

Energia solar paradigmas e geração de resíduos

Solar energy paradigms and waste generation

DOI:10.34117/bjdv7n6-398

Recebimento dos originais: 31/05/2021

Aceitação para publicação: 17/06/2021

Emerson Carlos Guimarães

Mestrando em Engenharia Mecânica-UFU

Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

Rua Vereador Geraldo Moisés da Silva, s/n, Universitário, Ituiutaba - MG

E-mail:emerson.guimaraes@uemg.br

Thales Divino Vilela da Silva Lemes

Graduado em Engenharia Elétrica

Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

Rua Vereador Geraldo Moisés da Silva, s/n, Universitário, Ituiutaba - MG

E-mail:thalesdivino@gmail.com

William Henrique Andrade Costa

Graduado em Engenharia Elétrica

Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

Rua Vereador Geraldo Moisés da Silva, s/n, Universitário, Ituiutaba - MG

E-mail:william-henrique@hotmail.com

Alan Kardec Candido dos Reis

Mestre em Sistemas de Energia-UFU

Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

Rua Vereador Geraldo Moisés da Silva, s/n, Universitário, Ituiutaba – MG

E-mail:alan.reis@uemg.br

RESUMO

Nos dias atuais, a busca por fontes de energias renováveis tem crescido de forma exponencial. A acelerada escassez de recursos, o aumento da poluição e a demasiada emissão de gases do efeito estufa contribuem diretamente no aceleração do aquecimento global, fazendo com que esses meios sejam necessários para garantir a sobrevivência da humanidade. Quando o assunto são as fontes de energias renováveis, a primeira ideia é pensar em uma energia 100% limpa, que não agride o meio ambiente e renova naturalmente os seus recursos. No Brasil, a geração hidráulica compõe mais de 60% de toda geração de energia elétrica do país, entretanto a energia solar tem apresentado notoriedade nesse cenário, principalmente, devido aos incentivos do governo federal. A energia fotovoltaica é vista como uma promessa em termos de energias renováveis, pois a sua geração depende apenas da incidência de raios solares e da placa fotovoltaica. Porém, analisando todo o ciclo de geração, desde o processo de manufatura das placas até o final de sua vida útil, concluímos que não é um processo limpo, pois a placa solar dispõe de uma vida útil limitada, gerando um acúmulo significativo de lixo, impactando diretamente na vida humana e ambiental no futuro, contradizendo a ideia de

energia 100% limpa. Por não ser um problema a curto prazo, é necessária a criação de regras e métodos para evitar ou minimizar os impactos. Através de uma pesquisa bibliográfica, constatou-se que as regulamentações e leis nacionais são ainda recentes, o que dificultou o levantamento de dados. Devido às leis e normas que não orientam quanto ao descarte do lixo eletrônico e não propõem padrões a serem estabelecidos, esse artigo contribui apresentando uma forma de descarte dessas placas fotovoltaicas, propondo a utilização de logística reversa para que o descarte de resíduos utilizados na geração de energia solar não traga malefícios ao meio ambiente.

Palavras-chaves: Energia solar, Fotovoltaica, Energias Renováveis, Logística Reversa, Lixo Eletrônico.

ABSTRACT

Nowadays, the search for renewable energy sources has grown exponentially. The accelerated scarcity of resources, the increase in pollution and the excessive emission of greenhouse gases contribute directly to the acceleration of global warming, making these means necessary to guarantee the survival of humanity. When it comes to renewable energy sources, the first idea is to think of 100% clean energy, which does not harm the environment and naturally renews its resources. In Brazil, hydraulic generation composes more than 60% of all electric power generation in the country, however solar energy has been notorious in this scenario, mainly due to federal government incentives. Photovoltaic energy is seen as a promise in terms of renewable energy, as its generation depends only on the incidence of sunlight and the photovoltaic plate. However, analyzing the entire generation cycle, from the plate manufacturing process to the end of its useful life, we conclude that it is not a clean process, as the solar plate has a limited useful life, generating a significant amount of waste, directly impacting human and environmental life in the future, contradicting the idea of 100% clean energy. As it is not a short-term problem, it is necessary to create rules and methods to avoid or minimize impacts. Through a bibliographic search, it was found that national regulations and laws are still recent, which made data collection difficult. Due to the laws and regulations that do not provide guidance on the disposal of electronic waste and do not propose standards to be established, this article contributes by presenting a way of disposing photovoltaic plates, proposing the use of reverse logistics so that the disposal of waste used in the generation of solar energy doesn't harm the environment.

Keywords: Solar energy, Photovoltaic, Renewable energy, Reverse logistic, Electronic Waste.

1 INTRODUÇÃO

A primeira pesquisa relacionada à energia fotovoltaica aconteceu por acaso, quando o físico francês Alexandre Edmond Becquerel realizava testes eletroquímicos que deram origem ao efeito fotovoltaico em 1839 (SILVA, 2004). Em 1877, o primeiro dispositivo sólido de produção fotovoltaica foi desenvolvido, e apresentava uma eficiência de aproximadamente 0,5% (SILVA, 2004).

A era moderna dos painéis fotovoltaicos teve início em 1954, quando foi desenvolvido o processo de dopagem do silício pelo químico Calvin Fuller (CRESESB, 2006). Nesse mesmo ano, o químico partilhou da sua ideia com o físico Gerald Pearson, seguindo as instruções de Fuller produziu uma junção P-N, descobrindo assim o comportamento fotovoltaico (SILVA, 2004). Em 1955, a primeira célula solar teve sua primeira aplicação como fonte de alimentação de uma rede telefônica americana (SILVA, 2004).

Na atualidade, a geração de energia fotovoltaica tem se desenvolvido de maneira exponencial. Um fato que demonstra isso, é que no ano de 2017, o investimento em energia solar bateu recorde, sendo investidos 18% a mais em recursos financeiros que no ano de 2016, (BRASIL, 2018).

A geração de energia fotovoltaica apresenta-se como uma solução sustentável (EC 1997; BRITO et al., 2011), porém, essa apresentação é bastante questionável. Isso porque, os equipamentos que constituem as usinas de geração fotovoltaicas tendem a se degradar com o passar do tempo. O resultado do crescimento desse mercado, em breve, pode ocasionar um acúmulo substancial de resíduos.

Os painéis fotovoltaicos, baterias e módulos inversores são classificados na mesma categoria como lixo eletrônico (VISION, 2018). Cerca de 70% deste lixo eletrônico mundial tinha como destino a China, porém em 2018 foi promulgada uma lei chinesa que consiste em proibir o recebimento de qualquer resíduo proveniente de outros países (VISION, 2018).

Observando esse contexto, percebe-se que há falhas e faltam leis e investimentos, à níveis nacionais e internacionais, que visam estimular a logística reversa, a reciclagem e o reaproveitamento desses equipamentos. Com base nisso, o presente trabalho buscará abordar as medidas ambientais existentes e propor uma possível orientação para a destinação adequados equipamentos usados na geração de energia fotovoltaica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

BREVE HISTÓRICO DAS PLACAS FOTOVOLTAICAS

Muito se engana quem pensa que a energia fotovoltaica é uma tecnologia atual, “O efeito fotovoltaico foi observado pela primeira vez em 1839 por Edmond Becquerel que verificou que placas metálicas, de platina ou prata, mergulhadas num eletrólito, produziam uma pequena diferença de potencial quando expostas à luz.”. Apesar de ter sido um projeto arcaico foi Becquerel então, com sua pesquisa, quem deu o passo inicial

para criação da tecnologia que temos hoje em energia fotovoltaica, entretanto a primeira célula solar moderna começou a ser desenvolvida em 1953, após 114 anos, “[...] em Março de 1953 quando Calvin Fuller, um químico dos Bell Laboratories (Bell Labs), em Murray Hill, New Jersey, nos Estados Unidos da América, desenvolveu um processo de difusão para introduzir impurezas em cristais de silício, de modo a controlar as suas propriedades eléctricas, um processo chamado “dopagem”.” (ANTONIO, 2006). O processo de dopagem do silício é um processo muito utilizado para criação de componentes eletrónico.

Em 1956 temos as primeiras células fotovoltaicas construídas pelo processo industrial, porém, devido ao seu alto custo de fabricação as células fotovoltaicas eram utilizadas somente em equipamentos de satélites onde o importante não era o custo e sim uma maneira eficaz de se ter energia elétrica no espaço. Em 1973 houve aumento nas pesquisas de energia fotovoltaica levadas pelo interesse dos governos perante a crise do petróleo, onde imaginava-se que o esgotamento do petróleo era um fato iminente. O custo na produção da célula fotovoltaica não era à época um fator positivo, por isso o mercado demorou a se estabelecer, somente em 1978 com o aumento na produção de energia fotovoltaica, o aumento das pesquisas de materiais e tecnologias começam então a ter efeitos de baixa nos custos de fabricação das células (ANTONIO, 2006).

Hoje devido ao grande processo de industrialização e a grande tecnologia o baixo custo em equipamentos fotovoltaicos se tornou realidade visto que, o consumo de energia elétrica mundial tem aumentado de forma exponencial, e a humanidade cada vez mais dependente de equipamentos eletrônicos e consumindo mais energia elétrica, são fatores que contribuem para o aumento de estudos e desenvolvimento de energias alternativas.

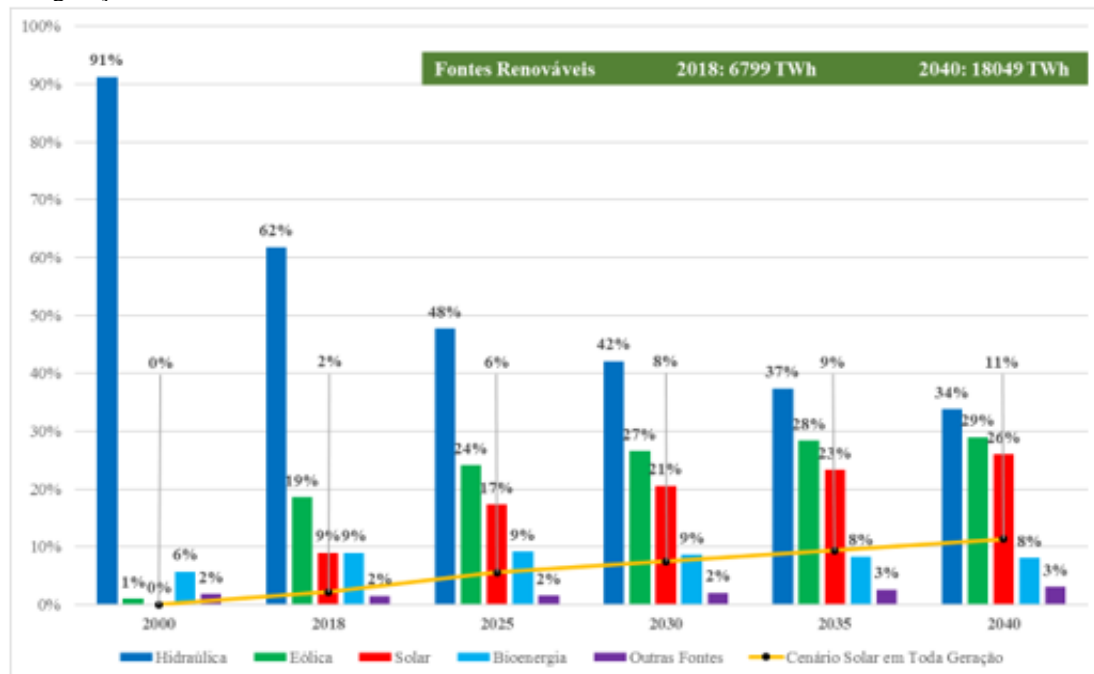
MATRIZ ELÉTRICA NO BRASIL E MUNDO

Em 2018, a geração de energia elétrica mundial foi de 26607 TWh sendo o carvão mineral, a principal fonte com 38%, seguido pelo gás natural com 23%, a hidráulica com 16%, nuclear com 10% e derivados do petróleo com 3% da geração, sendo que ainda houve a produção de 10% de fontes de energia renovável, com isso, as fontes renováveis somaram 26%, dos quais, cerca de 5% eólica e 2% solar (IEA, 2016).

Considerando o cenário de políticas declaradas, a geração de energia elétrica terá um aumento de mais de 13000 TWh até 2040, cerca de 2,1% ao ano, isso acontece principalmente devido economias em crescimento, que representa mais de 90% do crescimento da demanda, sendo que a Ásia representará dois terços (IEA, 2019).

As energias não-renováveis, nesse cenário ainda serão mantidas como as principais fontes de geração de energia elétrica, porém a principal fonte que hoje é o carvão mineral e derivados será superado em percentual de produção pelas energias renováveis que terão um salto de representatividade que contribuirão com três quarto do crescimento no fornecimento de eletricidade até 2040, assim passando de 26% atualmente para 44% em 2040, esse aumento acontece devido sendo que as fontes renováveis com maior aumento em sua geração serão as energias solar fotovoltaica e eólica que atualmente representam 7% e em 2040 serão 24% de toda geração de energia elétrica no mundo (IEA, 2019).

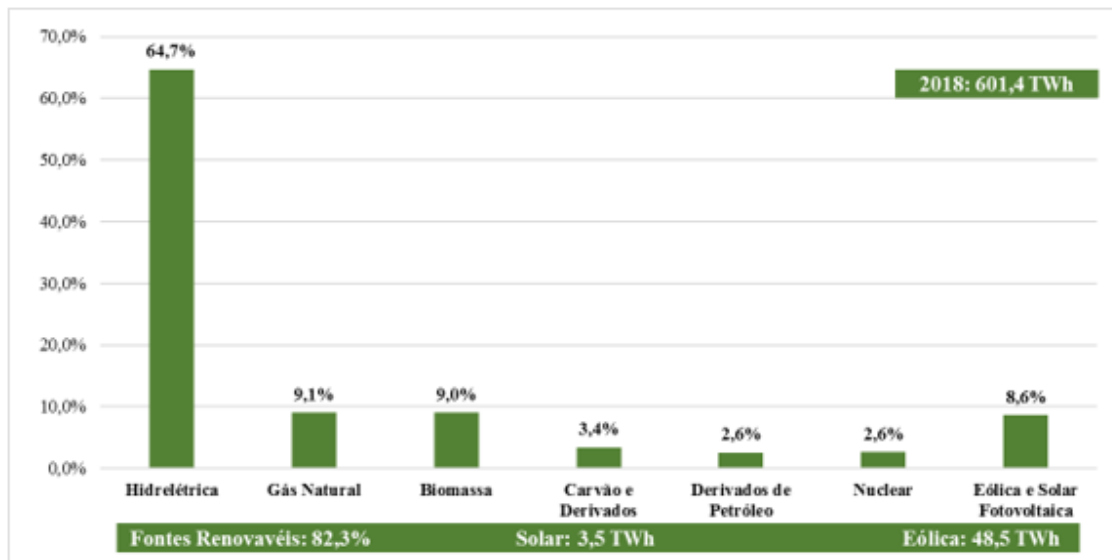
Gráfico 1: Geração Energia Elétrica através de fontes renováveis com cenário da Energia Solar perante toda geração de 2000-2040



Fonte: IEA, 2019.

A geração de energia elétrica no Brasil em centrais de serviço público e autoprodutores atingiu 601,4 TWh em 2018, resultado 2% superior ao de 2017. A principal fonte de geração que é a hídrica teve aumento de 4,9% comparado ao ano anterior, a participação de energias não renováveis diminuiu de 20,8% em 2017, para 17,7% em 2018, isso significa que a produção de energia elétrica renovável é de 82,3%, uma das mais limpas do mundo (MME, 2019).

Gráfico 2: Matriz elétrica brasileira em 2018

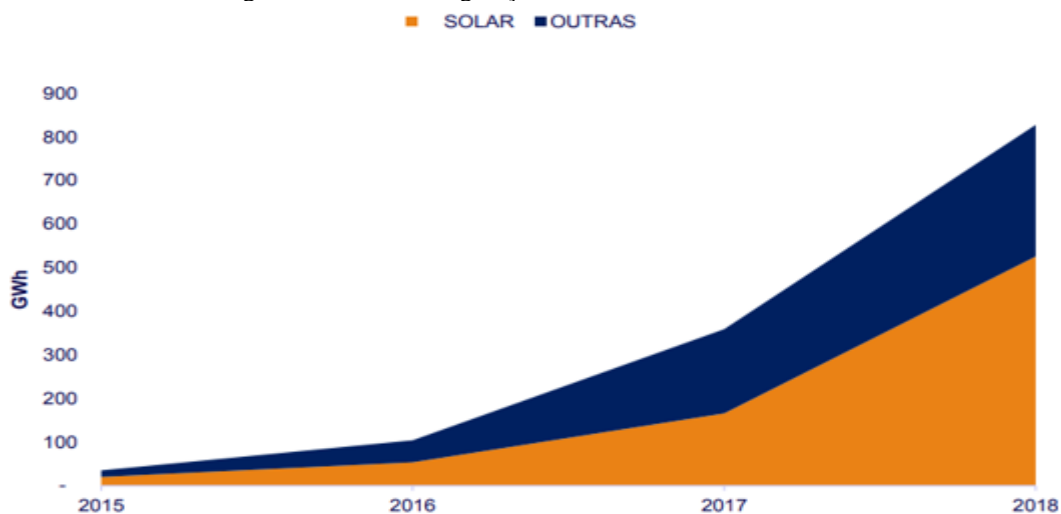


Fonte: MME, 2019.

Seu percentual de distribuição por fonte é de 64,7% hidráulica, 9,1% gás natural, 9,0% biomassa, 8,1% eólica, 3,4% carvão e derivados, 2,6% petróleo e derivados, 2,6% nuclear e 0,5% solar fotovoltaica, essa que apresentou o maior aumento percentual na geração de energia elétrica no país com crescimento de 316,1% e também na capacidade instalada com crescimento de 92,2% entre 2017 e 2018 (MME, 2019).

A energia elétrica fotovoltaica também é o principal destaque no cenário de micro e minigerações distribuídas, que em 2018 teve um aumento de 131% na geração distribuída totalizando 828 GWh, sendo que do total a energia solar representou 526 GWh (MME, 2019).

Figura1: Micro e Minigeração distribuída no Brasil em 2018



Fonte: MME, 2019.

ENERGIA ELÉTRICA RENOVÁVEL

O aumento exponencial no uso de energia elétrica devido ao crescimento do mercado de eletroeletrônicos e a dependência humana por esses dispositivos, torna essencial a busca por meios alternativos de geração de energia. No decorrer dessa busca surge o conceito de energias renováveis que nada mais é que meios de geração de energia utilizando recursos que são reabastecidos de forma natural. Os meios mais comuns de geração de energia elétrica renováveis são: **Eólica, Hídrica, Fotovoltaica e Biomassa.**

Energia Solar: A energia proveniente do sol. Pode ser utilizada diretamente para o aquecimento do ambiente, aquecimento de água e para produção de eletricidade, com possibilidade de reduzir em 70% o consumo de energia convencional (PACHECO, 2006).

Energia Hídrica: energia cinética das massas de água dos rios, que fluem de altitudes elevadas para os mares. Sabendo-se que a energia hídrica deriva do aproveitamento da água para produção de eletricidade e em se tratando de energia com características renováveis, decorre da instalação de pequenas centrais hidrelétricas (PCH's) as chamadas mini-hídricas, que atualmente estão sendo mais utilizadas devido ao fato de causarem menor impacto ambiental e de serem mais facilmente introduzidas em infraestruturas urbanas já existentes (PACHECO, 2006).

Energia Eólica: energia cinética das massas de ar (ventos) provocadas pelo aquecimento desigual na superfície da Terra. A energia eólica tem-se firmado, como uma grande alternativa na composição da matriz energética de diversos países (PACHECO, 2006).

Biomassa: é a energia química produzida pelas plantas na forma de hidratos de carbono através da fotossíntese. Plantas, animais e seus derivados são biomassa. Sua utilização como combustível pode ser feita na sua forma bruta ou através de seus derivados. Madeira, produtos e resíduos agrícolas, resíduos florestais, excrementos animais, carvão vegetal, álcool, óleos animais, óleos vegetais, gás pobre, biogás são formas de biomassa utilizadas como combustível.

(PACHECO, 2006).

Uma breve descrição de alguns dos meios mais comuns de energias renováveis, sabe-se que essa modalidade de geração visa minimizar os impactos ambientais, sejam elas emissão de gases ou poluentes. A contribuição desses meios de geração de energia na matriz elétrica ainda é pequena, em comparação a outros meios. A matriz elétrica brasileira é constituída por 80,4% de energias renováveis (MME, 2017). Em 2016 segundo

Ministério de Minas e Energia (2017), o Brasil produziu 579 TWh, sendo que 59 GWh produzidos por meio de energia solar. O estado de Minas Gerais é o maior em geração de energia fotovoltaica onde alcançou a marca de 103 MW em dezembro de 2018 e representam 22% da geração distribuída do Brasil (PIZARRO, 2019).

Um balanço divulgado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) sobre a política de incentivo à microgeração de energia em 2016 apresenta, segundo os números, que o Brasil bateu em agosto de 2016 a marca de 5 mil instalações, com uma potência instalada de 47 mil quilowatts. Os números positivos mostram que houve um salto nas instalações entre 2015 e 2016: até setembro de 2015, só existiam 1.200 instalações de microgeração, dentre as 5040 instalações, 4995 são de energia solar (CALIXTO, 2016).

Minas Gerais é o estado que mais se destaca em microgeração de energia solar, esse crescimento só foi possível pelo fato de que o estado de Minas Gerais foi o primeiro a acabar com a cobrança dobrada de imposto da energia solar, ainda em 2013 (CALIXTO, 2016).

POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) os define como “todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade”. Isso não significa dizer que não têm mais valor ao serem descartados, mas sim, que não tem utilidade para quem descartou sendo passível a reutilização.

O QUE A LEI NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS DIZ

A política nacional de resíduos sólidos bem como o nome diz, são um conjunto de leis vigentes no Brasil onde regulamentam todo e qualquer tipo de descarte e reciclagem de materiais sólidos. A Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e altera a Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. As células fotovoltaicas são denominadas lixo eletrônico, então o artigo 33 é o que rege as práticas de reciclagem e descarte das células. O que diz a lei:

Art. 33. São obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de: [...]
VI – Produtos eletroeletrônicos e seus componentes. § 1º Na forma do disposto em regulamento ou em acordos setoriais e termos de compromisso firmados entre o poder público e o setor empresarial, os sistemas previstos no caput serão estendidos a produtos comercializados em embalagens plásticas, metálicas ou de vidro, e aos demais produtos e embalagens, considerando,

prioritariamente, o grau e a extensão do impacto à saúde pública e ao meio ambiente dos resíduos gerados.

§ 2o A definição dos produtos e embalagens a que se refere o § 1o considerará a viabilidade técnica e econômica da logística reversa, bem como o grau e a extensão do impacto à saúde pública e ao meio ambiente dos resíduos gerados. [...]

§ 6o Os fabricantes e os importadores darão destinação ambientalmente adequada aos produtos e às embalagens reunidos ou devolvidos, sendo o rejeito encaminhado para a disposição final ambientalmente adequada, na forma estabelecida pelo órgão competente do SISNAMA e, se houver, pelo plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos. [...]

§ 8o Com exceção dos consumidores, todos os participantes dos sistemas de logística reversa manterão atualizadas e disponíveis ao órgão municipal competente e a outras autoridades informações completas sobre a realização das ações sob sua responsabilidade. [...]

Sabemos que as placas fotovoltaicas são classificadas como lixo eletrônico e podemos observar que a política de resíduos vigentes no Brasil tem regras específicas para esse tipo de lixo, também pode ser identificada a existência de um plano de logística reversa que fica totalmente a cargo das empresas a viabilização desse processo e as informações sobre esse sistema devem ser atualizadas e disponibilizadas para os órgãos responsáveis.

MATERIAIS QUE SE ENQUADRAM NA POLÍTICA ‘

Segundo a lei 12.305 artigo 3º inciso XVI:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

PARTICIPAÇÃO DO ESTADO

É de responsabilidade do Estado regulamentar e criar meios e incentivos de âmbito nacional, estadual e municipal, a lei 12.305 que regulamenta a política nacional de resíduos sólidos tem como objetivo destinar de maneira correta todos resíduos sólidos onde essas leis são válidas para pessoas físicas e jurídicas, públicas ou privadas responsáveis indiretamente ou diretamente por esses resíduos (SILVA, 2015).

O Estado por se tratar de uma pessoa jurídica de direito público está sujeito às regras estabelecidas pela lei 12.305/10, veiculada pelo artigo 1º § 1º. Sua atuação é de suma importância, pelo fato de que ela possui o poder da polícia podendo exigir o cumprimento das normas estabelecidas por esta lei (SILVA, 2015).

DESCARTE DE LIXO ELETRÔNICO

A evolução tecnológica contínua na sociedade humana vem apresentando um grande problema para sociedade do século XXI, o que fazer com tanto lixo eletrônico.

De acordo com o estudo *Global E-Waste Monitor*, realizado pela Organização das Nações Unidas (ONU), o Brasil é o maior produtor de lixo eletrônico da América Latina e 7º maior do mundo. Anualmente, o país produz 1,5 mil toneladas de lixo eletrônico, e apenas 3% de todo esse montante tem um descarte adequado.

Assinado pelo presidente Jair Bolsonaro, o decreto 10.240 de 2020 estabelece as regras para implementação do sistema de logística reversa para produtos eletroeletrônicos. O texto regulamenta o mecanismo previsto na Política Nacional de Resíduos Sólidos, sancionada em 2010, para que os fabricantes e importadores desses itens sejam responsáveis pelo descarte de forma a reduzir os impactos no meio ambiente. Em 2021, primeiro ano de funcionamento, dever ser atendidas 24 cidades e absorvido 1% do lixo eletrônico.

O estado de São Paulo deverá ter maior participação, com 8 dessas locais, no primeiro ano, e 95 ao fim do calendário de consolidação. A estimativa é que, em cinco anos, 17% dos aparelhos sejam recolhidos. As cidades deverão ter, no mínimo, um ponto para cada 25 mil habitantes. A previsão é que em 2025 existam cerca de 5 mil pontos de coleta no país. Esses locais vão receber de forma gratuita os aparelhos para serem descartados (MELLO, 2020).

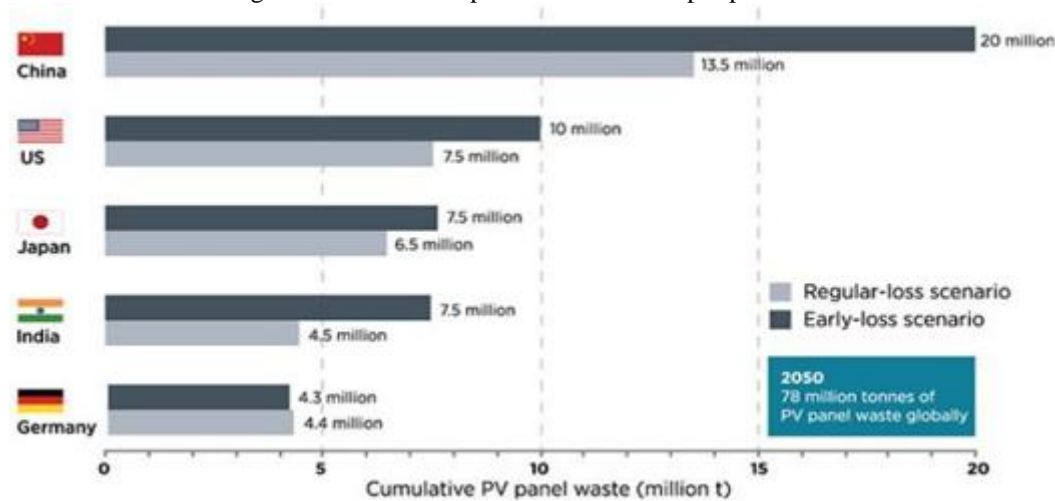
Até os anos seguintes, seguimos nos apegando aos dados otimistas que as estimativas trazem uma vez que os dados atuais são rasos e por isso nos impossibilita de chegar a uma conclusão assertiva, talvez em cinco anos possamos nos referir e analisar melhor e de forma mais embasada; só resta aguardar.

3 UNIÃO EUROPEIA E A RECICLAGEM DE PLACAS FOTOVOLTAICAS

Em junho de 2016, a União Europeia publicou um estudo onde, com auxílio de dados propõe uma perspectiva do acúmulo de placas fotovoltaicas ao longo dos anos, esse estudo foi elaborado pela Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA) e pelo Programa de Sistemas de Energia Fotovoltaica da Agência Internacional de Energia (IEA-PVPS), é a primeira projeção de volumes de resíduos de painéis fotovoltaicos até 2050. Esse artigo destaca a reciclagem ou o reaproveitamento dos painéis fotovoltaicos no final de sua vida útil de aproximadamente 30 anos e que podem liberar um estoque estimado de 78 milhões de toneladas de matérias-primas e outros componentes valiosos

globalmente até 2050. Esse material sendo totalmente injetado de volta na economia, o valor recuperado poderá exceder US \$ 15 bilhões (WECKEND; WADE; HEATH, 2016).

Figura 2: Acúmulo de placas fotovoltaicas por país até 2050.



Fonte: (WECKEND; WADE; HEATH, 2016)

4 METODOLOGIA

A pesquisa realizada no artigo foi a exploratória e qualitativa, onde previamente realizou-se um levantamento bibliográfico para identificar quais autores e obras contribuiriam para a construção da proposta apresentada.

Utilizando a técnica de pesquisa documental por meio de levantamentos bibliográficos de fontes secundárias como livros, revistas, artigos científicos, leis ambientais em vigor e trabalhos de conclusão de curso de outras autorias, foi possível coletar as informações necessárias para construir o referencial teórico bem como analisar alguns dados que agregaram valor ao trabalho.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante do exposto ao longo do presente trabalho, pode-se perceber que a energia solar é tida como uma energia renovável limpa pois se comparada aos impactos causados por outras fontes de energia, causam menos impacto. De início já é possível perceber que a geração de energia através de placas fotovoltaicas é defendida como um tipo de energia que não traz malefícios a curto prazo, sendo justamente essa a palavra-chave que não deveria ter tanto valor como tem na aplicação dessa energia.

O descarte incorreto dos materiais utilizados para a produção da energia solar, por serem considerados um problema a longo prazo, conclui-se que esses não são tão

maléficos ao meio ambiente, pois não é possível visualiza-los durante o processo de geração da energia, mas sim no descarte dos materiais utilizados, dando ênfase as placas fotovoltaicas, identificamos nessa falta de imediatismo prejudicial, uma vez que uma placa tem validade de 20 anos, o equívoco em definir a energia solar como a energia renovável mais limpa.

Sendo assim, a geração de energia solar deveria ser conceituada como uma energia maislimpa que as opções mais conhecidas, pois a sua vantagem está em seus males serem palpáveisno material descartado e não na produção da energia em sim, sendo portanto, passível de planejar o descarte e assim solucionar a melhor logística para tal.

O que percebemos ao longo do trabalho é que não ocorrer de forma tão prática quanto deveria, mesmo com algumas leis e tratados nacionais, e até internacionais, tentando regular odescarte do lixo produzido.

Entendemos como uma barreira nacional, o fato da lei que regula o descarte de lixo eletrônico ser do mesmo ano da presente pesquisa, só mostraria portanto os resultados esperadosa partir de meados de 2025 por enquanto há apenas projeções e essas pelo monos são otimistas, e mesmo com a política nacional sendo estipulada em 2010, ainda não é possível dimensionaros danos que foram evitados, são regulamentações recentes e por isso apresentam poucos dados. Além do mais, percebemos que não há menção quanto a fiscalização do recolhimento e descarte adequado do lixo eletrônico, apenas é mencionado que é obrigação do fabricante e fornecedor proverem acesso ao consumidor a algum tipo de recolhimento público, isso tantonas esferas públicas quanto privadas; mas não regulamenta nenhuma maneira de fiscalizar paracaso do descarte não ocorrer de forma correta e benéfica ao meio ambiente, e isso é umagravante. Por cima disso, não é proposto um modelo ideal de logística reversa para que asempresas que atuam na geração da energia solar, possam padronizar seus descartes ou reutilizá-los e inseri-los de volta na economia, possibilitando tanto um benefício ambiental quanto econômico.

O método mais adequado para o descarte seria utilizar usinas de reciclagem para que osmateriais voltem para a economia circulante ou para que seja possível reutilizar a placa por mais alguns anos e assim aumentar seu custo-benefício; porém, poucas usinas são encontradas ao redor do mundo e ao longo do processo de levantamento bibliográfico, nota-se que ainda é um mercado emergente; e se pensarmos em nível nacional a realidade se mostra ainda mais longe do ideal.

Portanto, as legislações e políticas nacionais acabam se tornando apenas informativas, pois é sabido as responsabilidades de cada indivíduo nessa cadeia produtiva, no entanto, quando se trata do material palpável, as placas fotovoltaicas, não há direcionamento através de manuais ou legislação que orientem quanto a um padrão de logística reversa e menos ainda uma fiscalização quanto ao cumprimento da mesma, deixando a critério portanto de uma consciência moral, que por sua vez não oferece garantias ambientais.

6 MÉTODO PARA O DESCARTE DE PLACAS FOTOVOLTAICAS

Os painéis solares são categorizados como lixo eletrônico e seu descarte incorreto pode trazer danos ao meio ambiente tirando assim a principal vantagem de utilizar a energia solar como uma energia limpa em detrimento das demais, como confirmado pelo Spin Solar (2019) “Os painéis solares pertencem à categoria de lixo eletrônico e ao serem descartados no solo levam toxicidade para todo o ecossistema”.

Devido a isso, é necessário um descarte correto, e algumas alternativas se mostram eficientes no quesito reaproveitamento do material bem como na proteção ao ecossistema, unindo os benefícios ambientais com os financeiros uma vez que de acordo com o Spin Solar (2019) existe uma grande quantidade de lixo eletrônico proveniente das usinas solares ao redor do mundo “Hoje a quantidade de resíduos de painéis solares é da ordem de 250 mil toneladas e serão 78 milhões de toneladas por volta de 2050 (Agência internacional de Energia Renovável *apud* Spin Solar)”. Uma das opções seria a reciclagem da placa fotovoltaica por meio do próprio consumidor visando reutilizar na usina e assim aumentar a vida útil da placa que já tem uma grande durabilidade, no entanto, para isso é necessário a existência de usinas de reciclagem onde a empresa que faz uso das placas possa se dirigir para iniciar o processo e obter retorno.

Hoje as usinas de reciclagem podem ser encontradas na Europa como dito por Luz Solar (2020)

O projeto europeu CABRISS, lançado em 2015, mostrou que os resíduos de painéis fotovoltaicos podem ser extremamente rentáveis[...] A primeira usina de reciclagem de painéis da Europa já funciona em Rousset na França. Inaugurada em 2018 tem capacidade para reciclar 3,5 milhões de painéis por ano. Para compreendermos o valor da reciclagem para além dos benefícios ambientais, é necessário entender a composição de uma placa fotovoltaica e quais os materiais passíveis de reciclagem, para enfim visualizarmos, em números, as vantagens econômicas desse processo, uma vez que é possível reciclar cerca de 95% de todo o seu material. Uma placa policristalina de 72 células tem cerca de 23kg. O material com peso predominante é o vidro que corresponde por cerca de 74% do peso total. Polímeros plásticos são 11% do

peso, alumínio são 10%, silício são 3% e ainda há em um painel:cobre (Cu), prata (Ag), estanho (Sn), zinco (Zn) e chumbo (Pb), com menos de 1% cada. São 2,3 gramas de prata, 131 gramas de cobre e 2,37 quilos de alumínio. Materiais nobres com alto valor no mercado. Prata é cotada por R\$ 3,06/grama, cobreR\$22/kg e alumínio R\$4/kg em maio de 2020.

Paralelo aos dados apresentados, as usinas de reciclagem se mostram ainda compor um mercado tímido porém com grandes perspectivas de expansão, os dados estimativos com a reciclagem são ainda mais animadores “Espera-se que a reciclagem mundial de painéis solares atraia receitas na ordem de US\$ 384,4 milhões até o final de 2025” (RUY FONTES, 2017) . Notamos que os anos seguintes a 2025 serão decisivos quanto ao desenvolvimento desse mercado e quanto aos resultados acerca das estimativas criadas em relação a todo o processo, desde a geração até a reciclagem.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constatou-se que existe um certo despreparo em relação ao descarte e reutilização dos materiais utilizados na produção de energia solar, podemos dizer que a quantidade de lixo eletrônico gerado e seus malefícios são subestimados pelo longo prazo de durabilidade dos mesmos, e isso é um fator preocupante pois nota-se que as regulamentações nacionais são muito embrionárias e deixam margem para o não cumprimento das mesmas.

Percebemos que as informações acerca da produção da energia solar são mais elucidativas que orientadoras, deixando assim em aberto a maior responsabilidade diante dessa cadeia produtiva, a de fiscalização; quem irá garantir a obediência das normas estabelecidas e citadas? Há muita informação, porém, pouca regulação, e o dia-a-dia do processo de geração precisa ser acompanhado de normas padrão a fim de assegurar que o lixo terá destino certo e não afetará o meio ambiente negativamente.

Se quase não há normas regulamentadoras, menos ainda há modelos ou padrões de incentivo a implementação de uma rotina de segurança onde insira a logística reversa nesse processo visando otimizar os resíduos obtidos no processo de produção bem como ser possível a reciclagem dos materiais usados.

Uma vez que existem alguns estudos, como os citados nesse artigo, onde através de um levantamento de dados foi possível concluir que além de prevenir os malefícios pelo descarte inadequado das placas fotovoltaicas, é possível ainda girar a economia pois seu material pode ser utilizado como matéria prima de muitos outros produtos e trazer economia de milhares de reais para as indústrias envolvidas na cadeia produtiva, ou seja, seria um ganho ambiental e econômico; mas não há regulamentações de incentivo a

logística reversa e devido a isso, infelizmente, ficamos à mercê do otimismo dos resultados esperados com as novas legislações nacionais.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Câmara dos Deputados. Lei nº 12.305, de 12 de agosto de 2010. Política nacional dos resíduos sólidos. [S. l.], 12 ago. 2010.

BRASIL, A. O material jornalístico produzido pelo Estadão é protegido por lei. As regras têm como objetivo proteger o investimento feito pelo Estadão na qualidade constante de seu jornalismo. Estadão. 2018. Disponível em: <https://economia.estadao.com.br/blogs/ecoando/energia-solar-cresce-407-em-um-ano-no-brasil-impulsionada-por-paineis-em-residencias>. Acesso em 31 agosto 2019.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Ministério. Energia no mundo: Matrizes energéticas Matrizes elétricas. Indicadores, Esplanada dos ministérios, 13 dez. 2017.

BRASIL. ProtGEER. Resíduos e Clima: o que são resíduos sólidos?.16 de novembro de 2017.

BRITO, M. A. SAMPAIO, L.P.; JUNIOR, L. G.; CANESIN, C. A. Research on fotovoltaics: review, trends and perspectives. In: Brazilian Power Electronics Conference (COBEP), 2011.

CALIXTO, Bruno. Minas é o estado que mais instala painéis solares no Brasil: Balanço das conexões de microgeração da Aneel mostra um salto na instalação de painéis solares no Brasil. Época, São Paulo, 27 set. 2016. Blog doplaneta,p. 1. Disponível em: <https://epoca.globo.com/colunas-e-blogs/blog-do-planeta/noticia/2016/09/minas-e-o-estado-que-mais-instala-paineis-solares-no-brasil.html>. Acesso em 22 de maio de 2020.

CRESESB - Centro De Referência Para Energia Solar E Eólica Sérgio De Salvo Brito; Energia Solar: Princípios e Aplicações. Tutorial Solar, 2006.
EC, Energy for the future: Renewable Sources of Energy. White Paper,European Commission, DG XVII, 1997.

DESCARTE de painéis solares, e agora? SpinSolar. 4 de dezembro de 2019. Disponível em <<https://spinsolar.com.br/descarte-de-paineis-solares-e-agora/>> Acesso em junho de 2020.

FONTES, Ruy. Blog Blue Sol. Reciclagem de Placas Solares Irá Movimentar US\$384 Milhões Até 2025. 9 de novembro de 2017. Disponível em <<https://blog.bluesol.com.br/reciclagem-de-placas-solares/>>Acesso em junho de 2020.

GHIZONI, Joana Pauli. Sistemas fotovoltaicos: Estudo sobre a reciclagem e logística reversa no Brasil. Orientador: Prof. Dr. Armando Borges de Castilhos Junior. 2016. 77 f.

Dissertação (Graduação em engenharia sanitária e ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

MELLO, Daniel. Entenda: novas regras para recolhimento de lixo eletrônico. Agência Brasil, São Paulo, p. 1, 15 fev. 2020. Disponível em:

<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-02/entenda-novas-regras-para-recolhimento-de-lixo-eletronico>. Acesso em 20 de maio de 2020.

PACHECO, Fabiana. Energias Renováveis: Breve conceito. Economia em destaque, Esplanada dos ministérios, ano 149, p. 4-11, 1 out. 2006.

PIZZARRO, Ludmila. Minas Gerais lidera a geração de energia solar no Brasil. O Tempo, São Paulo, 7 jan. 2019. Representatividade, p. 1. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/economia/minas-gerais-lidera-a-geracao-de-energia-solar-no-brasil-1.2087796>. Acesso em 22 de maio de 2020.

PUPIN, Priscila Carvalho. Avaliação dos impactos ambientais da produção de painéis fotovoltaicos através de análise de ciclo de vida. Orientador: Dr. Roberto Akira Yamachita. 2019. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) - Universidade federal de Itajubá, Itajubá, 2019.

REIS, Pedro. União Europeia afirma que é possível reciclar painéis solares fotovoltaicos. Energia solar: Notícias energia solar, [s. l.], 2 nov. 2018. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/uniao-europeia-afirma-reciclar-paineis-solares-fotovoltaicos/>. Acesso em: 25 de maio de 2020.

RECICLAGEM de placas solares. LuzSol. Disponível em: <https://luzsolar.com.br/reciclagem-de-placas-solares/> Acesso em Junho de 2020

SILVA, P. S. Breve História da Energia Solar. Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa, 2004. Disponível em: <http://web.ist.utl.pt/palmira/solar.html>. Acesso em: 31 agosto 2019.

SILVA, Mateus Maciel César. Lei dos resíduos sólidos e a responsabilidade do Estado na fiscalização da disposição final de resíduos sólidos urbanos. Revista Jus Navigandi, ISSN 1518-4862, Teresina, ano 22, n. 5034, 13 abr. 2017. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/36252>. Acesso em: 25 de maio de 2020.

SILVA, R. M. Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, Fevereiro/2015 (Texto para Discussão no 166). Disponível em: www.senado.leg.br/estudos. Acesso em 5 de Maio de 2020.

VISION, B. Descartes de painéis solares pode ser um problema no futuro próximo. BlueVision. 2018. Disponível em: <https://bluevisionbraskem.com/inovacao/descarte-de-paineis-solares-pode-ser-problema-no-futuro-proximo>. Acesso em: 31 agosto 2019.

WECKEND, Stephanie; WADE, Andreas; HEATH, Garvin. Gerenciamento de fim de vida útil: Painéis solares fotovoltaicos. Publicações, [s. l.], 1 jun. 2016. Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2016/Jun/End-of-life-management-Solar-Photovoltaic-Panels>. Acesso em: 25 maio 2020.

IX SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL. Brasil, Rio grande

do sul, Porto Alegre. Painéis fotovoltaicos de silício cristalino: métodos químicos de separação de componentes. *Energia e ambiente*, Florianópolis, n. 9, p. 1-12, 19 maio 2014.

IEA. *WORLD ENERGY OUTLOOK 2019*. Paris: International Energy Agency, 2020.
MME. *Balanço Energético de 2019*. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2019.