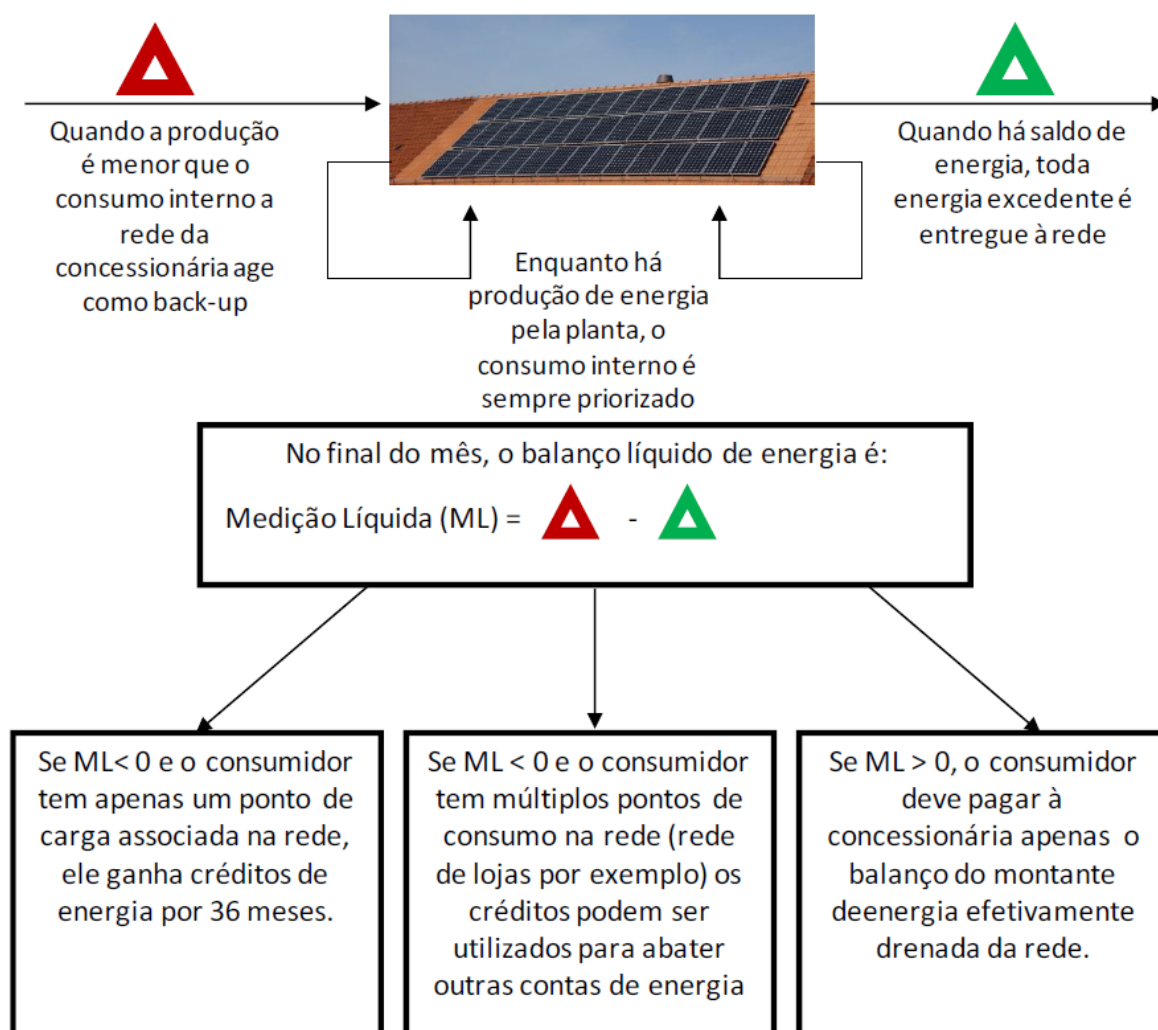
VIII – Autoconsumo remoto: caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada.

Como pode ser observado nas definições acima, em especial no inciso III, tem-se a criação do sistema de compensação de energia elétrica, que é apontado como o principal avanço regulatório para incentivar o desenvolvimento da geração distribuída no país, como observa Landeira (2013, p.27):

Até antes da publicação desta resolução, as concessionárias de distribuição não dispunham de requisitos técnicos e legais para permitir que autoprodutores injetassem potência na rede de baixa tensão (BT). Os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) não estavam adaptados para a figura do consumidor-gerador, exigindo processos por demais burocráticos enquadrando os projetos como se fossem acessar a rede de média tensão, exigindo inclusive estudos operacionais para usinas com potência instalada de algumas dezenas de kW.

4.2.2 *Net-metering* versus *Feed-in tariff* e a decisão de investimento em geração distribuída a partir da fonte fotovoltaica

O sistema de *net-metering* foi o escolhido para incentivar o desenvolvimento de projetos de energia renovável no país através da geração distribuída com a regulamentação dada pela REN nº482 da ANEEL. Este sistema tem como principal característica a compensação da energia, sendo possível abater o consumo através da geração da pequena unidade consumidora-produtora conectada à rede de distribuição da região, cujo funcionamento pode ser observado na Figura 7.

Figura 7 - Sistema de compensação de energia elétrica conforme a REN nº 482 da ANEEL

Fonte: Landeira (2013, p. 28). Nota: houve alteração do prazo de utilização dos créditos no sistema de compensação de 36 para 60 meses, através da REN nº 687/2015 da ANEEL.

Por outro lado, havia a possibilidade de se instaurar o mecanismo de *feed-in tariff*, cuja principal característica é o estabelecimento de um contrato bilateral entre o agente consumidor-gerador e a distribuidora local, com a definição de um preço fixo durante um prazo predeterminado (em geral de longo-prazo, de 10 a 20 anos), onde ocorre o pagamento de uma “tarifa prêmio” para as os agentes que possuem unidades geradoras de energia elétrica através de fontes renováveis, sendo muito comum e eficiente em países europeus, sendo aplicado em mais de 63 países, como aponta Couture e Gagnon (2010).

No Brasil, como notado anteriormente, o mecanismo de *feed-in tariff* está presente por meio do PROINFA, porém o seu desenvolvimento abaixo do esperado e os diversos questionamentos acerca dos cálculos da precificação das tarifas pode ter

sido um dos fatores que influenciaram na decisão da instauração de um mecanismo de compensação, como podemos observar Dutra e Szklo (2006, p.857) em estudo sobre energia eólica no Brasil e o Proinfa:

Mesmo sendo uma ferramenta utilizada para o crescimento rápido de projetos em fontes renováveis no mundo (em especial a energia eólica na Alemanha, Dinamarca e Espanha), o *Feed-in* tem sido criticado por ser caro, ineficiente e não capaz de gerar, por si próprio, um mercado mais competitivo entre as fontes renováveis.

Para a decisão de investimento em geração distribuída, em especial através da fonte fotovoltaica, nos moldes do modelo *net-metering* proposto pela REN nº 482 da ANEEL, este só é vantajoso em termos financeiros, quando o preço da energia pago pelo consumidor é o mesmo que o preço que ele recebe pela energia que for injetada na rede, já no modelo *feed-in tariff*, o benefício é atingido a partir da venda de toda a energia gerada para a distribuidora, uma vez que há remuneração a partir de tarifas de incentivo (LANDEIRA, 2013).

Em relação aos demais aspectos da REN nº482/2012 da ANEEL que impactam diretamente na decisão de investimento em geração distribuída sob os moldes do modelo de *net-metering*, destacamos os seguintes pontos abaixo presentes no capítulo III, Art. 7º da referida resolução normativa, que trata sobre o faturamento da unidade consumidora:

- Cobrança de, no mínimo, o custo de disponibilidade da rede, de acordo com a grupo de consumo (monofásico, bifásico ou trifásico). Referente a Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD);
- A tarifa será em R\$/MWh e incidirá sobre o valor do faturamento, cujo cálculo deverá considerar toda a energia consumida, deduzindo-se a energia injetada e eventual crédito gerados de períodos anteriores;
- O excedente de energia, que gera os créditos para a compensação, é a diferença positiva entre energia injetada e a consumida, exceto para empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras, cujo excedente é a energia injetada;
- O excedente de energia que não tenha sido compensado na própria unidade consumidora pode ser utilizado para compensar o consumo de outras unidades consumidoras, de acordo com o seu enquadramento;

- Quando o local da unidade consumidora for diferente da unidade geradora, o faturamento deverá considerar a energia consumida, deduzindo-se o percentual de energia excedente e eventual crédito de energia acumulado de faturamentos anteriores;
- Os créditos remanescentes devem permanecer na unidade consumidora a que foram destinados, após a compensação de energia dentro de um ciclo de faturamento;
- Os créditos de energia ativa expiram em 60 meses após a data do faturamento. Após este prazo, os mesmos serão revertidos em prol da modicidade tarifária, sem que o consumidor faça jus a qualquer forma de compensação.
- Os créditos são determinados em termos de energia elétrica ativa, não estando sua quantidade sujeita a alterações nas tarifas de energia elétrica;
- Para unidades consumidoras classificadas na subclasse residencial de baixa renda, para além das definições presentes neste artigo, concede os descontos estabelecidos pela REN nº 414/2010 da ANEEL.
- A cobrança das bandeiras tarifárias deve ser efetuada sobre o consumo de energia elétrica ativa a ser faturado.

Destaca-se também que o custo de implantação do sistema de distribuição, bem como eventuais melhorias ficam a cargo do consumidor enquadrado como minigerador distribuído (ANEEL, 2012a).

Uma implicação importante a ser observada é que o consumidor é que fica a cargo do consumidor arcar com todos os custos e despesas da implantação do projeto de geração distribuída, onde a ANEEL não se compromete com eventual necessidade de financiamento.

Como aponta Landeira (2013), diversos países no mundo adotaram mecanismos de incentivo a geração de energia por meio da fonte fotovoltaica e, em especial nos moldes de geração distribuída, onde destaca o *feed-in tariff* na Alemanha, com contratos de longo prazo, 20 anos. entre os consumidores e os distribuidores de energia, e que assegurava uma tarifa prêmio que compensava o custo da instalação, o que implicou em um forte crescimento em geração de energia por fonte renovável no país, como já tratado ao longo desta monografia.

Na China, maior produtora mundial de placas fotovoltaicas, destaca-se o programa “*Golden Sun*”, instituído em 2009, onde o governo se comprometia com subsídio de 50% do total do investimento nas plantas fotovoltaicas conectadas à rede, o que garantia a atratividade para o investimento neste tipo de projeto. Além deste programa, em 2011, o governo chinês implementou também um programa de *feed-in tariff* como forma de acelerar o desenvolvimento de energia renovável no país. Cabe ponderar, adicionalmente, que a China também tinha como escopo impulsionar o desenvolvimento da indústria local, para além da necessidade de reduzir a emissão de gases do efeito estufa (LANDEIRA, 2013).

5 CONCLUSÕES

Este trabalho se propôs a avaliar os impactos da Resolução Normativa 482/2012 da ANEEL sobre os investimentos em geração distribuída no Brasil, em especial através da fonte fotovoltaica, a partir de análise bibliográfica e estudos relacionados ao tema.

Com base no referencial teórico estudado, observa-se que a principal contribuição e objetivo da norma foi o desenvolvimento de um sistema de compensação de energia, no modelo *net-metering*, que possibilitou a conexão do pequeno consumidor-produtor de energia elétrica à rede de distribuição, sendo possível abater seu consumo de energia elétrica através de sua geração e, quando a energia injetada na rede for superior, geram-se créditos para utilização futura, em até 60 meses (após revisão dada pela REN 687/2015), bem como permite o abatimento de consumo em outras unidades do titular, caracterizado como consumo remoto.

Outro aspecto relevante presente na estrutura da norma é a condição de que o agente deverá gerar a energia elétrica a partir de fontes renováveis, o que impactou diretamente na decisão de investimento através da fonte solar fotovoltaica, uma vez que esta fonte é abundante em todo território nacional que aliado a maior facilidade de instalação da infraestrutura necessária em domicílios residenciais e comerciais, bem como a redução dos preços dos painéis fotovoltaicos, observa-se que tem sido a principal fonte utilizada nestes empreendimentos, com cerca de 97,4% da capacidade total instalada no país nesta modalidade.

Por outro lado, o incentivo à geração distribuída no país no desenho desta resolução normativo é limitado, sendo seu desenvolvimento deixado a cargo dos agentes privados interessados, de um lado o consumidor que deve arcar com os custos econômicos associados a instalação do sistema gerador e, portanto, deve tomar sua decisão de investir considerando preços do mercado de energia elétrica e todos os riscos associados ao investimento e financiamento e do outro, as distribuidoras de energia elétrica, responsáveis pelos custos de adequação das redes de transmissão e argumentam que eventuais isenções adicionais nas tarifas de disponibilidade da rede pode acabar por prejudicar a saúde financeira das mesmas, levando-as a aumentar o custo para os demais consumidores não enquadrados como gerador distribuído.

Dentre os principais argumentos de defesa para aumentar os investimentos em geração distribuída, encontra-se a redução das perdas de energia elétrica no sistema de distribuição aliado a menor necessidade de investimento na instalação de grandes usinas geradoras de energia. Este ponto é relevante no sentido de que abre espaço para políticas públicas que busquem acelerar os empreendimentos em geração distribuída por meio de maiores subsídios, através da criação de um sistema de transferência que busque aumentar a eficiência da matriz elétrica nacional.

Cabe também pontuar que, embora o país tenha uma matriz elétrica com significativa presença de fontes renováveis, onde em seu desenvolvimento histórico prevaleceu a preferência por investimentos em hidrelétricas e, devido a isso, está suscetível a choques de oferta em virtude de escassez hídrica, o que é um fator adicional para o direcionamento de políticas públicas que direcionem investimentos em fontes alternativas e aumentem a eficiência energética do país, como é o caso da geração distribuída, em especial pela fonte fotovoltaica, dadas as condições geográficas do país, aliado aos benefícios ao meio ambiente e a necessidade do desenvolvimento de uma economia de baixo carbono.

Deste modo, conclui-se que, apesar dos avanços dos investimentos em geração distribuída no país após a implementação da Resolução Normativa nº482/2012 da ANEEL, a ausência de estímulos complementares é ainda um fator que impede seu maior desenvolvimento no país.

Porém, tendo em vista a relevância do tema e suas complexidades, fica o comprometimento para a realização de futuros trabalhos que busquem quantificar os ganhos sociais e econômicos com a geração distribuída no Brasil, através de incentivos fiscais ao seu desenvolvimento, atrelado ao desenho jurídico e justificativas para a implementação de novos programas que busquem acelerar o crescimento dos investimentos na modalidade, analisando-se também as recentes discussões em trâmite no Senado Federal para a aprovação do Projeto de Lei 5829/2019, que busca traçar novas regulamentações para a modalidade de Geração Distribuída no país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 235, de 14 de Novembro de 2006**. Estabelece os requisitos para a qualificação de centrais termelétricas cogeradoras de energia e dá outras providências. 2006. p. 5. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2006235.pdf>. Acesso em 15 de junho de 2021.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 414, de 9 de Setembro de 2010**. Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. 2010. p. 293. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>. Acesso em: 15 de junho de 2021.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. 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, e dá outras providências. D.O. de 19.04.2012, seção 1, p. 53, v. 149, n. 76 e o retificado no D.O. de 08.05.2012 e 19.09.2012., Brasil, 2012a. p. 13. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em 15 de junho de 2021.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 687, de 24 de abril de 2015**. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>. Acesso em 15 de junho de 2021.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Base de dados SISGD**. [S.l.], 2021b. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 10 de novembro de 2021.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Folder Institucional ANEEL**. Brasil, 2012b. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/folder_intitucional_ANEEL_2012.pdf.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Plano de Dados Abertos 2020-2022**. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/dados>. Acesso em 15 de junho de 2021.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Perdas de Energia Elétrica na Distribuição**. 2021b. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/documents/654800/18766993/Relat%C3%B3rio+Perdas+de+Energia_+Edi%C3%A7%C3%A3o+1-2021.pdf/143904c4-3e1d-a4d6-c6f0-94af77bac02a

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Unidades Consumidoras com geração distribuída**. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Fonte.asp. Acesso em 18 de junho de 2021.

BENEDITO, Ricardo da Silva. **Caracterização da geração distribuída de eletricidade por meio de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, no Brasil, sob os aspectos técnico, econômico e regulatório**. 2009. Dissertação (Mestrado em Energia) - Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. doi:10.11606/D.86.2009.tde-12082010-142848. Acesso em 1 de junho de 2021.

BEZERRA, Francisco Diniz. **Energia Solar**. Caderno Setorial ETENE do Banco do Nordeste do Brasil (BNB), p. 1-12, 2020. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/documents/80223/6888946/110_Energia+Solar.pdf/da714c4b-2e47-825b-1bc6-6389432166f1. Acesso em 1 de junho de 2021.

BEZERRA, Francisco Diniz. **Energia Solar**. Caderno Setorial ETENE do Banco do Nordeste do Brasil (BNB), p. 1-15, v. 174, 2021. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/834/1/2021_CDS_174.pdf. Acesso em 01 de novembro de 2021.

BRASIL. **Decret-Lei nº 200 de 265 de Fevereiro de 1967**. Dispõe sobre a organização da Administração Federal, estabelece diretrizes para a Reforma Administrativa e dá outras providências. Brasília, 1967. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0200.htm.

BRASIL. **Lei nº 9.427 de 26 de Dezembro de 1996.** Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências. Brasília, 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9427cons.htm.

BRASIL. **Lei nº 9.648 de 27 de Maio de 1998.** Altera dispositivos das Leis no 3.890-A, de 25 de abril de 1961, no 8.666, de 21 de junho de 1993, no 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, no 9.074, de 7 de julho de 1995, no 9.427, de 26 de dezembro de 1996, e autoriza o Poder Executivo a promover a reestruturação das Centrais Elétricas Brasileiras - ELETROBRÁS e de suas subsidiárias e dá outras providências. Brasília, 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9648cons.htm.

BRASIL. **Lei nº 10.438 de 26 de Abril de 2002.** Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica, dá nova redação às Leis no 9.427, de 26 de dezembro de 1996, no 9.648, de 27 de maio de 1998, no 3.890-A, de 25 de abril de 1961, no 5.655, de 20 de maio de 1971, no 5.899, de 5 de julho de 1973, no 9.991, de 24 de julho de 2000, e dá outras providências. Brasília, 2002. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10438.htm.

CCEE, Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **PROINFA.** [s./]. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/relatoriodeadministracao/40-operacoes-30-9.html>. Acesso em 10 de outubro de 2021.

CHIAPPIN, José Raymundo Novaes. **Regulação e desenvolvimento: a engenharia jurídica do desenho e construção do sistema elétrico brasileiro.** 2019. Tese (Doutorado em Direito Comercial) - Faculdade de Direito, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. doi:10.11606/T.2.2019.tde-07082020-013325.

CHIGANER, L; RIBEIRO, A.M.; MELLO, J.C. et al. **A reforma do setor elétrico brasileiro: aspectos institucionais**. Rio de Janeiro: [s.n], 2002.

COUTURE, T; GAGNON, Y. **An analysis of feed-in tariff remuneration models: Implications for renewable energy investment**. Energy policy, v. 38, n. 2, p. 955-965, 2010.

DUTRA, R. M.; SZKLO, A. S. **A energia eólica no Brasil: Proinfa e o novo modelo do Setor Elétrico**. Anais do XI Congresso Brasileiro de Energia-CBE. p. 842-868. 2006.

EPE. **Balanco Energético Nacional Relatório Síntese ano base 2020**, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2021>.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano de Dados Abertos 2018-2019**. 2017. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/dados-abertos/Documents/Plano de Dados Abertos 2018-2019.pdf>.

GALVÃO, Jucilene; BERMANN, Célio. **Crise hídrica e energia: Conflitos no uso múltiplo das águas**. Estudos Avancados, v. 29, n. 84, p. 43–68, 2015. DOI: 10.1590/S0103-40142015000200004.

GOLDEMBERG, J.; MOREIRA, J. R. **Política energética no Brasil**. Estudos avançados, v. 19, p. 215-228, 2005.

GUERRA, L. C. B. ; SILVA, S. C. A.. **Análise do processo de reestruturação do setor elétrico brasileiro**. EmpíricaBR - Revista Brasileira de Gestão, Negócio e Tecnologia da Informação, Natal, v. 1, n. 1 p. 39-55, 2017. Disponível em: http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/EmpiricaBR/article/view/5270/pdf_1.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2a. ed. São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html

JALLES, Jackeline Hatala; SILVA, Jonathan Velasco; CARNEIRO, Caio Silva. **Dificuldades brasileiras no setor de energia elétrica nos anos de 2014 e 2015: uma perspectiva da população de guarus em campos dos goytacazes RJ**. *Brasiliانا: Journal for Brazilian Studies*, [S. l.] v. 5, n. 2, p. 248–268, 2017. DOI: 10.25160/v5i2.d11. Disponível em: <https://tidsskrift.dk/bras/article/view/25009>.

LANDEIRA, Juan Lourenço Fandino. **Análise técnico-econômica sobre a viabilidade de implantação de sistemas de geração fotovoltaica distribuída no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Energia Elétrica) – UFRJ/COPPE/Programa de Engenharia Elétrica, Rio de Janeiro, 2013.

MONTENEGRO, Alexandre de Albuquerque. **Avaliação Do Retorno Do Investimento Em Sistemas Fotovoltaicos Integrados a Residências Unifamiliares Urbanas No Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Florianópolis, SC, 2013.

ONS. **Informe do Programa Mensal de Operação**. [s.l: s.n.]. 2021. Disponível em: http://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/Informe_PMO_202110_REV4.pdf.

REN21, **Renewables 2021 Global Status Report**, [s.l: s.n.]. 2021. Disponível em: www.ren21.net

SANTOS, R. M.; RODRIGUES, M. de Sá; CARNIELLO, M. F., **Energia E Sustentabilidade: Panorama Da Matriz Energética Brasileira**. *Journal of Chemical Information and Modeling*, [S. l.], v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2013.

SALES, C.; HOCHSTETLER, R. **O “prossumidor” e a tarifa de energia**. [S. l.], 2019. Disponível em: <http://gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/IFES/BV/sales100.pdf>.

SILVA, Rutelly Marques. **Energia solar no Brasil: dos incentivos aos desafios**. Brasília: Senado Federal, Consultoria Legislativa, [S. l.], p. 53, 2015. Disponível em: www.senado.leg.br/estudos.

SILVA, Bruno Gonçalves da. **Evolução do setor elétrico brasileiro no contexto econômico nacional: uma análise histórica e econométrica de longo prazo**. 2011. Dissertação (Mestrado em Energia) - Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. doi:10.11606/D.86.2011.tde-12032012-091848.

VIEIRA, R.; CABRAL, I., **Viabilidade econômica x viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro : uma abordagem no período recente**. III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Goiânia, p. 1–12, 2012.

