

IMPORTÂNCIA DA LOGÍSTICA REVERSA DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS COMO AÇÃO PARA QUE A PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR SEJA CONSIDERADA LIMPA EM TODO O SEU PROCESSO

FERNANDES, Arx Calheira dos Santos¹
OLIVEIRA, Lidiane Calheira²
REBOUÇAS, Rafael dos Santos³
AZEVEDO, Icaro Argonauta Razera de ⁴

RESUMO

O cenário atual apresenta a escassez dos recursos naturais e o aumento da demanda de energia sendo assim, desenvolveu-se uma preocupação ambiental com a conseqüente busca por fontes alternativas para atendimento da população. Assim, o presente estudo tem como foco aprimorar conhecimentos acerca do emprego da energia fotovoltaica através da explanação do seu sistema, funcionamento como também da problemática do destino dos painéis fotovoltaicos após seu ciclo de uso, além de fazer considerações acerca dos impactos ambientais. Uma tecnologia para ser sustentável não pode desconsiderar a necessidade de políticas públicas e empresariais de logística reversa, por isso, esse estudo é de grande relevância para nossa pesquisa. Por fim, a principal motivação de ampliar o uso dessa técnica é considerar uma alternativa sustentável para o mercado não só brasileiro como mundial.

Palavras-chave: Energia Solar; Energia Fotovoltaica; Alternativa sustentável.

ABSTRACT

An environmental source was developed with the search for alternatives to serve the population. Thus, the present study focuses on improving the knowledge of the use of photovoltaic energy through the explanation of its system, as well as the problematic operation of the destination of photovoltaic panels after its use cycle, in addition to making considerations about the environmental impacts. One technology to be sustainable is the need to consider the public task and research of reverse logistics, which makes the study of great necessity not over time. Finally, the main motivation to expand the use of this technique is considered a sustainable alternative for the market not only in Brazil but also worldwide.

Keywords: Brazil, Solar Energy, Photovoltaicenergy, Economics, Sustainability.

¹Arx Calheira dos Santos Fernandes, Graduando do Curso de Engenharia Elétrica da FTC;

²Lidiane Calheira Oliveira, Graduando do Curso de Engenharia Elétrica da FTC;

³Rafael dos Santos Rebouças, Graduando do Curso de Engenharia Elétrica da FTC;

⁴ Icaro Argonauta Razera de Azevedo, Professor Curso de Engenharia Elétrica da FTC.

INTRODUÇÃO

Sabe-se que os problemas ambientais causados pelo homem estão cada vez mais evidentes, com isso, têm-se pensado na adoção de novas condutas mais conscientes e que não agrida o meio ambiente, por isso nota-se um incentivo na utilização de energia mais limpa, renovável, econômica e que seja sustentável.

Nota-se, o Brasil é um país que possui o benefício de ter uma vasta capacidade de produção de recursos naturais, devido a sua localização, extensão territorial e condições climáticas, o que favorece a produção de energia solar. O sistema que realiza a produção de energia elétrica através da matéria prima radiação solar é chamado de sistema fotovoltaico de energia, que é popularmente conhecido como sistema de energia solar.

O sistema supracitado é responsável por fazer com que os consumidores domésticos, comerciais e industriais possam ser os próprios geradores da sua energia elétrica e isso é devido à sua capacidade de captação de energia solar. A instalação é considerada simples e não necessita que haja grandes adaptações a sua instalação. Consoante a Agência Nacional de Energia Elétrica (2018), são consideradas inovações dentro do setor energético brasileiro, a geração e distribuição em micro ou minicentrals de inovações dentro do setor energético do país, por conseguir aliar economia financeira, consciência socioambiental e sustentabilidade.

Entretanto o que se tem visto é que não há uma política de descarte e armazenamento dos módulos usados para geração da energia solar, segundo dados da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (Absolar, 2021). No Brasil, a geração de energia solar fotovoltaica ganhou espaço rapidamente. Desde 2012, a geração de eletricidade a partir dos raios solares atraiu mais de 60 bilhões de reais em investimentos, segundo dados do Portal Solar (2020), a energia solar no Brasil representa mais de 1,7% da matriz energética e o número de sistemas fotovoltaicos instalados no território brasileiro tem crescido consideravelmente. No entanto ainda tem um desafio a enfrentar: a falta de logística reversa – ou seja, a destinação correta dos painéis descartados, fabricados a partir de elementos como silício, alumínio, vidro e metais nobres como cobre, prata e, em alguns casos, pequenas camadas de ouro.

O mercado brasileiro fotovoltaico tem crescido rapidamente, e essa expansão gera uma grande demanda para o setor. Apesar da vida útil de quase 25 anos, esses módulos solares, quando danificados, precisam ser substituídos, e sem uma política de logística reversa, acaba gerando o descarte inadequado.

São necessárias medidas de prevenção para que a sustentabilidade da fonte seja mantida. Dessa forma, a presente pesquisa tem a objetivo geral estudar a aplicação da energia fotovoltaica como uma alternativa sustentável no mercado a partir de análises do seu sistema, funcionamento, legislações relacionadas ao descarte dos painéis solares no Brasil e no mundo além de contribuir com o desenvolvimento sustentável.

METODOLOGIA

De acordo com Rodrigues et al. (2007), a metodologia científica é realizada por um conjunto de abordagens, técnicas e processos que são usados pela ciência para elaborar formulações e na resolução de problemas no tema em estudo, de caráter sistemático. Assim, o presente estudo será baseado a partir de análise qualitativa das informações coletadas.

O método de pesquisa empregado é o da pesquisa bibliográfica. Este método tem como finalidade coletar informações de textos, livros, artigos e demais materiais de caráter científico. Esses dados devem ser usados como embasamento para o desenvolvimento do assunto pesquisado. Adota-se como um método teórico e que realize a análise do tema de ângulos distintos, ao consultar autores com diferentes pontos de vista sobre um mesmo assunto.

Assim, aponta-se que a pesquisa bibliográfica está sendo uma metodologia bastante empregada nos estudos atuais. Por isso, tem-se a necessidade estabelecer com clareza o método e os procedimentos de análise como tipo de pesquisa, delimitação do universo de estudo, mecanismo de coleta de dados que devem ser adotados para sua execução, detalhando as fontes para melhor aplicação deste método de pesquisa (SASSO DE LIMA; TAMASO MIOTO, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Energia fotovoltaica

O mercado de energia solar fotovoltaica cresceu mais de 20% nos últimos anos, liderando o crescimento da capacidade instalada de energias renováveis no mundo. De acordo com o Global Solar Atlas (2022), a radiação solar para aproveitamento de energia solar no mundo apresenta altos valores, principalmente nos continentes asiático e africano, atingindo até 1424 kwh de potencial específico. De acordo com o Renewables 2022 Global Status Report (GSR), realizado pela REN21, a energia solar fotovoltaica manteve sua série de recordes e alcançou 942 GW de capacidade instalada no mundo em 2021 – alta de 25% em comparação

com 2020, quando obteve 760 GW. A energia solar no mundo deve crescer, em média, 50% até 2024.

O dado é uma estimativa feita pela Agência Internacional de Energia em 2019. Isso representa um aumento de 720 GW na potência total instalada. Segundo dados divulgados pela IRENA (International Renewable Energy Agency – Agência Internacional de Energia Renovável), as adições à capacidade global de renováveis em 2020 superaram as estimativas e todos os recordes anteriores, apesar da desaceleração econômica provocada pela pandemia da Covid-19.

Figura 1 – Usina de geração de energia solar fotovoltaica



Fonte: (WORDLESSTECH, 2022).

:

A IRENA (2020) aponta que mais de 200 GW de potência de energia renovável foram adicionadas em todo o mundo, até 2019, representando um aumento de mais de 50%. Mais de 80% da capacidade adicionada em 2020 era limpa e sustentável, com a energia solar e a energia eólica respondendo por 91% das novas energias renováveis.

A capacidade de geração de energia renovável global totalizava mais de 2.700 GW em 2020, com energia hidrelétrica ainda respondendo pela maior parte da geração de energia. No entanto, a energia solar fotovoltaica dominou a expansão da capacidade de geração no ano passado com 127 GW de novas instalações (CANAL, SOLAR, 2020).

A China e os Estados Unidos foram os que tiveram os maiores crescimento em 2020. O país asiático adicionou 49 GW de energia solar. Já os Estados Unidos instalaram 29 GW de potência de energia renováveis, quase 80% a mais que em 2019 (CANAL, SOLAR, 2020).

Energia fotovoltaica no Brasil

Os investimentos em energias renováveis têm atraído cada vez mais interesse em investir em energia solar fotovoltaica. O Brasil tem uma grande capacidade para a produção de energia solar fotovoltaica, com alguns esforços do governo e da iniciativa privada, o país está mais perto de alcançar o seu potencial para se tornar uma potência no mercado de energia solar fotovoltaica.

Segundo dados da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), Minas Gerais se estabelece como o estado com a maior capacidade fotovoltaica instalada, com 671,5 MW. Logo após, vem o Rio Grande do Sul, com 446,9 MW, e São Paulo, que conta com 440,1 MW. Já na Bahia, a potência instalada a partir da fonte solar no estado passou de 63,2 MW para mais de 138 MW no ano de 2020. A matriz energética brasileira conta com mais de 173.279 MW de energia renovável, sendo a energia solar responsável por 1,7% desse total.

Nos últimos anos a energia solar tem sido uma opção cada vez mais comum para os cidadãos brasileiros, que vem encontrando na energia fotovoltaica uma alternativa para a redução de custos a médio e longo prazo. Nos últimos anos a quantidade de energia solar produzida pelas residências brasileiras cresceu mais de 7 vezes, saltando de 275,6 MW para 2.148,4 MW de potência instalada, segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (PORTAL SOLAR, 2022).

Além da grande quantidade de energia gerada pelas residências, o Brasil tem uma grande quantidade de geração através do comércio, produtores rurais e usinas, representando mais de 3.154 MW. Os órgãos do Poder Público (63,10 MW), pelas entidades do serviço público (4,98 MW) e a partir da iluminação pública instalada em ruas e avenidas (1,01 MW) também aparecem contabilizadas no relatório da Agência. Segundo dados do IBGE, das 5.570 cidades do território nacional brasileiro, apenas 288 não contam com o sistema fotovoltaico instalado (PORTAL SOLAR, 2022).

Figura 2 - Módulos de Silício Cristalino



Fonte: PV CASE (2022).

Segundo a Absolar (2021), os sistemas fotovoltaicos instalados no país já representam mais de 70% da potência da usina hidrelétrica de Itaipu, segunda maior do mundo e maior da América Latina. "Isso reforça o papel estratégico da tecnologia no suprimento de eletricidade no país. Com o avanço, o Brasil entrou para o grupo de países com a maior capacidade de energia solar instalada alcançando 19 giga watts (GW), aparecendo na 14ª posição do ranking e é o único da América Latina no top 15 elaborado pela Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA).

Os maiores empreendimentos de geração de energia solar no Brasil estão localizados em 9 estados nas regiões Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste, a sétima maior fonte de geração provém das usinas solares, respondendo a menor parte da capacidade instalada. A maior parte vem das residências e comércios, as usinas representam 3,5 GW de potência instalada que equivale a 1,9% da matriz energética do país. Já no seguimento de geração própria, são mais de 6 GW de potência instalada (SOLAR VOLT ENERGIA, 2022).

Se somarmos as capacidades de geração das grandes usinas e geração própria de energia solar, a fonte solar fotovoltaica representa o quinto lugar na matriz elétrica brasileira, ultrapassando a potência instalada das termelétricas movidas a combustíveis fósseis que representam 9,1 GW da matriz energética brasileira. Além de se tornar uma fonte alternativa de energia renovável no país, a geração de energia solar reduz a pressão sobre os recursos hídricos. De acordo com a Associação de energias renováveis (Absolar), a geração de energia solar trouxe para o país mais de 52 bilhões em novos investimentos e contribuiu

significativamente na diminuição da poluição do meio ambiente evitando a emissão de mais de 10 milhões de toneladas de Co2 na geração de eletricidade (ABSOLAR, 2022).

Impactos ambientais são alterações causadas no meio ambiente através das atividades desenvolvidas pelo homem no espaço geográfico, eles podem ser positivos quando resultam em melhorias para o meio ambiente e para a sociedade, ou negativos quando essas alterações causam algum risco para o ser humano e para os recursos naturais existente no espaço.

Conforme Santos (2022), quando se fala de impactos ambientais o que vem em referência são os aspectos negativos das atividades humanas na natureza. Isso ocorre porque a sociedade se baseia na exploração exagerada e sem planejamento dos recursos naturais no mundo.

Com o desenvolvimento das atividades humanas, principalmente após a revolução industrial, a substituição da vegetação nativa por construções desenvolvidas pelo homem, tornou-se cada vez mais comum. As vegetações dos mais diferentes biomas foram sendo substituídas por estradas, grandes fazendas e cidades, reduzindo assim, o habitat natural de muitas espécies de animais e plantas, em consequência disso muitas espécies desapareceram ou correm risco de extinção. O lixo eletrônico se enquadra nesses quesitos e é considerado um grande vilão para o meio ambiente, nos últimos anos o consumo de lixo eletrônico vem aumentando, gerando muita poluição ao meio ambiente (SANTOS, 2022).

Funcionamento do Sistema

Os módulos solares fotovoltaicos são constituídos por células solares interligadas de tal forma a se produzir tensão e corrente ideal para seu funcionamento. Hoje os módulos fotovoltaicos mais comercializados são os de Silício, podendo ser constituídos de células monocristalinas ou policristalinas. As principais características das células monocristalinas é que ela tem o melhor rendimento elétrico, aproximadamente 16%, podendo subir até cerca de 28% em laboratório, mas as técnicas utilizadas na sua produção são complexas e caras. Por outro lado, é necessária uma grande quantidade de energia na sua fabricação, devido à exigência de utilizar materiais em estado muito puro e com uma estrutura de cristal (SOLAR BRASIL, 2022).

Já as células de silício policristalino são mais baratas por exigirem um processo de preparação das células menos rigoroso. No entanto, a eficiência cai um pouco em comparação as células de silício monocristalino. O processo de pureza do silício utilizado na produção das células de silício policristalino é similar ao processo do silício monocristalino, o que permite obtenção de níveis de eficiência compatíveis. Basicamente, as técnicas de fabricação de células

policristalinas são as mesmas na fabricação das células monocristalinas. As células podem ser preparadas pelo corte de um lingote, de fitas ou depositando um filme num substrato, tanto por transporte de vapor como por imersão. Nestes dois últimos casos só o silício policristalino pode ser obtido.

Cada técnica produz cristais com características específicas. Ao longo dos anos, o processo de fabricação tem alcançado eficiência máxima de 16% em escalas industriais. Estas células são produzidas a partir de blocos de silício obtidos por fusão de silício puro em moldes especiais. Uma vez nos moldes, o silício arrefece lentamente e se solidifica. Neste processo, os átomos não se organizam num único cristal. Forma-se uma estrutura policristalina com superfícies de separação entre os cristais. Na fabricação, tanto do módulo policristalino quanto no monocristalino, durante a fase de fundição ambos recebem o Boro. Após a retirada do forno, este material na forma de lingote é retificado para se obter uma seção quadrada, ou é somente limpo no caso das células redondas, e é cortado em lâminas com o auxílio de uma serra diamantada. Estas lâminas são limpas e polidas. Em seguida são levadas a um segundo forno onde recebem o segundo dopante, que são as células solares células solares.

Para reduzir a reflexão das lâminas de silício, é necessário depositar um filme ante reflexo, por meio de uma evaporadora de filmes finos. Nesse momento cada célula gera aproximadamente 0,5V e serão soldadas umas às outras. Para garantir a tensão e a corrente adequada ao funcionamento, são soldadas 36 células para padrão 12v no sistema off grid e 72 células para sistema on grid. Depois de cuidadosamente soldadas, essas células são devidamente impermeabilizadas com o Etil Vinil Acetato, para impedir a entrada de pó e umidade. A este pacote incorpora-se uma lâmina de vidro temperado, com baixo teor de Ferro, uma camada plástica na face posterior e uma moldura de alumínio anodizada que garante a robustez mecânica, e finalmente, as caixas de conexões são instaladas para as ligações elétricas e os módulos vão para os testes (SOLAR BRASIL).

Logística Reversa do Sistema

Na União Europeia existe uma legislação específica para regulações quanto aos resíduos do mercado de energia solar fotovoltaica, pela legislação da União Europeia, os fabricantes são responsáveis por garantir que os seus módulos fotovoltaicos sejam reciclados de forma adequada quando os mesmos se tornarem inutilizáveis.

No Japão, Índia e Austrália, os requisitos de reciclagem estão em andamento. Já nos Estados Unidos não tem uma regra geral. Com exceção de uma lei estadual em Washington, o país não tem legislação de reciclagem de energia solar.

No Brasil esse processo está em andamento, algumas empresas estão buscando se consolidar no mercado para que o processo se inicie de fato, inspirados nas experiências internacionais. Mas assim como nos Estados Unidos, ainda não temos uma legislação própria para reciclagem de painéis de energia solar, apenas a política de resíduos sólidos, que organiza a forma com que o país lida com o lixo.

Existem muitas razões para se aplicar a logística reversa para mover produtos de volta aos seus fabricantes, como preocupações com o meio ambiente, legislações, políticas de retorno de produtos e questões de garantia. Porém as que mais interessam aos empresários são as questões econômicas associadas a redução de custos de produção. A logística reversa dos produtos que se tornam inviáveis ao consumo é um processo que consiste no retorno de determinados bens à sua cadeia de produção. Segundo o blog Pensamento verde. Desde 2010, a instauração desse sistema já é obrigatória para fabricantes e comerciantes de produtos que possuem características especiais. A legislação foi sendo aprimorada, passando a abranger cada vez mais materiais considerados perigosos para o meio ambiente, assim como as empresas que trabalham com eles.

Em abril de 2018, a logística reversa foi oficialmente incorporada ao processo de licenciamento ambiental. A alteração foi realizada em acordo entre a Secretaria do Meio Ambiente, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e representantes dos diversos segmentos comerciais afetados pela lei.

Basicamente, a logística reversa existe para proporcionar um destino adequado e sustentável para os produtos que, depois de serem produzidos e consumidos ou danificados, seriam descartados de maneira inadequada.

Com o crescimento do consumo e descarte de lixos eletrônicos no Brasil, foi necessário criar leis e campanhas para que a população ficasse ciente do problema e as consequências do descarte inadequado dos eletrônicos para o meio ambiente. A partir dessa necessidade, a lei nº 9.605, regente desde 1998, foi aprimorada, dando origem a lei federal nº 12.305 (Ministério do Meio Ambiente). Que trata da regularização do descarte de resíduos eletrônicos.

Em fevereiro de 2020 o presidente da república, assinou um decreto que regulamenta a logística reversa dos produtos eletroeletrônicos, que obriga empresas do setor a criarem sistemas de coleta desse tipo de resíduo e dar a destinação correta para os mesmos. Em 2021 o Ministério do Meio Ambiente assinou um acordo setorial com empresas do ramo como forma

de fazer cumprir a lei de logística reversa dos produtos eletroeletrônicos, prevendo o retorno dos produtos após serem usados pelo consumidor, independentemente do serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos.

Atualmente, existem, segundo o governo, 173 pontos de coleta de eletroeletrônicos no Brasil. O acordo, agora regulamentado em decreto, prevê que esse número aumente para 5 mil pontos até 2025.

A logística reversa não serve apenas para ajudar o meio ambiente, tendo em vista que as empresas que adotam essa política, recebem muitos recursos de volta que podem ser reutilizados por elas, isso também entra como um fator que faz com que as empresas diminuam os gastos com materiais. Outro ponto positivo em fazer a logística reversa é que as empresas que a utilizam, também possuem uma vantagem competitiva maior no mercado do que seus concorrentes que não a praticam.

Segundo Prata (2012). Mesmo com as campanhas e leis que regulamentam o descarte desses produtos, a preocupação da indústria ainda esta voltada mais aos aspectos econômicos. Produzir em quantidades para atender a demanda do mercado, transportar e entregar esses produtos a custos reduzidos tem sido o grande desafio. Contudo, com as crescentes preocupações com o meio ambiente e as leis ambientais, as empresas ao redor do mundo vem enfrentando dificuldades na elaboração de planos para que os canais reversos possam contribuir na diminuição dos impactos causados pelo descarte irregular dos seus produtos.

Criar sistemas para atender a tantas demandas e que funcionem de modo geral, é um grande desafio, afinal os aspectos que envolvem os problemas de retorno dos produtos envolvem variáveis que dificultam esse processo. De acordo com BALLOU (1993), o objetivo da logística reversa é melhorar o nível de serviços fornecido ao cliente, onde a logística é a qualidade que dá fluxo no gerenciamento do mesmo. A logística, portanto, é um fator que deve ser utilizado como estratégia para a organização. Todos os produtos têm um determinado tempo de vida útil, e em algum ponto não servirão mais para consumo, deixando de atender as necessidades dos seus consumidores. Dessa forma necessitam ser descartados de forma correta diminuindo os impactos ambientais e até mesmo evitando-os.

A utilização de painéis solares vem aumentando cada vez mais em todo o mundo, logo a reciclagem desses módulos é extremamente necessária. De acordo com dados do Agência IRENA, 97% desse material pode ser reciclado. O material mais preeminente é o vidro que representa cerca de 75% da composição total. Polímeros plásticos representam 11%, alumínio 10%, silício 3% e ainda se pode encontrar em um módulo: estanho (Sn), zinco (Zn), cobre (Cu), prata (Ag) e chumbo (Pb), abaixo de 1% cada.

Atualmente é bastante discutido sobre como tornar o processo de reciclagem disponíveis aos governos e populações, aproveitando ao máximo os potenciais benefícios. Em algumas regiões do mundo, como nos Estados Unidos e União Europeia, já existe uma legislação específica onde os fabricantes são os próprios responsáveis pelo processo de reciclagem de forma adequada dos módulos fotovoltaicos.

Um projeto europeu denominado CABRISS, lançado em 2015, mostrou que os resíduos de painéis fotovoltaicos podem ser extremamente rentáveis. Além disso a Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA) publicou um estudo que afirma que em 2050 a quantidade de resíduos de painéis fotovoltaicos poderá valer milhões de euros no mercado mundial de produtos básicos, sempre que seja feita uma reciclagem adequada e os materiais sejam reutilizados. Na França já existe uma usina de reciclagem dos módulos fotovoltaicos, inaugurada em 2018 com capacidade de reciclar mais de 3 milhões de painéis solares por ano. Os robôs da usina desmontam os painéis para recuperar os componentes como vidro, silício, plásticos, cobre, prata e em alguns casos, o ouro. Reaproveitando para fabricação de outros materiais e até mesmo de novos módulos.

No Brasil estão sendo criados acordos setoriais de políticas de destinação adequada desse material paralelo a expansão do mercado fotovoltaico. Segundo especialistas, a criação de uma nova lei, implementada e fiscalizada pelo IBAMA, que classifique os resíduos fotovoltaicos como especiais, resolveria a brecha deixada pela criação da lei 12.305/2010, que trata da política nacional de resíduos sólidos, abrangendo os eletroeletrônicos em geral, não especificando como deve ser o descarte dos módulos fotovoltaicos. Sabemos que os painéis solares, apesar de sua vida útil e eficiência ser de aproximadamente 25 anos, esses produtos, como qualquer outro, podem também deixar de atender e serem devolvidos por questões de qualidade, defeito de fabricação, de transporte e até mesmo por garantia. Por isso criar políticas de devolução desses produtos é extremamente importante. Ou mesmo que em pequena escala, criar pontos de coletas como já é feito com o lixo convencional.

Claro que colocar um projeto como o citado acima não é uma tarefa de fácil execução e requer muito estudo, investimentos e total apoio dos governos municipais, estaduais e federal, bem como apoio e conscientização dos consumidores.

Após esses pontos serem implantados, é necessário uma política de campanha e incentivo para que tanto os produtores quanto as empresas de logística reversa, possam estar direcionando os módulos para cada etapa de forma correta, onde será feito o desmonte, classificação, separação e posteriormente a reciclagem do material coletado, dando novas

origens e valor comercial, retornando a indústria solar fotovoltaica ou até mesmo para aproveitamento em outros seguimentos industriais como fabricação de vidros, etc.

Para que esse desafio possa ser superado e implementado, é necessário que haja ações conjuntas de agentes públicos, criando leis específicas, regulando e fiscalizando. E, não menos importante, incentivando os fabricantes a usarem os componentes originados da reciclagem para a produção de novos painéis fotovoltaicos, criando possibilidades para as empresas de reciclagem, e como mencionado anteriormente, criando campanhas de conscientização pública sobre a importância de descartar corretamente esse material.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas informações do presente trabalho, pode-se apontar que a energia fotovoltaica está em ascensão em diversos países do mundo, pois a necessidade da elaboração de energias sustentáveis não poluentes é notória em todo o planeta. O Brasil apresenta grande potencial de geração de energia fotovoltaica, mas é pouco aproveitada em seu território. Apesar das barreiras de implantação da energia fotovoltaica serem cada dia menores, o crescimento dela ainda é restrita no país. Em outros países como Alemanha, Estados Unidos e Japão, a energia fotovoltaica já apresenta considerável destaque na matriz energética.

A descoberta da geração de energia elétrica pela energia fotovoltaica permitiu, ao longo dos anos, o desenvolvimento de tecnologias sobre o tema. Entretanto, os resultados obtidos não apresentavam níveis satisfatórios já que os módulos comerciais possuem baixa eficiência, fazendo com que o emprego desse sistema por pessoas físicas fosse praticamente inviável. Deste modo, muitos países incentivaram a criação de políticas públicas para estudar e implantar essa tecnologia, tornando-a cada vez mais viável para o consumidor.

A demanda por energia solar fotovoltaica tem se mostrado uma fonte energética sustentável e econômica. E no Brasil a tecnologia solar está evoluindo muito e em crescente ascensão, os incentivos governamentais dos últimos anos, a independência dos consumidores que geram sua própria energia vem aumentando o potencial instalado dessa fonte de energia limpa e fazendo com que o seguimento ganhe enormes proporções, ultrapassando outras fontes consolidadas de geração.

Sabemos que, com o crescimento vem também as consequências se não adotarmos medidas de controle, e a energia solar traz consigo o crescimento na fabricação e consumo dos módulos fotovoltaicos. Os impactos causados ao meio ambiente pelas instalações residenciais, comerciais e industriais já são de conhecimento de todos, por tanto temos ciência da

necessidade de criação de uma política para lidar com o descarte dos módulos solares para que estes venham ser descartados e destinados ao local correto evitando a degradação do meio ambiente.

Por tanto, a criação de centros de coleta e reciclagem, bem como, leis e campanhas de incentivos, são de extrema importância e urgência para que possamos garantir o desenvolvimento tecnológico e econômico do país sem agredir o meio ambiente.

Por fim, é notório que para a energia fotovoltaica se torne bastante representativa na matriz energética, em especial no Brasil, existe um longo caminho a ser percorrido. Sendo necessário a constante discussão do tema em mídia, redes sociais, instituições de ensino e também em políticas públicas que incentivem a população a adotar esse sistema. Além do aspecto energético, também é importante ressaltar que a energia fotovoltaica viabiliza o desenvolvimento de uma alternativa sustentável não apenas no país como em todo o mundo.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 10899: Energia solar fotovoltaica: terminologia. Rio de Janeiro, 2013. - ANEEL (Comp.). Banco de Informações de Geração.

ABSOLAR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA
ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. 2022.

Ministério de Minas e Energia, Nota Técnica 19/14 – Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil, do Ministério de Minas e Energia. Disponível em:

<<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: outubro de 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL; *Atlas de energia elétrica do Brasil*; ANEEL; Brasília; 2002.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO Assembleia Legislativa do Estado de S. Paulo. 2022.

ASSUNÇÃO, Hélio Delgao. DEGRADAÇÃO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS DE SILÍCIO CRISTALINO INSTALADOS NO DEE - UFC. 2014. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

BADRA, Mateus. Energias renováveis bate recorde em 2020. 09 de abril de 2021. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/energias-renovaveis-bate-recorde-em-2020-aponta-irena/>. Acessado em 30 de outubro de 2022.

BRASIL. Lei nº 12305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília.

BRASIL: CONDIÇÕES ATUAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS. 2014. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Energia do Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

Canal Solar – Energia Fotovoltaica Brasil - Canal Solar | Notícias e artigos sobre energia solar. 2020.

SANTOS, Vanessa Sardinha dos. Impactos ambientais. Disponível em:

<https://mundoeducacao.uol.com.br/biologia/impactos-ambientais.htm>, acessado em 25 de outubro de 2022.

Logística reversa dos módulos solares fotovoltaicos de silício cristalino no Brasil.

PEREIRA, André Luiz et al. Logística reversa e sustentabilidade. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 192 p.

PINHO, João Tavares. Manual de Engenharia Sistemas Fotovoltaicos/ Marco Antônio Galdino – Rio de Janeiro, 2014.

Portal Solar. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/>. Acessado em 19 de outubro de 2022.

Potencial de Energia Solar. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/brasil>>. Acesso em: mai. 2016. Convênios ICMS_2015. Disponível em: <<https://www.confaz.fazenda.gov.br/>>. Acesso em: maio. 2022.

PV CASE. Disponível em: <https://pvcase.com>. Acessado em 04 de novembro de 2022.

SOLAR BRASIL. Disponível em: <https://www.solarbrasil.com.br/>. Acessado em 17 de outubro de 2022.

SOLAR VOLT ENERGIA. Disponível em: <https://www.solarvoltenergia.com.br/>. Acessado em 15 de outubro de 2022.

REN 1000/2021: Direitos e Deveres dos Usuários do Sistema de Distribuição de Energia Elétrica – ENERGÊS (energes.com.br).

RODRIGUES, William Costa et al. Metodologia científica. Paracambi: Faetec/IST, v. 40, 2007.

SASSO DE LIMA, T. C.; TAMASO MIOTO, R. C. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. Revista Katálysis, v. 10, 2007.

SCHEER, H., Economia Global Solar. Estratégias Para a Modernidade Ecológica. Rio de Janeiro: CRESESB-CEPEL, 2002.

TIPOS DE PESQUISA. Disponível em: <https://www.significados.com.br/tipos-de-pesquisa/>, acessado em 29 de outubro de 2022.

TOLMASQUIM, M. T., Fontes Renováveis de Energia no Brasil. Rio de Janeiro:
CENERGIA,2003.

WORDLESSTECH. Disponível em: <https://wordlesstech.com/>. Acessado em 03 de novembro
de 2022.