



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS POLÍTICAS E JURÍDICAS
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO

A EVOLUÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

Glória Leite de Almeida Mosqueira

Orientador

JOSÉ CARLOS BUZANELLO

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

DEZEMBRO DE 2020

Glória Leite de Almeida Mosqueira

A EVOLUÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

Monografia apresentada à Escola de Administração da
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
(UNIRIO) para obtenção do título de Bacharel em
Administração Pública.

Orientador

Prof. Dr. José Carlos Buzanello

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

DEZEMBRO 2020

Catálogo informatizado pelo autor

A Ficha catalográfica deve ser obtida em

<http://www.unirio.br/bibliotecacentral/fichas-catalograficas>

A EVOLUÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

Glória Leite de Almeida Mosqueira

Monografia apresentada à Escola de Administração da
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
(UNIRIO) para obtenção do título de Bacharel em
Administração Pública.

Aprovado por:

PROF. DR. JOSÉ CARLOS BUZANELLO (UNIRIO)

PROF. DR. MARCELO MOTTA VEIGA (UNIRIO)

PROF. DR. RICARDO LUIZ SICHEL (UNIRIO)

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL.

DEZEMBRO DE 2020

Agradecimentos

Agradeço à minha família pelo apoio e incentivo durante todo o período do curso, especialmente aos meus filhos: Pedro Augusto, Eduardo e Mateus que em vários momentos contribuíram, para que eu pudesse superar os desafios que me foram apresentados ao longo da jornada acadêmica. Agradeço a Deus pela benção de poder concluir o curso nesta Universidade.

RESUMO

A sensibilização global com relação à preservação do meio ambiente impulsionou a pesquisa e desenvolvimento de alternativas de produção de energia geradas sem grandes impactos ao meio ambiente, dentro do conceito de sustentabilidade. Dentre elas destaca-se a Energia Solar Fotovoltaica, tema deste trabalho que abordará os aspectos de sua evolução no Brasil, destacando o potencial de geração brasileiro e as contribuições que a fonte solar pode trazer para o desenvolvimento sustentável, democratização da energia, crescimento econômico e, a longo prazo, possibilitar que o país alcance a eficiência energética, através da implementação de políticas públicas que estimulem o crescimento das fontes renováveis e de uma regulação dinâmica que acompanhe as mudanças tecnológicas e inovadoras do setor de energia.

Palavras-chave: Energia solar, meio ambiente, política pública, sustentabilidade.

ABSTRACT

Global awareness regarding the preservation of the environment has boosted the research and development of alternative energies production without any major impacts on the environment within the concept of sustainability. Among them, Solar Photovoltaic Energy stands out as the theme of this work that will address aspects of its evolution in Brazil, highlighting the Brazilian generation potential and the contributions that the solar energy can bring to sustainable development, democratization of energy, economic growth and in the long run enable the country to achieve energy efficiency through the implementation of public policies that encourage the growth of renewable sources and more dynamic regulations that accompanies technological and innovative changes in the energy sector.

Keywords: Solar energy; environment; public policy, sustainability.

Sumário

1	Introdução.....	12
1.1	Objetivos	13
1.2	Organização.....	13
2	Revisão de Literatura.....	14
2.1	Energia Solar Fotovoltaica	14
2.2	Panorama Mundial da Energia Fotovoltaica	16
2.3	A Energia Solar Fotovoltaica no Brasil	19
2.4	O Crescimento da Geração Distribuída.....	22
2.5	Potencial Solar do Brasil	24
2.6	Energia Fotovoltaica como fator de desenvolvimento	26
2.7	Energia Solar como fator de inclusão e bem-estar social	28
2.8	A Energia Solar na composição da matriz energética do Brasil para o cumprimento das Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC)	30
2.9	Regulação e Incentivos Governamentais.....	31
2.10	Impacto Ambiental da Energia Solar	34
2.11	Descarte de Painéis Solares	35
2.12	Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS)	37
3	Metodologia.....	40
4	Resultados e Discussão.....	41
5	Conclusão	42
	Referências Bibliográficas	43

Figuras

Figura 1: Histórico dos preços de células de silício (Em US\$/W). Fonte: Bloomberg NEF 2014	15
Figura 2: Capacidade Solar Fotovoltaica Global e adições anuais - 2008 a 2018. Fonte: REN21 - 2019.....	17
Figura 3: BEN 2019 Micro e Minigeração Distribuídas. Fonte: Balanço Energético Nacional – EPE 2019.....	20
Figura 4: Evolução da potência instalada - micro e minigeração. Fonte: ANEEL - 2018.	22
Figura 5: Geração Distribuída Fotovoltaica (Quantidade de sistemas conectados entre 2008 e 2020). Fonte: ANEEL - Planilha de dados: SISGD.....	24
Figura 6: Brasil: incidência solar média diária (Em kWh/m ²). Fonte: CPTEC e Inpe, 2016.	25
Figura 7: Total Diário da Irradiação Solar no Plano Inclinado - Média Anual. Fonte: Pereira, 23/10/2019 - LABREN (adaptado).	26
Figura 8: Total de projetos de energia solar contratados em leilões alcança 4,4 GW. Fonte: Greener, 2019.	27
Figura 9: Geração de empregos por MW instalado para diversas fontes e tecnologias. Fonte: Simas, M. S. IEE - USP, 2012.....	28
Figura 10. Fonte: Ministério do Meio Ambiente - 2016.	31
Figura 11: Diagrama de fluxo de processo das fases do ciclo de vida para painéis fotovoltaicos e oportunidades resultantes para redução, reutilização ou reciclagem. Fonte: IRENA (2016).	36
Figura 12: Responsabilidade Compartilhada pelo Ciclo de Vida dos Produtos. Fonte: PNRS.	38

Tabelas

Tabela 1: Geração Elétrica por fonte no Brasil (GWh).	23
---	----

Quadros

Quadro 1: Descrição dos principais mecanismos utilizados para incentivar a geração fotovoltaica.....	18
--	----

1 Introdução

Para atender à crescente demanda global de energia (aumento de 2,3% em 2018 - IEA, 2019) e combater as mudanças climáticas, a tendência mundial é investir em fontes renováveis visando a eficiência energética. A principal fonte de energia elétrica gerada no mundo é a decorrente da queima de combustíveis fósseis que libera o CO₂, gás poluente e grande responsável pelo efeito estufa. A demanda mundial pela utilização de fontes renováveis de energia pouco ou não poluentes, se deve à escassez do petróleo (matriz não renovável e finita) e às mudanças climáticas ocasionadas pelo uso dos recursos fósseis em grande escala.

A determinação global em mitigar os efeitos danosos provocados pelo homem ao meio ambiente impulsionou os países a investirem em pesquisa e desenvolvimento de alternativas de produção de energia sustentável, ou seja, renováveis e geradas sem grandes impactos ao meio ambiente. Portanto, um esforço mundial está em curso para alinhar tecnologia e sustentabilidade, pois uma crise climática poderia paralisar a economia mundial, impactando profundamente o ambiente social, a exemplo da crise sanitária da pandemia COVID-19 e suas consequências para a economia global. Nesse sentido, o diretor geral da IRENA afirma:

"Nunca a importância de tal impulso foi mais clara do que neste momento importante. Mesmo enquanto o mundo ainda está lidando com a pandemia da Covid-19, a humanidade recebe lembretes quase diários do que nos espera se deixarmos de lidar com as crescentes perturbações climáticas".

Francesco La Camera-Diretor geral da IRENA

O Brasil destaca-se no cenário mundial pelo seu potencial em energia limpa (72,3% da capacidade instalada de geração elétrica é por fonte renovável), tendo a fonte hidráulica como principal matriz energética (63,9%) (EPE, 2018). Contudo, com a crescente demanda interna de energia e a crise hídrica, a partir de 2014, causada principalmente por longo período de estiagem (dentre outras causas), tornou-se vital para o país o

desenvolvimento de alternativas que assegurem a eficiência energética brasileira, além de se fazer cumprir o compromisso do Brasil, firmado no Acordo de Paris durante a Conferência das Partes - COP 21, em 2015, para reduzir a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE).

1.1 Objetivos

O presente trabalho objetiva analisar a evolução da energia solar fotovoltaica no Brasil, como matriz energética, abordando os aspectos sociais, econômicos e ambientais, quando da sua utilização. Com isso, chegar ao entendimento acerca das contribuições que a implementação desse recurso energético pode trazer para o país, as pessoas e o meio ambiente. Visa, ainda, identificar os desafios a serem superados para que o recurso solar contribua para o desenvolvimento sustentável, garantindo um ambiente saudável para as gerações futuras.

1.2 Organização

O presente trabalho está estruturado em capítulos e, além desta introdução, sendo desenvolvido da seguinte forma:

- Capítulo II: Este capítulo trata do conceito de energia solar fotovoltaica, seu surgimento, e descreve o panorama, atual, mundial e brasileiro no contexto de desenvolvimento e aplicabilidade da tecnologia fotovoltaica. Suas principais vantagens, bem como os pontos críticos com relação à sua utilização em grande escala principalmente devido à disseminação da geração distribuída, intensificada nos últimos anos.
- Capítulo III: Neste capítulo encontra-se o processo utilizado para a pesquisa bibliográfica.
- Capítulo IV: Apresenta a análise dos estudos pesquisados sobre o tema.
- Capítulo V: Considerações finais sobre o tema apresentado.

2 Revisão de Literatura

2.1 Energia Solar Fotovoltaica

Por definição, a Energia Solar Fotovoltaica é a energia elétrica gerada através da conversão direta da luz do sol por meio de materiais semicondutores (Efeito Fotovoltaico) contidos em células (VILLALVA; GAZOLI, 2012). Essas células fotovoltaicas são constituídas, em sua maioria, de silício dispostas em painéis modulares e em conjunto com outros equipamentos formam o chamado Sistema Fotovoltaico (RÜTHER, 2004). Essa construção modular flexibiliza sua utilização de acordo com a necessidade local (GOUVÊA, 2020) e pode ser classificada como um sistema: isolado (Off-Grid); híbrido (combinação de diferentes fontes); ou interligado à rede (On-Grid) (CRESESB, 2017).

O efeito fotovoltaico foi descoberto por Alexandre Edmond Becquerel, físico francês, em 1839 e utilizava placas de platina e prata (VALLÊRA, 2006). A partir de então novas pesquisas e tecnologias foram desenvolvidas, até que no ano de 1954 surgiu a chamada “célula solar moderna” desenvolvida por Russell Shoemaker Ohl, Calvin Fuller e Gerald Pearson (utilizando células de silício). Quatro anos mais tarde, os programas espaciais fizeram uso da energia solar obtendo resultados positivos e a partir de então essa tecnologia começou ser comercializada para uso em solo. Contudo, por apresentar um custo alto frente ao custo da matriz fóssil, não foi observado um crescimento expressivo da tecnologia solar, até que com advento da crise energética dos anos 70 (com consequente aumento do preço do petróleo) (FERREIRA; M.J.G, 1993) e somando-se a isso a necessidade de ações de enfrentamento às mudanças climáticas decorrentes da emissão de GEE, a energia solar assume papel de destaque no cenário mundial, como matriz energética com potencial capaz de suprir a demanda por energia através de fontes limpas, conciliando os interesses econômicos com foco na economia de escala (quanto maior o número de células produzidas, menor o custo unitário) (VALLÊRA, 2006) para aumentar a competitividade e por outro lado minimizar a emissão de gases poluentes objetivando a preservação do meio ambiente; em sintonia com os ideais globais de desenvolvimento sustentável que se alicerçam em três pilares: desenvolvimento social,

desenvolvimento econômico e proteção ambiental, estabelecidos na Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável – ONU (Joanesburgo, África do Sul - 2002).

2.1.1 Principais equipamentos que compõem o Sistema Fotovoltaico

Com relação aos equipamentos que compõem o Sistema Fotovoltaico, temos: painel fotovoltaico, controlador de carga, inversor e banco de baterias (para Sistema isolado) e mais o medidor bidirecional, para o Sistema ligado à rede.

A vida útil dos painéis solares tem uma média de 25 anos e possuem baixa manutenção (PORTAL SOLAR 2017).

2.1.2 Evolução do custo do sistema

O custo de um sistema fotovoltaico ainda é relativamente elevado, porém a produção em larga escala e o constante desenvolvimento de novas tecnologias, vem diminuindo consideravelmente os preços nos últimos anos (PINHO; GALDINO, 2014).

As células de silício representam 60 % do custo do painel solar (SISTEL ENGENHARIA 2016), sendo que o painel solar representa 38% do Sistema Fotovoltaico (IDEAL 2018).

Na Figura 1, podemos observar a evolução do preço das células de silício, que em 1977 custavam \$ 76/W, e sua queda gradativa ao longo dos anos, chegando a \$ 0,36/W em 2014 (BLOOMBERG NEF, 2014), resultado do aperfeiçoamento tecnológico que propiciou o aumento da eficiência da geração e queda dos custos (SEBRAE, 2017).

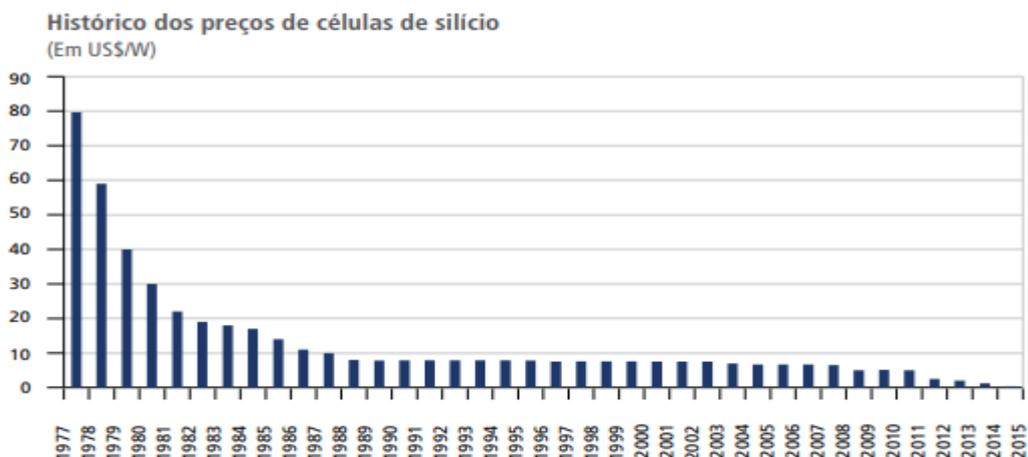


Figura 1: Histórico dos preços de células de silício (Em US\$/W). Fonte: Bloomberg NEF 2014

Devido à intermitência da produção de energia (produzida somente durante o dia), o uso de baterias se faz necessário para o armazenamento da geração solar, permitindo mais autonomia ao sistema (SEBRAE 2017). Segundo o relatório da Bloomberg NEF 2018, as baterias tiveram seu preço reduzido em cerca de 80% por megawatt/hora desde 2010. Essa redução consolida o crescimento das energias renováveis em substituição às fontes fósseis e nucleares, nas palavras do autor do relatório New Energy Outlook (NEO), 2018:

“A chegada do armazenamento barato de bateria significa que fica cada vez mais possível aprimorar a entrega de eletricidade a partir da energia eólica e solar, para que essas tecnologias possam ajudar a atender a demanda mesmo quando o vento não estiver soprando e o sol não estiver brilhando. Como resultado, as energias renováveis tomarão uma parte cada vez maior do mercado existente de carvão, gás e energia nuclear.”

Seb Henbest, autor do New Energy Outlook (NEO) 2018

2.2 Panorama Mundial da Energia Fotovoltaica

A autossuficiência energética com diversificação da matriz utilizando fontes renováveis é a tendência mundial para diminuir os efeitos negativos ao meio ambiente causados, principalmente, pelas convencionais fontes poluentes de geração de energia (PACHECO, 2006).

Diversos fatores contribuíram para que a energia solar tenha se consolidado mundialmente como alternativa de suprimento elétrico. Dentre eles destacam-se: grande potencial de exploração, não emite poluentes durante a operação, acentuada redução de custos e rápida disseminação da capacidade instalada. Numa perspectiva de longo prazo, a estimativa é de que grande parte da produção elétrica mundial seja proveniente do sol (TOLMASQUIM, 2016).

Em recente relatório, a Bloomberg NEF (Empresa Global de Informações Financeiras e Notícias -setembro 2020 - informa que as energias solar e eólica foram responsáveis pela maior parte da nova geração de energia adicionada do mundo (67%), tendo como destaque a solar que representou 45% de toda a nova capacidade adicionada em 2019. O mesmo relatório ressalta ainda que a energia solar nos últimos dez anos cresceu de 43,7 GW, em termos da capacidade total instalada em 2010, para 651GW ao final de 2019, tornando-se a quarta maior fonte de energia elétrica em operação nesse ano.

Nos dados expressos no gráfico publicado no Relatório da Situação Global das Renováveis 2019 (REN21) que apresenta a evolução da capacidade solar fotovoltaica global entre os anos de 2008 e 2018, observa-se uma capacidade de geração adicionada de 100 gigawatts em 2018 (Figura 2); configurando uma boa contribuição para a diminuição global da emissão de CO2 relacionada à energia (em conjunto com outras fontes renováveis) - nos países economicamente evoluídos - em 2019 (em torno de 33Gt) (IEA, EMISSOES GLOBAIS DE CO2, 2019).

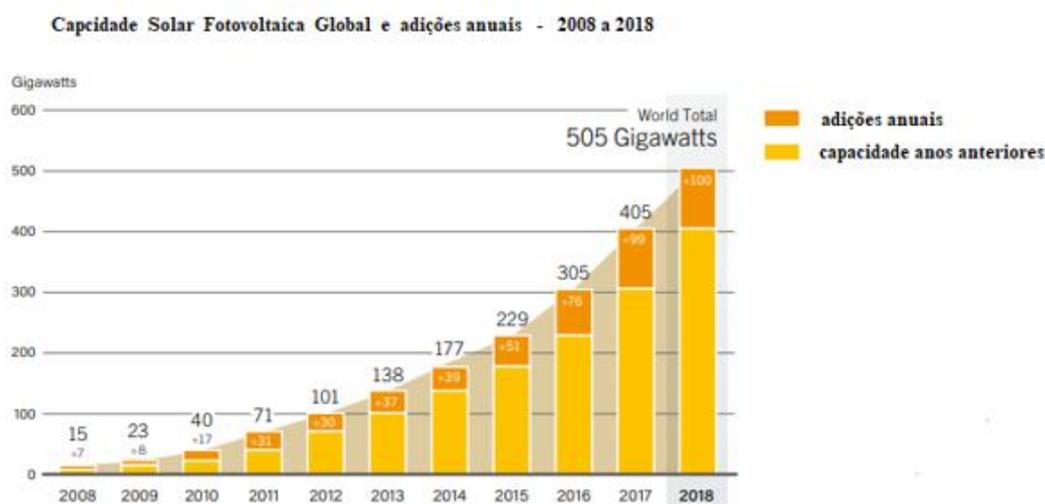


Figura 2: Capacidade Solar Fotovoltaica Global e adições anuais - 2008 a 2018. Fonte: REN21 - 2019.

Os países líderes na geração de energia fotovoltaica atualmente são: 1º - China com capacidade acumulada de 205.072 MW, 2º - Japão (61.840 MW), 3º - Estados Unidos (60.540 MW) e 4º - Alemanha (49.016 MW) (ABSOLAR 2020). Esses países, líderes em potência instalada, promoveram políticas de incentivos para o desenvolvimento de fontes alternativas de energia de acordo com as necessidades e determinações de cada país (IPEA 2020). As principais, descritas no Quadro 1.

Quadro 1: Descrição dos principais mecanismos utilizados para incentivar a geração fotovoltaica

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

Fonte: EPE 2012 com dados retirados de IEA 2011

Uma combinação desses incentivos, adotada por esses países, demonstrou que a implementação dessas políticas foram um importante instrumento para a eficácia dos resultados verificados atualmente na geração de energia (IPEA 2020).

A cadeia produtiva decorrente da expansão da tecnologia fotovoltaica traz grandes oportunidades de desenvolvimento de novos modelos de negócio (SEBRAE 2017), potencializando o mercado de trabalho, sendo responsável pela geração, no ano de 2019, de 3,8 milhões de novos postos de trabalho ao redor do mundo (IRENA 2020) visto que muitos países adotaram políticas públicas de incentivo à adoção de geração por fontes renováveis considerando que para atingir a eficiência energética é fundamental o planejamento estratégico governamental com instrumentos inovadores de gestão regulatória, estímulos fiscais e financiamento (SEBRAE, 2017).

Mediante esse cenário evolutivo, com perspectivas de crescimento mundial na geração solar numa média de 12% ao ano segundo o relatório Statkraft Baixas Emissões - Cenário

2020, surge a necessidade de planejamento para o descarte dos painéis solares que serão descomissionados. A Agência Internacional de Energia (IEA - 2019) alerta que a quantidade de resíduos de painéis solares ao redor do mundo atualmente está em torno de 250 mil toneladas, com expectativa de enorme crescimento nos próximos anos. Ações governamentais no contexto mundial já estão em prática para atenuar o impacto ambiental e abrir novas oportunidades no ambiente de negócios a partir da reciclagem dos módulos solares e reaproveitamento dos materiais envolvidos na produção desses módulos (ABSOLAR, 2020).

A União Europeia já determinou que pelo menos 75% do material utilizado seja recuperado. Porém muitos países não possuem uma legislação específica para a reciclagem dos painéis solares ao final de sua vida útil (ABSOLAR, 2020). No estado de Washington (EUA) apesar de haver regulação nesse sentido, a reciclagem não se mostra atrativa do ponto de vista econômico, razão pela qual estão sendo armazenados aguardando o barateamento do custo de reciclagem e novas técnicas de recuperação de materiais (ABSOLAR, 2020).

De acordo com IRENA 2019, aproximadamente 550.000 toneladas de placas fotovoltaicas serão descartadas no Brasil nos próximos 30 anos.

2.3 A Energia Solar Fotovoltaica no Brasil

A participação da energia solar fotovoltaica no Brasil se tornou expressiva a partir do ano de 2012 com a regulação do setor de micro e mini geração distribuída, feita pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) na Resolução Normativa 482/2012, a qual promoveu um impacto disruptivo no setor de energia elétrica, conforme declara o diretor geral da ANEEL (2019):

“A geração distribuída equivale, no setor elétrico, à revolução do smartphone nas telecomunicações.”

André Pepitone - Diretor-Geral da Aneel

Mas antes desse marco regulatório a tecnologia solar já estava a ser difundida através do cooperativismo entre o Brasil e Organizações Governamentais e Não Governamentais internacionais (principalmente com Alemanha e Estados Unidos) para projetos comunitários e produtivos, no interior das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, a partir dos anos 80 (BRAGA, 2008), com predomínio na utilização do bombeamento de

água e eletrificação rural em locais (preferencialmente comunidades rurais de baixa renda) sem acesso à rede convencional (CIGRÉ-BRASIL, 2011).

Porém somente a partir de 2012, como dito anteriormente, quando foi concedido ao consumidor brasileiro a opção de poder gerar sua própria energia elétrica (a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada) (ANEEL - Geração Distribuída - publicado: 28/09/2015), é que a energia solar fotovoltaica, através da geração distribuída, se destacou no cenário nacional. A Resolução Normativa 482/2012 da Aneel, estabeleceu as regras dos sistemas de micro geração e mini geração distribuída e o sistema de compensação de energia elétrica. Três anos depois, a REN 687/2015 desburocratizou o processo de inserção da energia gerada na rede elétrica. Dessa forma diminuiu o prazo de aprovação dos sistemas fotovoltaicos e ampliou-se o tempo para utilização dos créditos decorrentes do excedente gerado, para 60 meses, podendo ser utilizados em local diferente de onde foi gerado (autoconsumo remoto).

Dados do Balanço Energético Nacional - EPE 2019 (Figura 3), confirmam o acelerado avanço da micro e minigeração solar distribuída em 2018. Aumento de 131% em relação a 2017, com predomínio da fonte solar apresentando uma participação 63,5% sobre o total das renováveis.

BEN 2019 | Micro e Minigeração Distribuídas¹

Em 2018, aumento de 131% na geração distribuída.



¹ Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012

² Inclui biogás proveniente de resíduos agrícolas e urbanos, casca de arroz, gás de alto-forno (biomassa) e resíduos florestais.

Figura 3: BEN 2019 | Micro e Minigeração Distribuídas. Fonte: Balanço Energético Nacional – EPE 2019.

2.3.1 Tipos de Geração Distribuída

A geração distribuída está classificada em dois tipos:

- i) Geração distribuída centralizada;
- ii) Geração distribuída descentralizada (micro e mini geração) (DAVID, 2018).

A geração distribuída é caracterizada pela geração elétrica produzida próxima ou junto ao consumidor (INEE - Instituto Nacional de Eficiência Energética), por várias unidades geradoras (micro e mini) instaladas em todo o país, de forma descentralizada, o que permite maior autonomia de suprimento de energia (WWWF - BRASIL, 2015).

Na geração centralizada a energia, gerada por usinas solares de grande porte, pode ser negociada com as distribuidoras, através de leilões públicos (DAVID, 2018).

Para fins de esclarecimento, à geração descentralizada convencionou-se adotar a nomenclatura de “distribuída” e a distribuída centralizada, apenas “centralizada”.

2.3.2 Vantagens e Desvantagens

A inovação trazida pela tecnologia fotovoltaica para o setor de eletricidade, tem a vantagem de integrar: consciência socioambiental, sustentabilidade e economia financeira, trazendo importantes benefícios ao sistema elétrico (ANEEL, publicação 15/08/2018) que se traduz em:

- adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição;
- baixo impacto ambiental;
- redução no carregamento das redes;
- minimização das perdas;
- diversificação da matriz energética.

Contudo, também apresenta algumas desvantagens:

- aumento da complexidade de operação da rede;
- dificuldade na cobrança pelo uso do sistema elétrico;

- eventual incidência de tributos;
- necessidade de alteração dos procedimentos das distribuidoras para operar, controlar e proteger suas redes.

O Brasil tem um modelo de geração baseado em grandes usinas às quais necessitam de grande aporte financeiro para construção e ficam distantes dos locais de consumo. Dessa forma há necessidade de mais investimento para fazer chegar a energia elétrica até o destino final (consumidor) (MME, RELATÓRIO ProGD, 2015). Em contra-ponto a esse modelo, a geração distribuída está próxima ao local de consumo, reduzindo custos e perdas. Além disso, diversificação da matriz energética pode preservar os recursos hídricos evitando com isso o acionamento das usinas termelétricas (POMPERMAIER; DANTAS; IPEA, 2018).

2.4 O Crescimento da Geração Distribuída

A estimativa de crescimento relacionadas à micro e mini geração realizadas pela ANEEL foi superada, com larga folga, de acordo com dados coletados pela entidade em 2018. Para 2016 a previsão da potência instalada prevista era de 53 MW e a realizada chegou a 83 MW; em 2017 superou a previsão em quase 69% e em 2018, 74% acima do previsto conforme os dados da ANEEL (2018) apresentados na Figura 4.

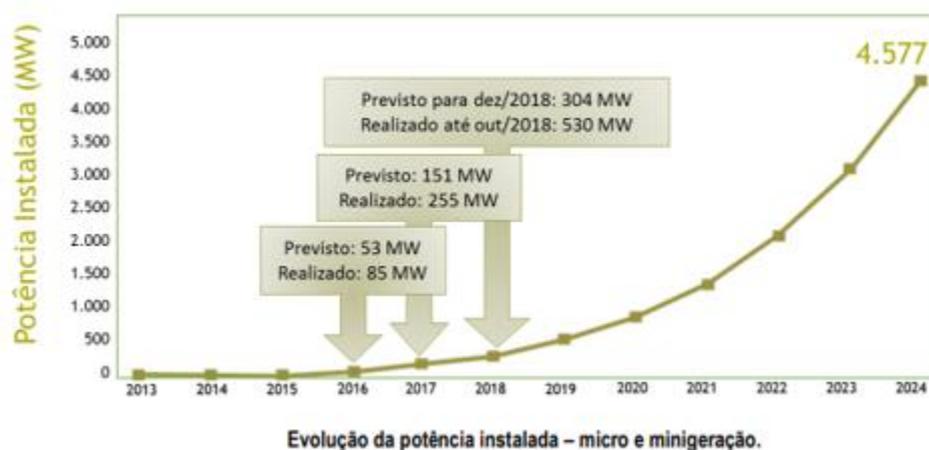


Figura 4: Evolução da potência instalada - micro e minigeração. Fonte: ANEEL - 2018.

Contudo, apesar do acelerado crescimento, na Tabela 1 notamos que, a matriz solar representa apenas 1,1% do total da geração elétrica no Brasil, mesmo com um crescimento de 92,1% entre 2018 e 2019. (EPE, 2020). Apesar da baixa representatividade, esses resultados certificam que o Brasil está, ainda que timidamente (no que diz respeito ao setor fotovoltaico), alinhado com o atual cenário mundial de desenvolvimento sustentável (favorecendo a economia de baixo carbono) e buscando alcançar a eficiência energética diversificando sua matriz (NASCIMENTO, 2017).

Tabela 1: Geração Elétrica por fonte no Brasil (GWh).

	2015	2016	2017	2018	2019	Δ% (2019/2018)	Part. % (2019)	
Total	581.486	578.898	587.962	601.396	626.324	4,1	100,0	Total
Hidráulica (i)	359.743	380.911	370.906	388.971	397.877	2,3	63,5	Hydropower (i)
Gás Natural	79.503	56.550	65.591	54.295	60.188	10,9	9,6	Natural Gas
Derivados de Petróleo (ii)	25.708	12.207	12.911	10.293	7.846	-23,8	1,3	Petroleum Products (ii)
Carvão	19.096	17.001	16.257	14.204	15.327	7,9	2,4	Coal
Nuclear	14.734	15.864	15.739	15.674	16.129	2,9	2,6	Nuclear
Biomassa (iii)	47.394	49.236	49.385	51.876	52.111	0,5	8,3	Biomass (iii)
Eólica	21.626	33.489	42.373	48.475	55.986	15,5	8,9	Wind
Solar	59	85	831	3.461	6.651	92,1	1,1	Solar Power Plants
Outras (iv)	13.623	13.554	13.968	14.147	14.210	0,4	2,3	Others (iv)

Fonte: Balanço Energético Nacional 2020; Elaboração: EPE

Notas:

i) Inclui PCH, CGH e autoprodução;

ii) Derivados de petróleo: óleo diesel e óleo combustível;

iii) Biomassa: lenha, bagaço de cana e lúxiva;

iv) Outras: gás de coque, outras secundárias, outras não renováveis, outras renováveis e solar

Fonte: Balanço Energético Nacional 2020 - Elaboração: EPE

A ABSOLAR (2020), estima que até 2024 teremos mais de 880 mil sistemas de energia solar instalados no país. Atualmente esse número está em torno de 364.000 conexões no período de 2008 a 2020, sendo que mais de 50% desse total (187.127 conexões) foram realizadas em 2020, conforme dados da Figura 5 extraídos da planilha de dados SISGD da ANEEL (acesso em 02/01/2021).

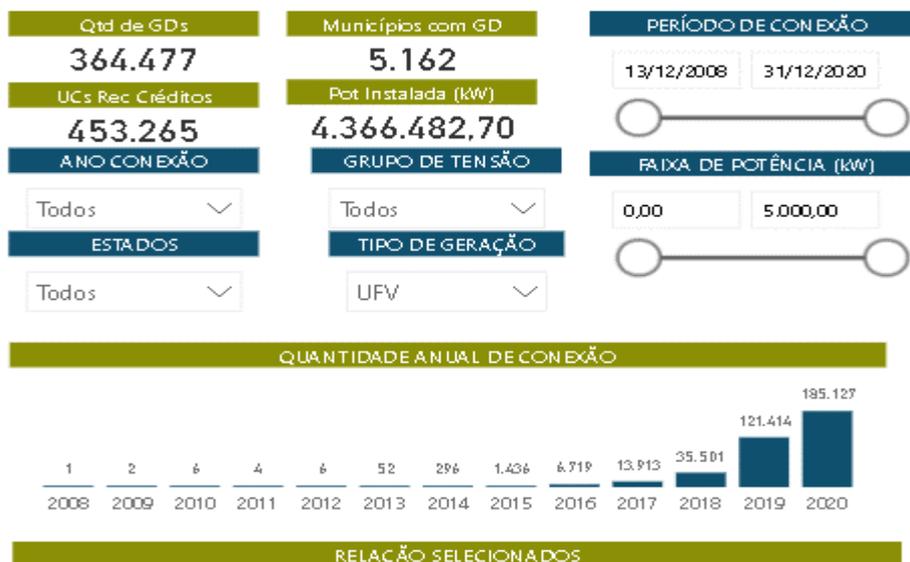


Figura 5: Geração Distribuída Fotovoltaica (Quantidade de sistemas conectados entre 2008 e 2020). Fonte: ANEEL - Planilha de dados: SISGD

Para NASCIMENTO, 2017, “A baixa utilização da energia solar no Brasil chama mais atenção quando verificamos as condições favoráveis ao desenvolvimento da fonte no país”.

2.5 Potencial Solar do Brasil

Os elevados índices de irradiação solar com médias anuais altas, distribuídas uniformemente em todo o território nacional (ainda que exista diversidade de climas no país), confere ao Brasil condições excepcionais para a utilização da energia solar mesmo no inverno (PEREIRA; et al, 2006), como podemos verificar na Figura 6 que mostra a incidência solar média diária (KWh/m²) na extensão do território brasileiro.

Brasil: incidência solar média diária
(Em kWh/m²)

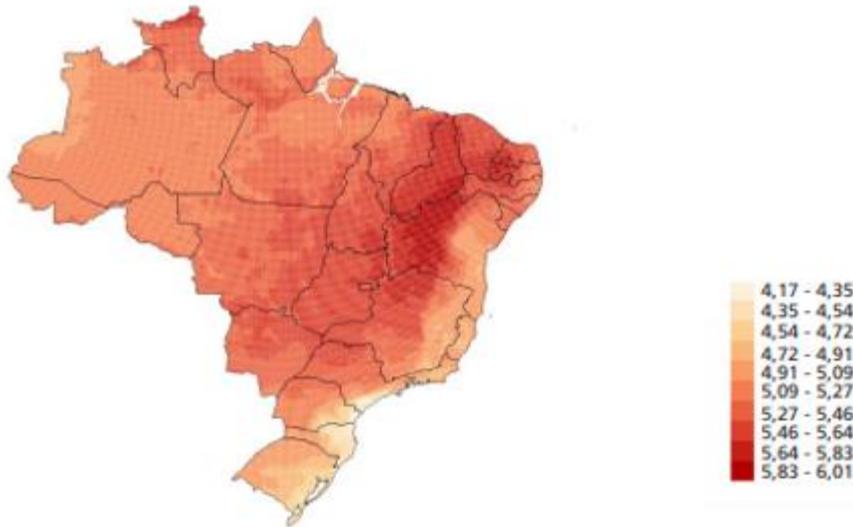


Figura 6: Brasil: incidência solar média diária (Em kWh/m²). Fonte: CPTEC e Inpe, 2016.

O Atlas Brasileiro de Energia Solar do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE - 2ª Edição, 2017) indica que o Brasil tem um potencial de geração solar de 2281 KWh/m²/ano (equivale a três vezes o consumo residencial dos estados da Bahia e Pernambuco - FAPESP, 2017); e faz um comparativo com a Alemanha: “No local menos ensolarado do Brasil, é possível gerar mais eletricidade do que no local mais ensolarado da Alemanha”, país que através de políticas públicas adequadamente empregadas para o desenvolvimento de fontes renováveis, alcançou resultados superiores no setor solar em relação ao Brasil, em detrimento de ser menos favorecido pela incidência solar (CABRAL; et al, 2013).

De acordo com SALAMONI E RÜTHER, 2007, na região menos ensolarada do Brasil encontramos índice solar de 1642 KWh/m², e a de maior incidência solar da Alemanha é de 1300 kWh/m².

PEREIRA, 2019 (LABREN/INPE), destaca o grande potencial brasileiro ainda a ser explorado, principalmente no Cinturão Solar (área que abrange a região nordeste até o Pantanal e parte de Minas Gerais), onde ocorre os maiores índices de irradiação solar. Com uma área territorial, no cinturão solar, oito vezes maior que a Alemanha (357.386 km²), a potência instalada (2019) corresponde a aproximadamente 5% da potência instalada da Alemanha (Figura 7).

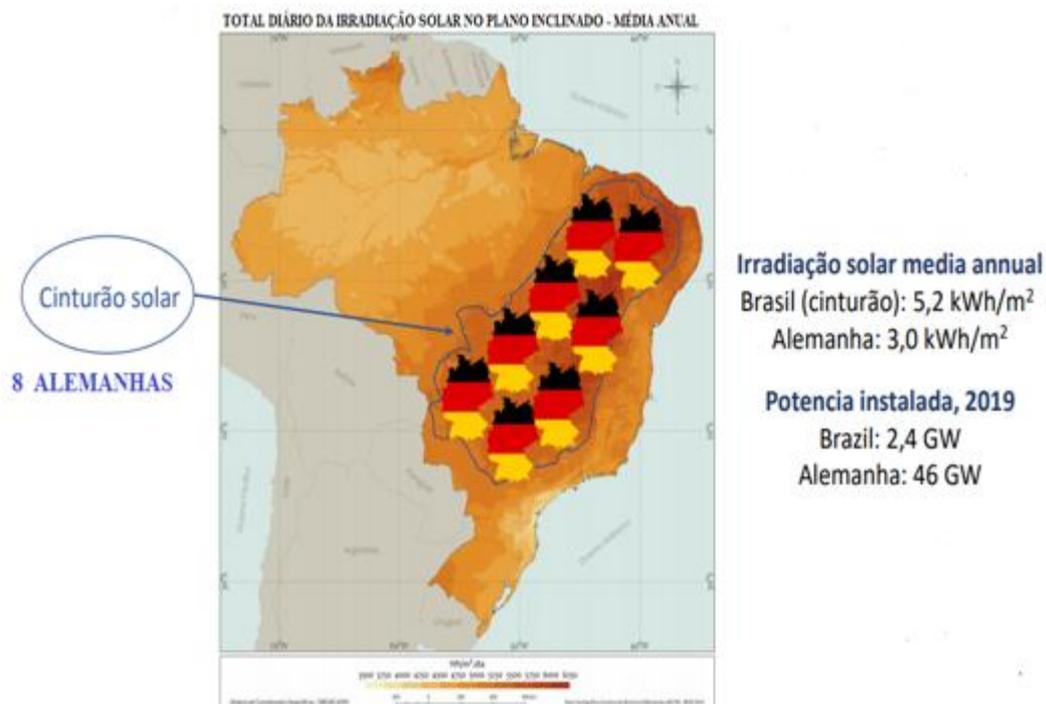


Figura 7: Total Diário da Irradiação Solar no Plano Inclinado - Média Anual. Fonte: Pereira, 23/10/2019 - LABREN (adaptado).

De acordo com Tolmasquim (2016), a energia solar, além de ser uma fonte limpa que possibilita mitigar as mudanças climáticas, já que não emite gases poluentes, apresenta outras variantes positivas tanto para a administração pública (gera receita através da arrecadação de tributos), como para a população (geração de emprego), decorrentes de toda a movimentação comercial e de serviços adjacentes que se instalam durante a construção dos empreendimentos e depois deles prontos.

2.6 Energia Fotovoltaica como fator de desenvolvimento

A energia solar fotovoltaica possui um potencial singular no que tange ao desenvolvimento de tecnologias disruptivas em curto intervalo de tempo, aprimorando processos produtivos, descobrindo novos materiais que maximizam a eficiência dos módulos solares e revolucionam os custos de produção; aumentando de forma expressiva a eficiência da conversão da energia elétrica, sua aplicação e uso (SEBRAE, 2017). Com isso a disseminação por todo o país da geração distribuída promove o desenvolvimento da cadeia produtiva nacional - indústria, comércio, serviços, pesquisa - atrai investimentos e estimula novos modelos de negócio (SEBRAE, 2018).

O Ministério de Minas e Energia em relatório do Programa de Geração Distribuída (ProGD) conclui que: “A inserção em massa de GD pode trazer benefícios que vão além do setor elétrico, como a geração de empregos e desenvolvimento econômico, em momento que o país passa por dificuldades tanto na área econômica quanto no nível de emprego”.

Nesse sentido, o setor de energia fotovoltaica tem apresentado resultados positivos tanto nas contratações de energia em leilões quanto em investimentos para expansão dos empreendimentos para geração centralizada, como demonstra a Greener (empresa de pesquisa e consultoria especializada no setor), em seu levantamento de dados (2019). A empresa estima que para os empreendimentos fotovoltaicos de grande porte já contratados, os investimentos deverão alcançar R\$ 9,5 bilhões até 2025 e destaca que o total de projetos de energia solar contratados em leilões alcançou 4,4 GW até 2019, o que representa um bom resultado considerando que a fonte solar é recente no mercado brasileiro (Figura 8).



Figura 8: Total de projetos de energia solar contratados em leilões alcança 4,4 GW. Fonte: Greener, 2019.

Estudos indicam que a fonte solar fotovoltaica tem grande potencial na geração de emprego por MW instalado (em média 30 empregos por MW instalado) – Figura 9.

A empregabilidade no Brasil nesse setor, em 2019, foi de 44 mil trabalhadores inseridos no mercado, contra 15 mil em 2018 (IRENA: 2018). Os estados brasileiros que concentram maior número de instalações de sistemas fotovoltaicos são: Minas Gerais, Rio Grande do Sul, São Paulo e Paraná, sendo esses, os estados que geram mais empregos no setor. O estudo (IRENA;2018) também concluiu que o crescimento do mercado de

produção dos módulos solares foi favorecido pela entrada das fábricas chinesas e por linhas de financiamento do Banco Nacional de Desenvolvimento e bancos de desenvolvimento regionais.

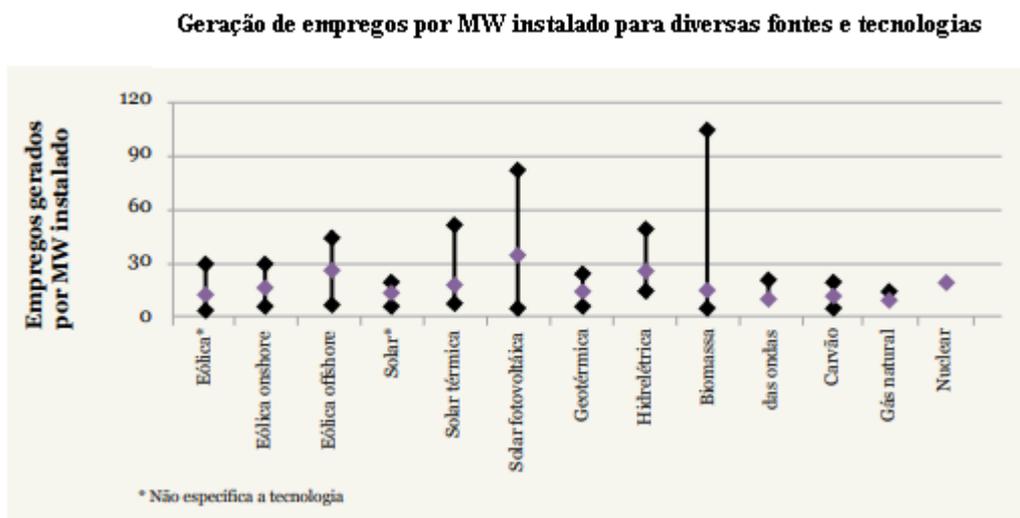


Figura 9: Geração de empregos por MW instalado para diversas fontes e tecnologias. Fonte: Simas, M. S. IEE - USP, 2012.

2.7 Energia Solar como fator de inclusão e bem-estar social

De acordo com Dantas (2020) a região do semiárido brasileiro (969.589,4 km² e 1262 municípios - SUDENE, 2017) possui as condições propícias à implementação de projetos de usinas solares utilizando a tecnologia fotovoltaica, pela grande incidência solar verificada na região e como forma de aproveitamento econômico das áreas desertificadas pela seca e cuja baixa fertilidade do solo não favorece a prática agrícola. Com uma população estimada em 26 milhões (IBGE, 2011), muitos dos municípios localizados nessa região apresentam os piores indicadores sociais e econômicos do país e ainda segundo Dantas (2020) com dados do Programa Bolsa Família (MDS, 2018), a população de baixa renda, beneficiada com o programa, alcança cerca de 1,5 milhão de famílias nessa região. O IBGE (2018) aponta uma taxa de 15,9% de desemprego na região nordeste, conquanto que, na região sul do país foi verificado um percentual de 8,4% de desemprego no mesmo período. Nesse contexto socioeconômico a implementação de políticas públicas de fomento à energia solar pode atrair negócios para a região e abrir frentes de trabalho tanto na zona rural (que concentra 35% da população - IBGE, 2011)

quanto na zona urbana (65% da população – IBGE, 2011), o que permitiria o aumento da renda da população local e contribuiria para diminuição da desigualdade regional do país com a democratização da energia e modicidade tarifária; e integração das localidades que não tem acesso à energia elétrica.

As vantagens, já mencionadas anteriormente, da aplicabilidade de um sistema fotovoltaico tais como: baixo custo de manutenção, longa vida útil e modularidade, favorecem a instalação em localidades isoladas e desprovidas de energia (CRESESB, 2008).

A instalação desses sistemas nas comunidades isoladas (geralmente de baixa renda) pode trazer muitos benefícios como: sistemas de bombeamento de água limpa, acesso à informação, refrigeração de alimentos e medicamentos, iluminação; desse modo elevando a qualidade de vida, e promovendo inclusão, com acesso à comunicação e integração nacional (WWFBRASIL, 2020).

A diversidade de aplicação e uso da tecnologia fotovoltaica no sentido de bem-estar e inclusão social é amplo e no relatório WWFBRASIL (2020) - ACESSO À ENERGIA COM FONTES RENOVÁVEIS EM REGIÕES REMOTAS NO BRASIL – que apresenta o resultado de um experimento realizado em conjunto com o Instituto Chico Mendes Bio, em uma comunidade da Reserva Extrativista Ituxi, no sul do Amazonas utilizando um sistema de refrigeração fotovoltaico (desenvolvido em laboratório¹) com capacidade para produzir diariamente 27 Kg de gelo, foi verificado o seguinte resultado:

“O retorno dos moradores não poderia ser melhor. Somente com uma unidade do freezer, os mais de 70 moradores não compram mais gelo, reduziram o salgamento de peixes e passaram a trabalhar numa cadeia que antes não podiam: a do açaí. Agora, na própria comunidade, colhem, despulpam e refrigeram a polpa da fruta. Conseguiram melhores preços e aumentaram os laços com outras comunidades, ao oferecer gelo e espaço para beneficiamento e resfriamento de produtos”.

Diante do exposto, podemos inferir que a aplicabilidade da energia solar fotovoltaica corresponde aos objetivos e diretrizes de sustentabilidade, que encontramos nos estudos

¹ A máquina de gelo solar (MGS) do Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos (LSF/IEE/USP) foi desenvolvida entre 2007 e 2009 pelo pesquisador Carlos Driemeier, sob orientação do prof. Roberto Zilles, e contou com financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp).

desenvolvidos pelo IPEA (Desenvolvimento Brasileiro; Sustentabilidade Ambiental; Livro 7 - 2010), que expressa:

“(...) desenvolvimento sustentável envolve uma nova consciência dos gestores de políticas públicas, os quais devem observar os limites e as fragilidades dos ecossistemas globais, enfocando o desenvolvimento socioeconômico com equilíbrio ecológico, orientando-o para a satisfação das necessidades básicas e reconhecendo o papel fundamental que a autonomia cultural desempenha nas comunidades locais. Na operacionalização do desenvolvimento sustentável, é necessário garantir qualidade de vida para as populações locais, removendo obstáculos políticos e institucionais à sua inserção social, garantindo sua participação nas estratégias de desenvolvimento (...)”

2.8 A Energia Solar na composição da matriz energética do Brasil para o cumprimento das Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC)

Com o objetivo de conter o aquecimento global, reduzindo a temperatura do planeta para níveis inferiores a 2°C, acima dos níveis pré-industriais, foi realizado um tratado internacional entre 195 países, em 2015, em Paris, durante a Conferência das Partes (COP21). Ficou estabelecido o compromisso de implementação de ações de descarbonização do uso de energia. Cada país deveria apresentar as suas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC's), no intuito de promover a redução da emissão de GEE (gases de efeito estufa). Para tanto, o Brasil, na sua NDC, se comprometeu a fazer essa redução em 37% abaixo dos níveis de 2005, até 2025. E, posteriormente, 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030 (Figura 10) (MMA - Ministério do Meio Ambiente, 2016).

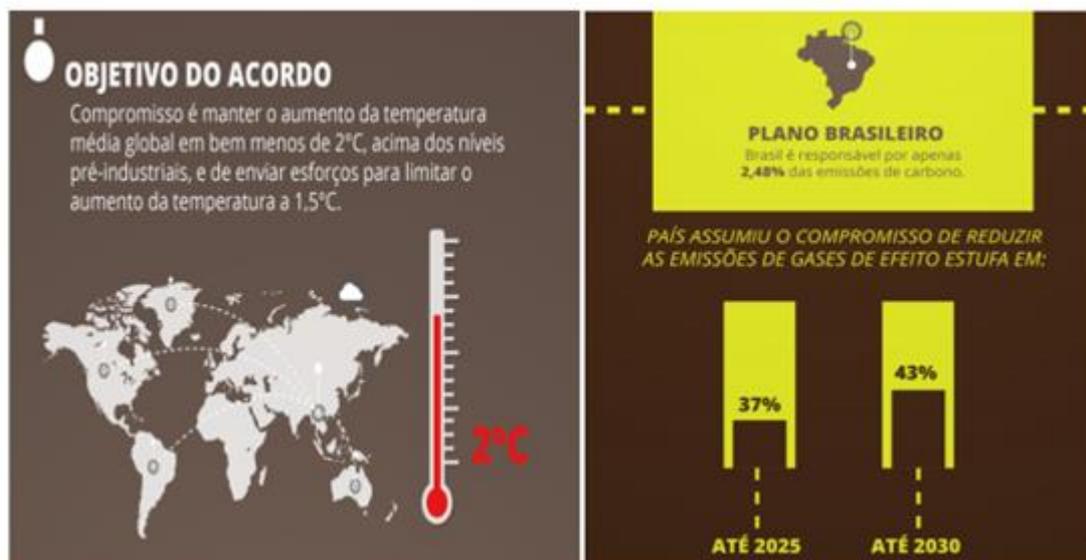


Figura 10. Fonte: Ministério do Meio Ambiente - 2016.

A inserção da matriz solar configura uma importante estratégia energética para o Brasil, no sentido de evitar o acionamento das termelétricas, que são grandes emissoras de GEE (ABSOLAR, 2020).

A crescente preocupação global do uso da energia e seus efeitos no meio ambiente com a emissão de GEE, impulsiona a ação do Estado na implementação de políticas públicas e regulação direcionadas ao desenvolvimento economicamente sustentável.

2.9 Regulação e Incentivos Governamentais

Um dos desafios da regulação do setor elétrico nacional, está relacionado à adaptação dos processos regulatórios aos atuais cenários de desenvolvimento sustentável e transformação tecnológica (DAVID, 2018). Nos modelos internacionais, o desenvolvimento da geração distribuída teve relação direta com as ações regulatórias de incentivo implementadas pelos governos (IPEA, 2020). Nesse sentido, as seguintes normas foram determinantes para a criação e desenvolvimento da geração distribuída no Brasil:

- Resolução Normativa nº 482/2012:

Estabelecida pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), foi o ato regulatório que impulsionou o crescimento da geração distribuída, principalmente da energia solar fotovoltaica.

Criou as regras para a microgeração e a minigeração distribuída. A partir de então passa a ser permitido ao consumidor, a compensação (net-metering) de energia gerada através do sistema fotovoltaico instalado em residências e comércio em geral, pelo qual a produção de energia excedente é injetada na rede da distribuidora e gera créditos que podem ser resgatados propiciando uma economia substancial na conta de luz.

- Resolução Normativa nº 687/2015:

Estabelecida pela ANEEL. Ato normativo que promoveu a desburocratização do processo de conexão da energia gerada para a rede da distribuidora. Dessa forma diminuiu o prazo de aprovação dos sistemas fotovoltaicos e ampliou-se o tempo para utilização dos créditos decorrentes do excedente gerado, para 60 meses, podendo também ser utilizados em local diferente de onde foi gerado (autoconsumo remoto) e a criação da geração compartilhada.

- Convênio nº 101/97- CONFAZ:

Isenção de Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) para as operações que envolvam equipamentos (não todos) de geração de energia solar e eólica.

- Convênio ICMS nº 16/2015 – CONFAZ:

Cláusula primeira: “Ficam os Estados do Acre, Alagoas, Amapá, Amazonas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Rondônia, Roraima, Santa Catarina, São Paulo, Sergipe, Tocantins e o Distrito Federal autorizados a conceder isenção do ICMS incidente sobre a energia elétrica fornecida pela distribuidora à unidade consumidora, na quantidade correspondente à soma da energia elétrica injetada na rede de distribuição pela mesma unidade consumidora com os créditos de energia ativa originados na própria unidade consumidora no mesmo mês, em meses anteriores ou em outra unidade consumidora do

mesmo titular, nos termos do Sistema de Compensação de Energia Elétrica, estabelecido pela Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012”.

- Lei nº 13.169, de 6 de outubro de 2015:

Art. 8º : “Ficam reduzidas a zero as alíquotas da Contribuição para o PIS/Pasep e da Contribuição para Financiamento da Seguridade Social - COFINS incidentes sobre a energia elétrica ativa fornecida pela distribuidora à unidade consumidora, na quantidade correspondente à soma da energia elétrica ativa injetada na rede de distribuição pela mesma unidade consumidora com os créditos de energia ativa originados na própria unidade consumidora no mesmo mês, em meses anteriores ou em outra unidade consumidora do mesmo titular, nos termos do Sistema de Compensação de Energia Elétrica para microgeração e minigeração distribuída, conforme regulamentação da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL”.

- Portaria nº 538, de 15 de dezembro de 2015:

Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD)

Programa do Ministério de Minas e Energia criado para estimular a geração distribuída com linhas de crédito e formas de financiamento para a instalação de sistemas em residências, comércio e indústrias. Objetivou estabelecer valores de referência para a venda de energia solar; estruturar a comercialização desta energia excedente; e promover a atração de investimentos para a nacionalização de tecnologias em energias renováveis.

- Financiamento Caixa Econômica Federal:

Financiamento para Pessoa Física - até 240 meses com taxas de juros de mercado.

- Leilões públicos:

A inclusão da energia solar fotovoltaica em leilões se deu em 2014 quando ocorreu o 6º Leilão de Energia de Reserva (LER/2014) quando foram negociados 31 projetos

fotovoltaicos. Foi uma importante estratégia para criação de demanda e fomentação da cadeia produtiva.

2.10 Impacto Ambiental da Energia Solar

A Resolução Conama Nº 001, de 23 de janeiro de 1986 considera que impacto ambiental é:

“qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- A saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- As atividades sociais e econômicas;
- A biota;
- As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- A qualidade dos recursos ambientais”.

Apesar do baixo impacto ambiental nas etapas da cadeia produtiva solar fotovoltaica, (WWF BRASIL – Estudo, 2015), dois aspectos são destacados como pontos críticos a serem avaliados (TOLMASQUIM, 2016). O primeiro se refere à geração fotovoltaica centralizada, com relação ao uso e ocupação do solo, que pelo uso de grandes áreas pode ocorrer intensificação de erosão, desmatamento e interferência na fauna e flora local. Como medidas para diminuir ou evitar tais impactos, estudos e planejamento prévio devem ser elaborados a fim de escolher a localidade com a menor risco de impacto, para implantação dos projetos, assim como a utilização de mecanismos de recuperação em torno da área afetada, como o replantio da vegetação nativa e o resgate da fauna. O segundo ponto é o descarte dos sistemas fotovoltaicos, pelo importante fato de conter metais pesados na estrutura dos módulos, que podem causar danos ambientais pela contaminação terrestre e das águas subterrâneas, afetando a saúde humana. Sob esse aspecto, a Política Nacional de Resíduos Sólidos dá as diretrizes para a destinação do lixo eletrônico, devendo ser priorizados a reutilização e reciclagem.

2.11 Descarte de Painéis Solares

O incrível crescimento global da utilização da energia fotovoltaica a partir do ano 2000 trouxe à tona uma discussão sobre a destinação da imensa quantidade de módulos solares em fase de descomissionamento e o grande volume de resíduos anuais que se formarão a partir de 2030, aponta o relatório da Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA) em conjunto com o Programa de Sistemas de Energia Fotovoltaica da Agência Internacional de Energia (IEA-PVPS, 2019). Segundo o relatório, estima-se que até o ano de 2050, 78 milhões de toneladas de painéis estarão no final de sua vida útil, sendo gerados a cada ano 6 milhões de toneladas de novos resíduos eletrônicos. Se esse material for totalmente reciclado e volte à ser utilizado na cadeia produtiva, mais de US\$15 bilhões serão introduzidos na economia mundial (IRENA, 2019).

Estudos apontam que as principais medidas a serem implementadas para contornar a situação se enquadram na política de gestão de resíduos dos 3Rs (redução, reuso, reciclagem), representados na Figura 11 (IRENA, 2016). Conforme (MIRANDA, et al, 2019) as medidas a serem adotadas são:

- i) a redução do uso de materiais quando da fabricação dos módulos;
- ii) reutilização (reuso) dos módulos, fazendo a troca de peças;
- iii) reciclagem (extração de materiais utilizados na produção dos módulos), para aproveitamento de matéria-prima, com redução de 30% no consumo de energia para produção de novos módulos (MIRANDA, et al, 2019).

Diagrama de fluxo de processo das fases do ciclo de vida para painéis fotovoltaicos e oportunidades resultantes para redução, reutilização ou reciclagem.

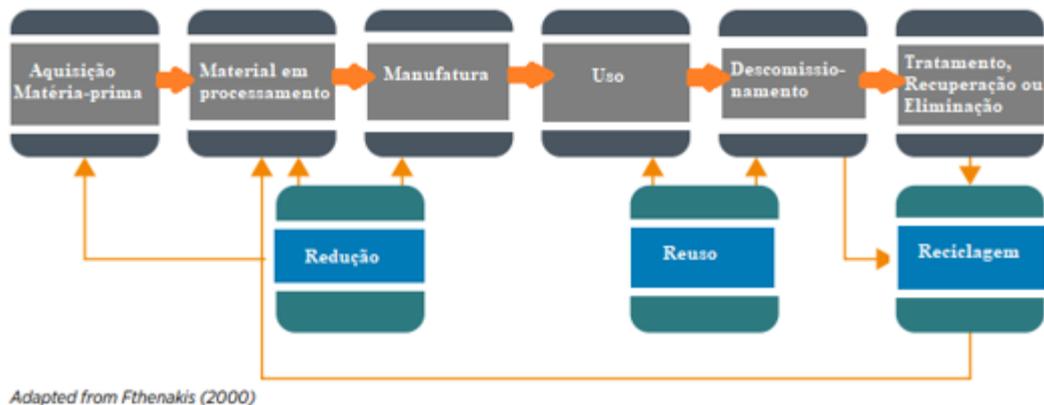


Figura 11: Diagrama de fluxo de processo das fases do ciclo de vida para painéis fotovoltaicos e oportunidades resultantes para redução, reutilização ou reciclagem. Fonte: IRENA (2016).

Investimentos em pesquisa e desenvolvimento são relevantes para aperfeiçoamento dos processos que podem levar a uma redução na utilização de materiais perigosos (considerada como estratégia preferencial) e aumentar a eficiência dos processos de reciclagem com o máximo de aproveitamento (IRENA, 2016).

Na última década a quantidade de silício usada na fabricação de um módulo diminuiu significativamente em decorrência dos avanços em pesquisas para novas técnicas de produção (BLUESOL, 2019).

A estratégia de reuso dos módulos solares (segunda melhor estratégia – IRENA, 2016), vem sendo estimulada na União Europeia através do financiamento de projetos de reaproveitamento dos painéis solares, como por exemplo, em estações de carregamento de bicicletas elétricas (ÉPOCA NEGÓCIOS, 24/10/2020).

Os módulos que não tem possibilidade de serem reparados para serem reutilizados, seguem para reciclagem. Na reciclagem, os módulos são desmontados, os materiais são separados e uma parte é incinerada e tratada quimicamente para retirada de metais. Os materiais mais obtidos através do processo são: alumínio, plástico, vidro, silício, cobre, telúrio e prata (Araújo, 2020).

A gestão eficiente desses resíduos minimiza o possível dano ambiental e gera oportunidade de negócios (CANAL SOLAR, 2020).

A Diretiva Europeia para Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE), recepcionou os módulos fotovoltaicos como REEE em 2012 e determinou a prática da logística reversa envolvendo importadores, fabricantes, fornecedores e revendedores nos países europeus.

Todo produto que depende do uso de corrente elétrica ou de campos eletromagnéticos para seu funcionamento, são equipamentos eletroeletrônicos e ao fim de sua vida útil são considerados resíduos de REEE (ABDI, 2012). Esses materiais necessitam de processos específicos de gerenciamento pois contém metais pesados como cádmio e chumbo (e outros) que são extremamente tóxicos (ABDI, 2012).

Os rejeitos decorrentes da utilização dos equipamentos da Energia Solar são considerados REEE (lixo eletrônico) e, portanto se enquadram na Lei de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010 regulamentada pelo Decreto N° 7404/2010).

2.12 Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS)

Institui as diretrizes, princípios, objetivos e responsabilidades que orientam os diferentes agentes na efetivação da gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. Foi estabelecida pela Lei nº 12.305/2010 e regulamentada pelo Decreto nº 7.404/2010.

A PNRS introduz a Logística Reversa e o princípio da Responsabilidade Compartilhada pelo Ciclo de Vida dos Produtos (SINIR, MMA):

- “Logística Reversa: instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada”;
- “Responsabilidade Compartilhada Pelo Ciclo De Vida Dos Produtos: conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei”.

Responsabilidade Compartilhada pelo Ciclo de Vida dos Produtos

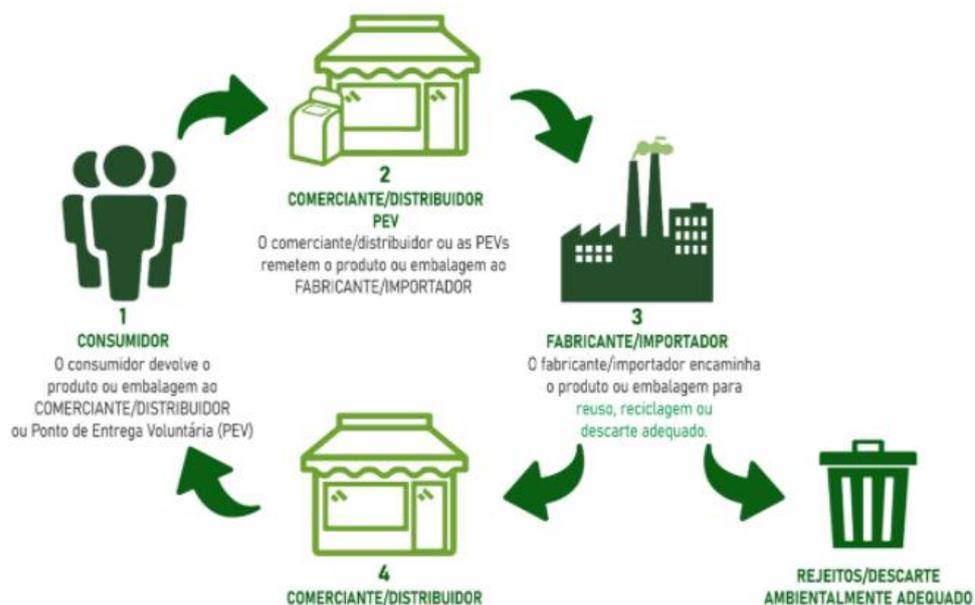


Figura 12: Responsabilidade Compartilhada pelo Ciclo de Vida dos Produtos. Fonte: PNRS.

A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, conforme a PNRS, tem por objetivos:

- I - Compatibilizar interesses entre os agentes econômicos e sociais e os processos de gestão empresarial e mercadológica com os de gestão ambiental, desenvolvendo estratégias sustentáveis;
- II - Promover o aproveitamento de resíduos sólidos, direcionando-os para a sua cadeia produtiva ou para outras cadeias produtivas;
- III - Reduzir a geração de resíduos sólidos, o desperdício de materiais, a poluição e os danos ambientais;
- IV - Incentivar a utilização de insumos de menor agressividade ao meio ambiente e de maior sustentabilidade;
- V - Estimular o desenvolvimento de mercado, a produção e o consumo de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis;
- VI - Propiciar que as atividades produtivas alcancem eficiência e sustentabilidade;
- VII - Incentivar as boas práticas de responsabilidade socioambiental.

Em fevereiro de 2020, o Decreto 10242/2020 estabeleceu as regras para implementação do sistema de logística reversa previsto na PNRS.

O decreto estabelece que, fabricantes, distribuidoras, importadoras e comércio varejista são responsáveis pelo correto descarte dos equipamentos eletroeletrônicos e pela logística reversa do lixo eletrônico, assim como criar pontos de coleta e promover a divulgação e conscientização da população sobre a importância da correta destinação desses produtos para minimizar o impacto ambiental.

Determina que é obrigação do consumidor: “descartar os produtos eletroeletrônicos de forma adequada e desligados, nos pontos de recebimento específicos do sistema de logística reversa”.

O objeto deste Decreto é a estruturação, a implementação e a operacionalização de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico existentes no mercado interno (Art-4º).

A operacionalização do sistema de logística reversa consiste nas seguintes etapas:

I - Descarte, pelos consumidores, dos produtos eletroeletrônicos em pontos de recebimento;

II - Recebimento e armazenamento temporário dos produtos eletroeletrônicos descartados em pontos de recebimento ou em pontos de consolidação, conforme o caso;

III - Transporte dos produtos eletroeletrônicos descartados dos pontos de recebimento até os pontos de consolidação, se necessário; e

IV - Destinação final ambientalmente adequada.

No referido decreto encontra-se a relação dos produtos eletroeletrônicos, objeto de logística reversa, onde os painéis solares estão incluídos.

Através do sistema de logística reversa, os materiais recicláveis de um produto eletrônico que chegou ao término de sua vida útil e foi descartado pelo consumidor, poderão voltar ao setor produtivo na forma de matéria-prima (ABDI, 2012).

3 Metodologia

Este trabalho foi fundamentado em pesquisa bibliográfica, realizada por meio de livros, periódicos científicos e artigos disponibilizados nos endereços eletrônicos de instituições públicas e organizações nacionais e internacionais, empresas privadas e associações ligadas ao setor de energia. Todo o material referenciado na vasta literatura pesquisada, sobre Energia Solar Fotovoltaica, foi analisado, comparado e compilado neste estudo. O processo utilizado foi a leitura, interpretação e seleção dos textos pertinentes ao objetivo do trabalho que tem como foco a evolução da matriz solar no contexto de sustentabilidade, e seus potenciais efeitos ambientais, sociais e econômicos no Brasil.

4 Resultados e Discussão

De acordo com o estudo apresentado, os benefícios que a matriz solar proporciona como fonte energética não poluidora, democrática, inclusiva, inovadora e a baixo custo, refletem uma perspectiva de longo prazo para que o país alcance, de forma amplificada, todos os aspectos que essa tecnologia tem potencial de realizar, especialmente no Brasil, favorecido com o potencial de irradiação solar constatado; pois ainda estamos iniciando o processo de utilização dessa matriz energética. Contudo, os resultados alcançados até o momento são um indício de que quando há políticas públicas de estímulo ao desenvolvimento de novas tecnologias que alcançam as necessidades da sociedade, esta corresponde positivamente.

As estatísticas e projeções expostas neste trabalho, comprovam que existe um fator impactante ao meio ambiente que é o descarte dos painéis obsoletos ou não utilizados (danificados ou defeituosos), que já são um obstáculo a ser superado no momento presente, e, que serão um grande problema futuro, devido ao crescente e promissor mercado da matriz energética solar, caso não seja implementada uma forte estratégia de contenção do aumento do volume de resíduos provenientes desses equipamentos. Sob esse aspecto, as políticas reguladoras para a reciclagem são fundamentais, mas importa ressaltar que as ações de fiscalização se tornam essenciais para o cumprimento da lei.

5 Conclusão

No estudo apresentado observou-se que as ações normativas foram a mola propulsora para o crescimento da geração fotovoltaica, especialmente na geração distribuída.

Os benefícios que a matriz solar pode trazer do ponto de vista econômico, social e ambiental estão alinhados com o conceito de sustentabilidade e contribuem para a independência energética nacional, fator este, que é fundamental para o desenvolvimento e competitividade de um país.

A necessidade de diversificação da matriz energética é essencial diante das mudanças climáticas mundialmente verificadas, e que, no Brasil se reflete na redução dos recursos hídricos, de onde advém a principal fonte energética do país. Do ponto de vista estratégico a energia solar demonstra grande potencial para suprir com qualidade e custo reduzido a demanda por energia sustentável e evitar que o país passe por dificuldades no fornecimento de energia, correndo risco de “apagões”, acionamento das usinas termelétricas e compra de energia de outros países, o que concorre para o aumento das tarifas. Ainda sob a ótica ambiental, o descarte dos painéis solares é um desafio que pode ser superado com a participação ativa do Estado, com a regulamentação específica para o setor e estímulo à pesquisa e desenvolvimento de tecnologias que otimizem a produção dos módulos; mobilização e participação da sociedade (conscientização ambiental) e de toda a cadeia produtiva através da logística reversa, configurando a responsabilidade compartilhada (governo, empresas e sociedade civil).

A tecnologia Solar Fotovoltaica é uma temática que implica relações sociais, econômicas e ambientais, com necessidade de inovações regulatórias que viabilizem o desenvolvimento e mantenham o equilíbrio entre essas relações, administrando o conflito de interesses entre os stakeholders envolvidos nesse mercado.

Referências Bibliográficas

- ABDI, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2013. **Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos Análise de Viabilidade Técnica e Econômica**. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1416934886.pdf>
- ABSOLAR. A Energia Solar Fotovoltaica e as Políticas De Desenvolvimento. **ABSOLAR**, Brasil, Fev. 2019. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/noticia/artigos-da-absolar/energia-solar-fotovoltaica-e-as-politicas-de-desenvolvimento.html>>. Acesso em: Dez. 2020.
- ANEEL, Agência Nacional de energia Elétrica. Brasil ultrapassa marca de 1GW em geração distribuída. **ANEEL**, Brasil, Junho 2019. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/home?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fhome%3Fp_auth%3DOERCJqkx%26p_p_id%3D3%26p_p_lifecycle%3D1%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_state_rcv%3D1&_101_assetEntryId=18723889&_101_type=content&_101_groupId=656877&_101_urlTitle=brasil-ultrapassa-marca-de-1gw-em-geracao-distribuida&redirect=http%3A%2F%2Fw>. Acesso em: Dez. 2020.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Geração distribuída: SISGD**. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZjM4NjM0OWYtN2IwZS00YjViLTlIMjItN2E5MzBkN2ZiMzVkIiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>>. Acesso em: Dez. 2020.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Revisão das regras aplicáveis à micro e minigeração distribuída – **Resolução Normativa nº 482/2012** Relatório de Análise de Impacto Regulatório nº 0004/2018-SRD/SCG/SMA/ANEEL. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/documents/656877/18485189/6+Modelo+de+AIR++SRD++Gera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida.pdf/769daa1c-51af-65e8-e4cf-24eba4f965c1#:~:text=O%20modelo%20implementado%20estabelece%20que,eil%C3%A9trica%20estabelecida%20para%20os%20consumidores>>.

- ARAUJO, E. Materiais fotovoltaicos começam a ser reciclados no Brasil. **Canal Solar**, Brasil, Março 2020. Disponível em: <<https://canalsolar.com.br/noticias/item/315-materiais-fotovoltaicos-comecam-a-ser-reciclados-no-brasil>>. Acesso em: Dez 2020.
- BICALHO, R. Os Elementos Cruciais Para A Reconstrução Do Setor Elétrico Brasileiro. **Blog Infopetro**, Brasil, Fev. 2019. Disponível em: <<https://infopetro.wordpress.com/2019/02/14/os-elementos-cruciais-para-a-reconstrucao-do-setor-eletrico-brasileiro/#more-8182>>.
- BNDES, Banco Nacional do Desenvolvimento. A Energia Solar no Brasil. **BNDES**, Brasil, Agosto 2018. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/energia-solar>>. Acesso em: Dez. 2020.
- BRAGA, R. P. **Energia Solar Fotovoltaica: fundamentos e aplicações**. 2008. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001103.pdf>>.
- BRASIL. **Lei Nº 12.305**, de 2 de Agosto de 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.html>.
- CASTRO, N.; GOUVÊA, A.; CASTRO, B.; CÂMARA, L.; GUERRA, M. Tecnologias exponenciais quebram paradigmas do Setor Elétrico. **Agência Canal Energia**, Rio de Janeiro, Julho 2019. Disponível em: <http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/09_castro218.pdf>.
- CIGRE, Comitê Nacional Brasileiro de Produção e Transmissão de Energia Elétrica CIGRE-Brasil; **Relatório de estudo: Geração Fotovoltaica de Energia no Brasil**, 2013. Disponível em: <http://www.cigre.org.br/archives/BT_13_final.pdf>.
- COLAFERRO; L. Energia Solar No Brasil: Um Panorama Para Você Entender Tudo. **BlueSol**, Brasil, Dez. 2020. Disponível em: <<https://blog.bluesol.com.br/energia-solar-no-brasil-panorama/>>. Acesso em: Dez. 2020.
- CRESESB, Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito. Energia Solar Fotovoltaica. **CRESESB**, Brasil, Junho 2008. Disponível em: <http://cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=321>. Acesso em: Dez. 2020.

- DANTAS, S. G.; POMPERMAYER, F. M. **Viabilidade Econômica de Sistemas Fotovoltaicos e Possíveis Efeitos No Setor Elétrico – IPEA - 2018**. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8400/1/TD_2388.pdf>.
- DANTAS, Stefano Giacomazzi. **Oportunidades e desafios da geração solar fotovoltaica no semiárido do Brasil**, 2020. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9680/1/TD_2541.pdf>.
- DAVID, S. M. G. R. **A tríade energia elétrica, desenvolvimento sustentável e tecnologia-bases e desafios para uma regulação evolutiva no Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-04092018-132826/publico/SolangeMendesGeraldoRagaziDavidCorr18.pdf>>.
- DIAMANDIS, P. Solar energy revolution: a massive opportunity. **Forbes**, New York, Set. 2014. Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/peterdiamandis/2014/09/02/solar-energy-revolution-a-massive-opportunity/?sh=29f0f88b6c90>>. Acesso em: Dez. 2020.
- DIAS; P. R. **Caracterização E Reciclagem De Materiais De Módulos Fotovoltaicos (Painéis Solares)**, 2015. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/127924>>.
- EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Balço Energético Nacional 2012: Ano base 2011**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-131/topico-102/Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%202012.pdf>>.
- EPE, **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2020 ano base 2019**. Disponível em: <http://shinyepe.brazilsouth.cloudapp.azure.com:3838/anuario/AnuarioEE_2020.pdf>.
- EPE, **Atlas De Eficiência Energética Brasil 2019: Relatório De Indicadores**. Disponível em: <[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-461/Atlas%20da%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica%20do%20Brasil%20\(002\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-461/Atlas%20da%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica%20do%20Brasil%20(002).pdf)>.

- EPE, **Plano Nacional De Energia 2050**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-523/05.03%20Energia%20Solar.pdf>>.
- FERREIRA, M. J. G. **Inserção da energia solar fotovoltaica no Brasil, 1993**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-05122011-141720/pt-br.php>>.
- GORE; A. L. **A Terra Em Balanço, Ecologia E O Espírito Humano**. Editora Gaia; 2ª Edição, 2008), 352p.
- GOUVEA, A. **Perspectivas para a energia solar: Avanços tecnológicos, redução de custos, mercado livre e muito mais**. Rio de Janeiro, Março 2020. <https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/artigos/perspectivas_para_a_energia_solar_-_cenarios_energia_-_solar.pdf>.
- GRADELLA, M.; GAZOLI, J. R. **Energia Solar Fotovoltaica Conceitos e Aplicações: Sistemas Isolados e Conectados à Rede**, 2012.
- HENZE, V. Solar and Wind Reach 67% of New Power Capacity Added Globally in 2019, while Fossil Fuels Slide to 25%. **BloombergNEF**, United States of America, Set. 2020. Disponível em: <<https://about.bnef.com/blog/solar-and-wind-reach-67-of-new-power-capacity-added-globally-in-2019-while-fossil-fuels-slide-to-25/>>. Acesso em: Dez. 2020.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Séries históricas**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/9173-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios-continua-trimestral.html?=&t=series-historicas&utm_source=landing&utm_medium=explica&utm_campaign=desemprego>.
- CABRAL, I. S.; TORRES, A. C.; SENNA, P. R. Energia Solar: Análise Comparativa Entre Brasil E Alemanha. **IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, 2013. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2013/X-009.pdf>>.

- IEA, International Energy Agency. World Energy Model. **IEA**, Out. 2020. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/world-energy-model/sustainable-development-scenario#abstract>>.
- IEA, International Energy Agency. Divulgação de dados: Emissões globais de CO2 em 2019. **IEA**, Fev. 2020. Disponível em: <<https://www.iea.org/articles/global-co2-emissions-in-2019>>.
- IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Sustentabilidade ambiental no Brasil: biodiversidade, economia e bem-estar humano. **IPEA**, Brasília, 2010. 640 p. gráfs., mapas, tabs. (Série Eixos Estratégicos do Desenvolvimento Brasileiro; Sustentabilidade Ambiental; Livro 7). Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/livro07_sustentabilidadeambienta.pdf>.
- IRENA, Irena International Renewable Energy Agency. **Pessoas, Planeta e Prosperidade: Elevando Ambições Climáticas Por Meio De Renováveis**. Disponível em: <https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jul/IRENA_People_Planet_Prosperty_2019_PT.pdf>.
- IRENA, International Renewable Energy Agency. End of Life Management: Solar Photovoltaic Panels. **IRENA**, 2016. Disponível em: <https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_IEAPVPS_End-of-Life_Solar_PV_Panels_2016.pdf>.
- LABREN/CCST/INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2017. Disponível em: <http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html>.
- MMA, Ministério Do Meio Ambiente, 2020. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>. Acesso em: Dez. 2020.
- MME, Ministério De Minas E Energia. **Estudo E Propostas De Utilização De Geração Fotovoltaica Conectada À Rede, Em Particular Em Edificações Urbanas**. Portaria n.º 36, de 26 de Novembro de 2008. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/mmegtsf.pdf>>.

- NASCIMENTO, R. L. **Energia solar no Brasil: situação e perspectivas**. Brasília, Câmara dos Deputados, 2017.
- NEGÓCIOS, Época. O que fazer com os painéis solares quando sua vida útil acaba? **Época Negócios**, Brasil, Agosto 2020. Disponível em: <<https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2020/08/o-que-fazer-com-os-paineis-solares-quando-sua-vida-util-acaba.html>>. Acesso em: Dez. 2020.
- ONU, United Nations, **Conferência De Paris Sobre Mudanças Climáticas**. Nov. 2015. Disponível em: <<https://unfccc.int/process-and-meetings/conferences/past-conferences/paris-climate-change-conference-november-2015/paris-climate-change-conference-november-2015>>. Acesso em: Dez. 2020.
- PACHECO, F. Energias Renováveis: breves conceitos. **Conjuntura e Planejamento**, v. 149, p. 4-11, 2006. Disponível em: <http://files.petrquimica.webnode.com/200000109-5ab055bae2/Conceitos_Energias_renov%C3%A1veis.pdf>.
- PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; DE ABREU, S. L. E Ruther, R. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**, INPE, 2006.
- PEREIRA; ENIO, 2019. **Fontes Eólica e Solar: oportunidades e desafios. Frente Parlamentar da Engenharia, Infraestrutura e Desenvolvimento Nacional**. LABREN/INPE. Disponível em: <https://www.confea.org.br/sites/default/files/uploads-imce/INPE_ENIO_PDF.pdf>.
- PÉREZ-ARRIAGA, I.; KNITTLE, C. **Utility of the future: An MIT energy initiative response to an industry in transition**. MIT Energy Initiative, 2016. Disponível em: <<https://energy.mit.edu/wp-content/uploads/2016/12/Utility-of-the-Future-Full-Report.pdf>>.
- PIERRO, B. **Para aproveitar o sol**. São Paulo, Agosto 2017. Edição 258. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/para-aproveitar-o-sol/>>.
- PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, v. 1, p. 47-499, 2014.

- PORTAL SOLAR. **Dados do mercado de energia solar no Brasil**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/mercado-de-energia-solar-no-brasil.html>>. Acesso em: 01/11/2020.
- PRADO, P. F. A. **Reciclagem de painéis fotovoltaicos e recuperação de metais**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-30012019141410/publico/PedroForastierideAlmeidaPradoCorr18.pdf>>.
- QUEIRÓS, R. O Setor Elétrico Brasileiro: Caminhando Por Interesses Que Afetam A Segurança De Abastecimento. **Blog Infopetro**, Brasil, Dez. 2020. Disponível em: <<https://infopetro.wordpress.com/2020/>>. Acesso em: Dez. 2020.
- RAMOS, C. et al. Cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil. **Sebrae: Brazilian**, Brazil, p. 364, 2018.
- RELLA; R., **Energia Fotovoltaica No Brasil**. Revista De Iniciação Científica, 2017 - Periodicos. UNESC.NET. Disponível em: <<http://periodicos.unesc.net/iniciacaocientifica/article/viewFile/2937/3523>>. Acesso em: Dez. 2020.
- REN21. **Global Status Report 2020**. Disponível em: <https://www.ren21.net/gsr-2020/chapters/chapter_01/chapter_01/#table_1>. Acesso em: Dez. 2020.
- REN21. Renewables 2020 Global Status Report. **Renewable Energy Policy Network For the 21st Century**. Disponível em: <https://www.ren21.net/wpcontent/uploads/2019/05/gsr_2020_full_report_en.pdf>.
- RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. Editora UFSC, 2004. Florianópolis. Labsolar, 2004.
- SALAMONI, I.; RÜTHER, R. **Potencial Brasileiro da Geração Solar Fotovoltaica conectada à Rede Elétrica: Análise de Paridade de Rede**. IX Encontro Nacional e V Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. Ouro Preto, 2007.
- SAUAIA, R. L. **Energia Solar Fotovoltaica: panorama, oportunidades e desafios**. 2018. Disponível em: <https://eliseugabriel.com.br/imagens/seminarios/2018/seminario_energia_solar/201>

[8.03.19%20ABSOLAR%20-%20Energia%20Solar%20Fotovoltaica%20-%20Dr.%20Rodrigo%20Lopes%20Suaia%20-%20Final.pdf](#)>.

- SEBRAE. **Cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil**. Sebrae: Brazilian, Brazil, 2018. Disponível em: <<https://m.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Cadeia%20de%20Valor%20da%20Energia%20Solar%20Fotovoltaica%20no%20Brasil.pdf>>.
- SEBRAE. **Energia Solar para os Municípios**, 2018. Disponível em: <[https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/f8ed658ccf8b66c56be84932baa5b490/\\$File/19628.pdf](https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/f8ed658ccf8b66c56be84932baa5b490/$File/19628.pdf)>.
- SINIR, Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos. **Eletroeletrônicos e seus componentes**. SINIR, Brasil, Nov. 2019. Disponível em: <<https://sinir.gov.br/component/content/article/63-logistica-reversa/474-acordo-setorial-de-eletroeletronicos>>. Acesso em: Dez. 2020.
- SISTEL, Engenharia. Como são fabricados os painéis solares? **Sistel Engenharia**, Brasil, Nov. 2016. Disponível em: <<https://sistelengenharia.com.br/como-e-fabricado-do-painel-solar/>>. Acesso em: Dez. 2020.
- STATKRAFT, Global. **Relatório Statkraft Baixas Emissões - Cenário 2019**. Disponível em: <<https://www.statkraft.com/sustainability/downloads-archive/>> ou <<https://www.statkraft.com/globalassets/0/.com/newsroom/multimedia/low-emissions-scenario/statkrafts-low-emissions-scenario-report-2019.pdf>>.
- SUDENE, Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Delimitação Do Semiárido; **Resoluções do Conselho Deliberativo da Sudene** de nº 107, de 27/07/2017 e de nº 115, de 23/11/2017. Disponível em: <<http://antigo.sudene.gov.br/delimitacao-do-semiarido>>. Acesso em: Dez. 2020.
- TOLMASQUIM, M. T. **Energia renovável: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica**. Rio de Janeiro: EPE, v. 1, n. 1, p. 10, 2016.
- VALLÊRA, A. M.; BRITO, M. C. Meio século de história fotovoltaica. **Gazeta de Física**, v. 1, n. 2, p. 17, 2006. Disponível em: <<http://solar.fc.ul.pt/gazeta2006.pdf>>. Acesso em: Jan. 21

- VILLALVA, M.; GAZOLI, J. R. **Energia solar fotovoltaica – sistemas isolados e conectados à rede.** 2ª edição, 2012.