

## Gerenciamento e Descarte de Módulos Fotovoltaicos

Breno de Oliveira Leal<sup>1</sup>, João Gleison Santos Medeiros<sup>2</sup>, Mateus da Silva Rodrigues<sup>3</sup>, Maxsuel Alves Rodrigues<sup>4</sup>, Rômulo Daniel Andrade Gobes<sup>5</sup>

Emails: (brenoleal@outlook.com; jgmedeiros75@gmail.com; mateus.engifg@outlook.com; maxsuel@icloud.com; romulo.gobes@gmail.com).

Professor orientador: Guilherme Soares Buzzo<sup>6</sup>

Coordenação de curso de Engenharia Elétrica

### Resumo

Com o aumento da demanda por fontes de energias renováveis, os módulos fotovoltaicos de silício estão sendo cada vez mais utilizados, por se tratar de modelos mais eficientes e por converter a energia do sol em elétrica. Com uma redução no preço desses produtos no Brasil, e com aumento das linhas de crédito, eles vêm sendo cada dia mais usados. A problemática se dá pelo acelerado crescimento de instalações dos sistemas de módulos fotovoltaicos em grande escala, bem como o futuro dos resíduos sólidos provenientes desse sistema e o descarte deles no ambiente, visto que no Brasil há poucas empresas especializadas no descarte correto desses equipamentos. Este estudo tem por objetivo alcançar através da publicação dele, leitores que possuam este tipo de energia para que eles saibam a forma correta de realizar o descarte e que possa incentivar políticas públicas que vão regulamentar leis para que haja o descarte correto e não prejudique o solo e a natureza com o despojamento incorreto. Utiliza-se como metodologia, referencial bibliográfico e uma projeção das quantidades de resíduos que podem vir a se acumular nos próximos 30 anos e seus possíveis prejuízos.

Palavras-chave: **fontes renováveis; descarte; módulos fotovoltaicos; gerenciamento e políticas públicas.**

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Elétrica – Centro Universitário UNA.

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia Elétrica – Centro Universitário UNA.

<sup>3</sup> Graduando em Engenharia Elétrica – Centro Universitário UNA.

<sup>4</sup> Graduando em Engenharia Elétrica – Centro Universitário UNA.

<sup>5</sup> Graduando em Engenharia Elétrica – Centro Universitário UNA.

<sup>6</sup> Licenciatura em Química. Instituto Luterano de Ensino Superior de Itumbiara - ULBRA (2002-2005); Mestrado em Química (Eletroquímica). Universidade Federal do ABC - UFABC (2007-2009); Doutorado Sanduíche em Eletroquímica. Universidade Federal do ABC - UFABC (2009-2013); Pós-doutorado em Síntese de Materiais. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (2013-2015).

## 1. INTRODUÇÃO

Com a evolução das tecnologias e a busca por fontes naturais de energia, as energias renováveis estão cada dia crescentes no mercado, pois, apresenta um ótimo custo-benefício para seus usuários além dos benefícios ambientais. Segundo Irena (2017), desde 2012, a energia renovável vem conquistando um crescente mercado em relação as fontes não renováveis a estimativa realizada em 2015, afirmou que a capacidade instalada de renováveis representou 61% da capacidade total adicionada no mundo. Esse aumento na utilização de energias renováveis se dá principalmente pelo empenho em novas tecnologias tendo destaque a energia eólica e solar. No ano de 2015, houve um aumento na instalação de energias renováveis e pela primeira vez superou a utilização de energia hidráulica (LOSEKANN, HALLACK, 2017).

A energia solar é aquela que é captada através dos módulos fotovoltaicos que conseguem armazenar a energia gerada pelo sol e é convertida em energia elétrica. O sol tem a capacidade de produzir quatro milhões de vezes a energia que é consumida por todo o mundo, dessa maneira se torna muito benéfico utilizar desta fonte renovável para que se obtenha energia elétrica (ECOIA, 2017).

A energia solar apresenta-se como uma fonte energética limpa e advém da luz e da radiação emitida pelo sol, é uma das fontes mais promissoras de gerar energia e conta com inúmeras vantagens, tais como fonte inesgotável de energia, não gera poluição na produção de energia, fácil de instalar, os módulos fotovoltaicos têm vida útil de aproximadamente 25 anos, reduz a conta de energia em 90% e tem baixa necessidade de manutenção tendo várias outras vantagens (BLOISE, ARAÚJO; 2021).

O objetivo desta pesquisa é fruto de um fator que no momento não causa tanta preocupação, pois as placas fotovoltaicas que estão no mercado ainda estão novas e não apresentam problemas que precisa de substituição, porém daqui 20 anos quando elas começarem a ter problemas e sua vida útil estiver terminando, como será realizado o descarte desse material?

Visto que as placas devem ser descartadas de maneira correta para que não haja prejuízo ambiental e acúmulos de módulos fotovoltaicos em descarte de lixos comuns. Este artigo surgiu da preocupação do descarte e como forma de orientar como o mesmo deve ser realizada.

## 2. DESENVOLVIMENTO

A origem da energia solar se deu em meados de 1839 após uma pesquisa realizada pelo Frances Alexandre Edmond Becquerel que sintetizou a ideia do efeito fotovoltaico, porém apenas em 1883 houve a criação da primeira célula fotovoltaica por Charles Fritts um talentoso inventor de Nova York que produziu uma célula fotovoltaica a partir do metal selênio revestido com ouro onde pode-se observar uma corrente contínua e constante de conversão elétrica mas, nesse experimento a conversão realizada era de 1% e logo em seguida os laboratórios Bell conseguiu produzir uma célula com silício que convertia 6% de energia (FADIGAS, 2020).

Albert Einstein, em 1905, introduziu a teoria do efeito fotoelétrico, argumentando que a emissão de elétrons de uma superfície é provocada pela interação com ondas eletromagnéticas discretas, denominadas fótons, desafiando a visão predominante de que a luz era apenas uma onda contínua. Essa interpretação inovadora marcou o início da teoria quântica. Einstein foi agraciado com o Prêmio Nobel de Física em 1922, não especificamente pelo efeito fotoelétrico, mas pela contribuição global a essa teoria. Sua abordagem revolucionária influenciou profundamente a compreensão da luz e da física, ilustrando como conceitos pioneiros podem reformular conceitos estabelecidos (GRIMONI, 2019).

Em 1954 o químico Calvin Fuller que era um dos cientistas do grupo de laboratórios Bell elaborou um método no qual realizava a dopagem do silício que após firmar parceria com o físico Gerald Pearson realizou melhorias no experimento que foi um marco importante para a nova era da energia solar que após essa data teve um crescente desenvolvimento e aprimoramento nos anos seguintes (KEMERICH et al, 2016).

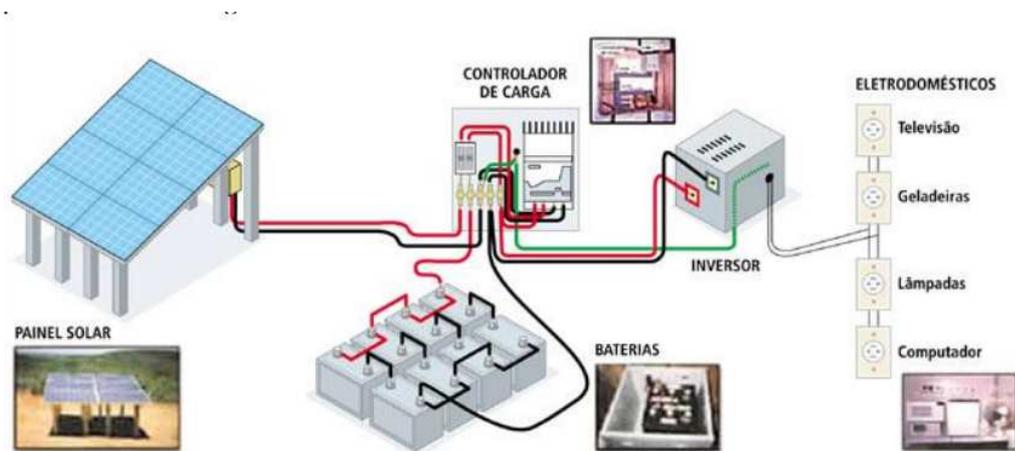
Foi na década de 70 com o advento da maior crise energética já vivida que começou a se pensar em energias mais sustentáveis havendo a necessidade de expansão em busca de uma energia que tivesse grande desempenho, e alto custo benefício e nos anos que seguiram grandes foram os avanços observados até chegarmos aos dias atuais onde temos a energia fotovoltaica empregada em casas, empresas, aparelhos como radares, câmeras de vigilância entre outros e a cada ano que passa essa forma de energia continua sua expansão (OLIVEIRA; OLIVEIRA; GOMES, 2017).

Atualmente a energia solar é denominada fotovoltaica pelo fato de ser obtido a partir da conversão da radiação solar em elétrica por intermédio de materiais semicondutores, esse

fenômeno é conhecido como efeito fotovoltaico. De acordo com os estudos de CRESESB (2006), as células fotovoltaicas são fabricadas, na sua grande maioria, usando o silício (Si) e podendo ser constituída de cristais monocristalinos<sup>7</sup>, policristalinos<sup>8</sup> ou de silício amorfo. Resumindo a luz solar atinge uma célula fotovoltaica, que produz uma pequena corrente elétrica, tal corrente é recolhida por fios que estão interligados à célula, onde é transferida para os demais componentes do sistema, sendo assim, quanto mais células fotovoltaicas são ligadas em série ou em paralelo, maior a corrente e tensão produzidas (Pereira et al., 2006).

A Figura 1 ilustra de forma simples o aproveitamento da radiação solar para fins de rendimento energético.

**Figura 1 – Etapas do aproveitamento da energia solar.**



Fonte: CRESESB (2006).

Um dos processos de aproveitamento da luz solar mais utilizado é o fotovoltaico. Com o propósito de gerar energia elétrica, esse processo se dá a partir da conversão direta da luz solar em eletricidade, por meio do efeito fotovoltaico. Esse tipo de conversão ocorre em dispositivos conhecidos como células fotovoltaicas, que são componentes eletrônicos que

---

<sup>7</sup> Monocristalino refere-se a materiais ou estruturas que consistem em apenas um cristal no qual possui estrutura sólida em que os átomos, íons ou moléculas estão organizados de maneira ordenada e repetitiva ao longo de uma rede tridimensional, no que diz respeito a painéis solares, as células fotovoltaicas monocristalinas são feitas de silício monocristalino que são conhecidas por sua eficiência relativamente alta na conversão de luz solar em eletricidade.

<sup>8</sup> Policristalinos refere-se a múltiplos cristais que possuem diferentes orientações de seus eixos cristalinos onde exibem fronteiras de grãos entre os cristalitos. Os painéis solares policristalinos são fabricados a partir de lingotes de silício fundido e, durante o processo de resfriamento, várias regiões cristalinas distintas se formam. Essas diferentes orientações cristalinas podem criar algumas imperfeições na estrutura, o que pode afetar ligeiramente a eficiência na conversão de luz solar em eletricidade.

convertem a radiação solar em eletricidade de forma direta. Além disso, materiais semicondutores, como o silício, são fundamentais na construção dessas células.

O efeito fotovoltaico é produzido por incidência de radiação solar sobre as células, quando a luz solar incide sobre as células, a energia dos fótons é transferida para os elétrons no material semicondutor, excitando-os e permitindo que eles se movam. Esse movimento de elétrons cria uma corrente elétrica, que pode ser capturada e usada como eletricidade (CEMIG, 2012, p. 16).

Abaixo estão os tipos de módulos fotovoltaicos e suas funcionalidades e duração:

Silício Monocristalino: maior eficiência energética (possuem de 15% a 18% de conversão); alta durabilidade (30 anos, com garantia de 25 anos); custo mais elevado; aplicação em larga escala, geralmente em painéis solares; em comparação com os outros tipos de placas, ele funciona melhor em dias nublados; Silício Policristalino: possui preço e eficiência intermediária (12,5%) quando comparado aos outros tipos de placas, porém apresenta alta durabilidade (30 anos), assim como a placa de silício monocristalino; aplicação em larga escala, geralmente em painéis solares; Silício Amorfo: baixa eficiência energética (6% à 9%); baixa durabilidade (por conta do alto grau de degradação); baixo custo; aplicação mais comum em pequena escala, como em calculadoras de bolso; sua principal vantagem é ser mais adequado à colocação em telhados, pela possibilidade de ser produzido em módulos mais flexíveis e leves (UNICAMP, 2018).

A eficiência na geração de energia a partir da luz solar está intrinsecamente ligada aos tipos de painéis solares utilizados. O silício monocristalino destaca-se com sua alta eficiência energética, durabilidade significativa e melhor desempenho em condições nubladas. Em contraste, o silício amorfo, embora mais acessível, apresenta baixa eficiência e menor durabilidade devido à degradação. A escolha entre esses tipos de módulos fotovoltaicos deve ser cuidadosamente considerada, levando em conta fatores como custo, aplicação e local de instalação (UNICAMP, 2018).

É importante lembrar que os módulos fotovoltaicos têm uma vida útil determinada, geralmente em torno de 25 a 30 anos. Após esse período, é necessário realizar a substituição desses equipamentos por outros mais eficientes e com melhores tecnologias. Esse processo é conhecido como descarte ou reciclagem dos módulos fotovoltaicos.

O descarte inadequado dos módulos fotovoltaicos pode representar um risco ambiental significativo. Isso ocorre porque esses equipamentos são compostos por materiais altamente tóxicos, como chumbo, mercúrio e cádmio. Caso sejam descartados de forma incorreta, esses metais pesados podem contaminar o solo e a água, afetando negativamente o meio ambiente.

A reciclagem dos módulos fotovoltaicos é a melhor maneira de lidar com o descarte desses equipamentos de forma responsável. Atualmente, existem tecnologias disponíveis que permitem a separação dos materiais contidos nos módulos, possibilitando a recuperação de metais valiosos e a redução dos impactos ambientais.

Os programas de reciclagem de módulos fotovoltaicos estão se tornando cada vez mais comuns em diversos países. Empresas especializadas nesse setor coletam, processam e reciclam esses equipamentos, garantindo que os materiais perigosos sejam manejados corretamente e que os materiais valiosos sejam reutilizados. Além disso, algumas empresas estão investindo em pesquisas para o desenvolvimento de módulos fotovoltaicos mais sustentáveis e com maior eficiência energética. Esses avanços tecnológicos podem contribuir para a redução da quantidade de resíduos gerados ao final da vida útil desses equipamentos (OLIVEIRA, 2021).

Em suma, o descarte adequado dos módulos fotovoltaicos é essencial para minimizar os impactos ambientais e garantir a sustentabilidade da energia solar. A reciclagem é a melhor opção para lidar com esses equipamentos usados e as empresas e consumidores devem se responsabilizar pela destinação correta desses materiais. O sol continuará sendo uma fonte inesgotável de energia, e com a atenção adequada ao ciclo de vida dos módulos fotovoltaicos, podemos garantir sua utilização de forma sustentável e responsável (PRADO, 2018).

### **3. METODOLOGIA**

Este trabalho tem como fonte de metodologia uma revisão bibliográfica e explorativa sobre como é realizado o descarte dos módulos fotovoltaicos e para que esse estudo fosse realizado os critérios de inclusão dos artigos que compuseram este trabalho ter assunto pertinente ao que foi procurado como: histórico dos módulos fotovoltaicos, composição dos módulos, descarte correto. Foi de suma importância utilizar de sites com CEMIG, ANEEL e Google acadêmico para fins explicativos e para obtenção de dados que posteriormente foram utilizados para construção de uma projeção. Foram excluídos os artigos que não condiziam ao tema proposto e artigos com mais de quinze anos.

### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

O mercado em expansão dos módulos fotovoltaicos tem apresentado resultados extremamente positivos em termos de produção. No entanto, surge uma grande questão: como será feito o descarte dessas placas quando chegarem ao fim de sua vida útil? Infelizmente, o

Brasil ainda não possui uma legislação específica sobre a reciclagem de módulos fotovoltaicos.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/10)<sup>9</sup> propôs a utilização da logística reversa de REEE (Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos), que indica que esses produtos não devem ser descartados como resíduos comuns e sim enviados para instalações de coleta separadas, visando sua valorização e reciclagem. Essa medida tem como objetivo evitar o descarte inadequado desses resíduos em aterros de lixo convencionais, buscando acabar com essa prática.

As tendências e projeções estatísticas mostram que o volume de resíduos de células fotovoltaicas aumentará consideravelmente nos próximos anos. Alguns países já debateram esse assunto e estão gerenciando de forma mais eficiente o fim de vida desses módulos. Infelizmente, no Brasil, ainda não há nenhuma lei ou norma em vigor que defina claramente como os resíduos tecnológicos devem ser classificados em termos de origem, natureza e periculosidade (MIRANDA et al., 2019).

É imprescindível que sejam tomadas medidas urgentes para regulamentar o descarte adequado dos módulos fotovoltaicos e garantir a sua reciclagem. O mercado de energia solar está em constante crescimento e é essencial que o setor se responsabilize pelo ciclo completo desses produtos, desde a fabricação até o descarte final. A implementação de uma legislação específica e o estabelecimento de metas claras são fundamentais para garantir a sustentabilidade desse setor e evitar danos ao meio ambiente.

A política nacional de resíduos sólidos, que entrou em vigor em 2010, tem incentivado as empresas do setor tecnológico a assumirem a responsabilidade pelos seus próprios resíduos. Como resultado, várias empresas têm criado postos de coleta para esses lixos, adotando uma abordagem conhecida como logística reversa. No entanto, nem todos os consumidores estão buscando esses postos de coleta, o que tem levado a um alto número de descarte inadequado de resíduos eletrônicos (PUPIN, 2019).

Em relação a essa questão, o descarte adequado de módulos fotovoltaicos depende do usuário, que deve se responsabilizar por levar os painéis ao fabricante ou distribuidor quando chegarem ao fim de sua vida útil. Por sua vez, o fabricante ou distribuidor se compromete com a reciclagem e/ou reutilização dos materiais (PUPIN, 2019).

---

<sup>9</sup> BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

Normalmente, os módulos fotovoltaicos atingem o fim de sua vida útil após 25-30 anos de operação, quando sua eficiência nominal cai para cerca de 80%. Após esse período, ocorrem diversos processos de degradação, como a erosão da superfície de vidro, a degradação fotoquímica oxidativa do encapsulante<sup>10</sup>, a difusão de cátions/ânions pela fase polimérica<sup>11</sup> e a corrosão dos contatos (PRADO, 2018).

Na América Latina, existem cinco empresas renomadas que se dedicam ao desenvolvimento de reciclagem e descarte de módulos fotovoltaicos. Entre elas, destaca-se a BYD, uma empresa chinesa que atua na região e oferece soluções completas para a reciclagem de painéis solares e outros componentes eletroeletrônicos. Além disso, a Tesla, conhecida por seu trabalho no descarte de componentes de carros elétricos e baterias, também oferece serviços de reciclagem de painéis solares em alguns países latino-americanos. A Solvay Recycles é outra empresa que merece destaque, pois oferece serviços de reciclagem de painéis fotovoltaicos no Brasil, Argentina e México. Já a Reciclos, uma empresa brasileira, possui uma plataforma online de logística reversa e reciclagem de diversos tipos de produtos, incluindo painéis solares. Por fim, a Solaris Eco, empresa chilena, oferece serviços de reciclagem e tratamento de resíduos eletrônicos, incluindo painéis solares (DINIZ, 2023).

O mercado de reciclagem e descarte de módulos fotovoltaicos na América Latina conta com a presença de empresas reconhecidas e especializadas. Com soluções completas e eficientes, essas empresas se destacam por sua atuação profissional e comprometida com a sustentabilidade.

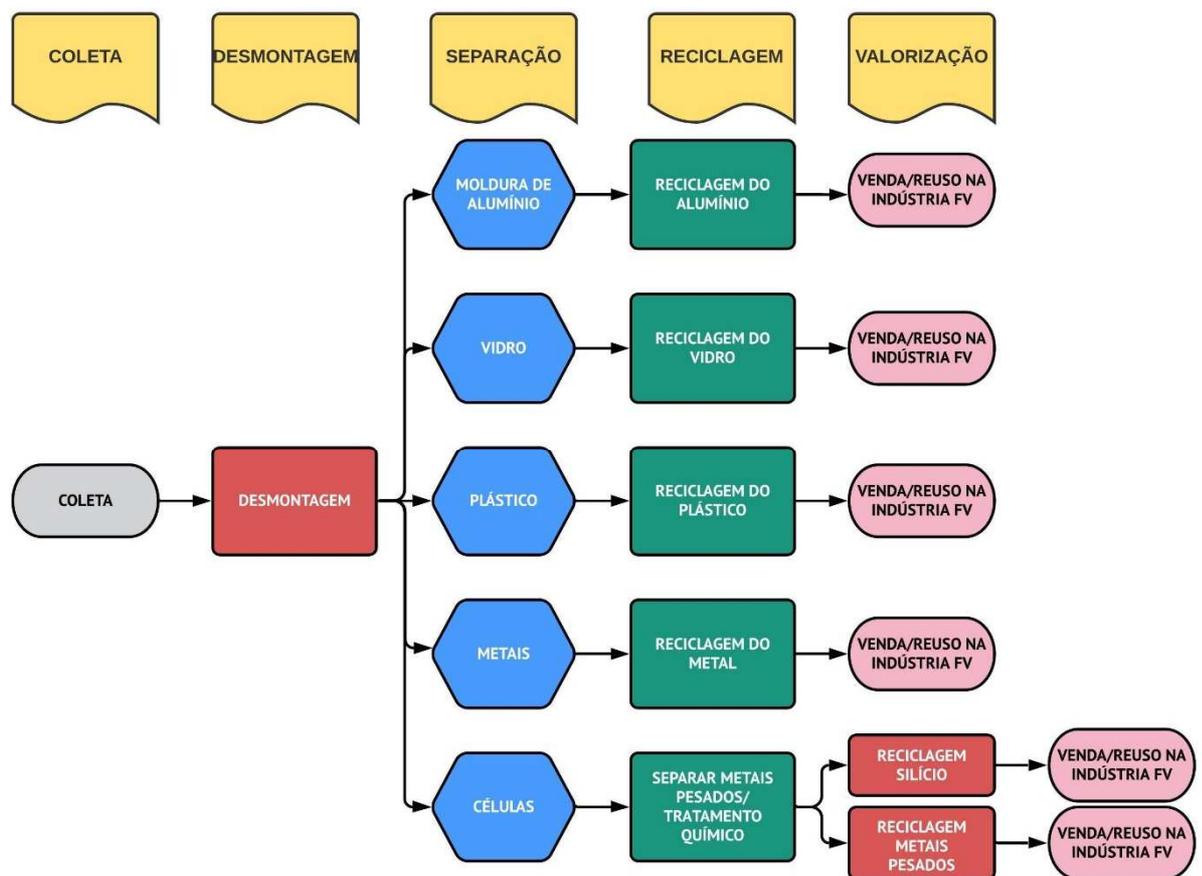
Em 2020 havia apenas uma empresa que prestava assistência reversa para a reciclagem de módulos fotovoltaicos, nos três últimos anos assim com os avanços de novas usinas também houve o crescimento da indústria de reciclagem desses módulos, visto que são 90% recicláveis. A reciclagem desses módulos é realizada em cinco etapas, vejamos:

## **Figura 2 – Etapas de reciclagem dos módulos fotovoltaicos.**

---

<sup>10</sup> Refere-se a um processo pelo qual os materiais que envolvem as células solares em um módulo fotovoltaico são danificados devido à exposição à luz solar, oxigênio e outros fatores ambientais.

<sup>11</sup> Os polímeros são macromoléculas formadas por unidades repetitivas chamadas monômeros. Essas unidades se ligam entre si por meio de ligações químicas, formando cadeias longas e complexas. Os polímeros podem ser encontrados em uma variedade de materiais, desde plásticos até proteínas e ácidos nucleicos.

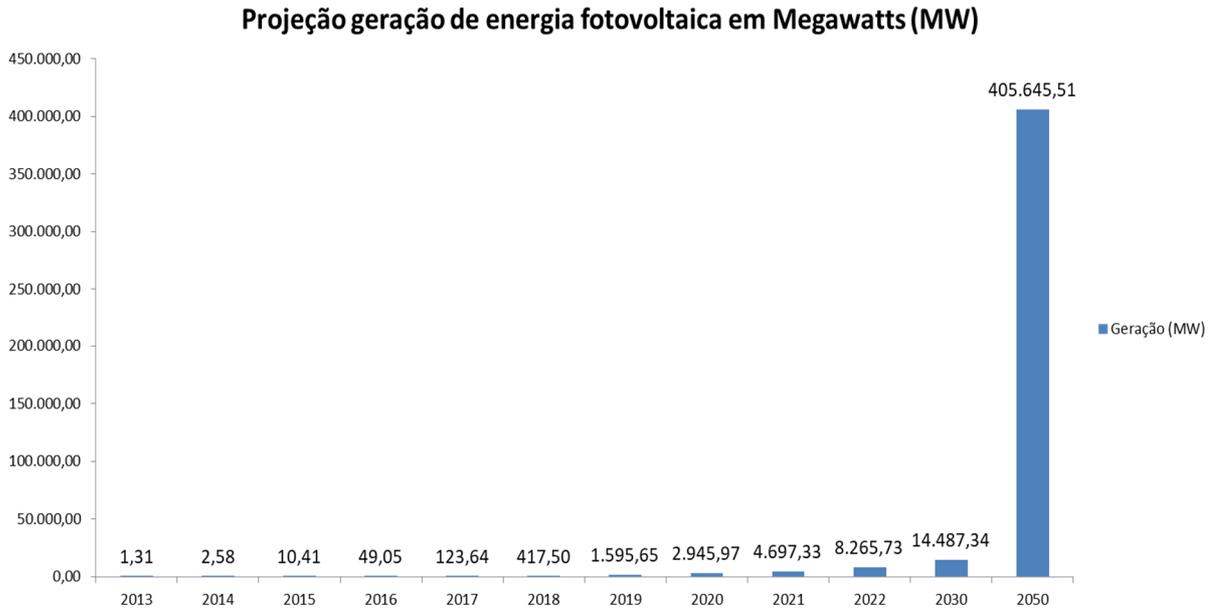


Fonte: ENERGÊS, 2020

Atualmente, há soluções para a reciclagem dos módulos fotovoltaicos quando eles atingem o fim de sua vida útil. Em alguns lugares do mundo, já existe uma legislação específica para esse assunto. De acordo com a legislação da União Europeia, os fabricantes têm a responsabilidade de garantir que seus módulos fotovoltaicos sejam reciclados de maneira adequada quando não puderem mais ser utilizados. No Japão, Índia e Austrália, os requisitos de reciclagem estão em andamento. No entanto, nos Estados Unidos, não há uma regra geral. Com exceção de uma lei estadual em Washington, o país não possui uma legislação para a reciclagem de energia solar. No Brasil, esse processo está em desenvolvimento, com algumas empresas buscando se consolidar no mercado para que o processo de reciclagem possa ser iniciado, inspiradas nas experiências internacionais. (ENERGÊS, 2020).

Com base nos dados da ANEEL (2023) segue abaixo projeção de geração de energia fotovoltaica para os próximos anos destacando os anos de 2030 e 2050, com a projeção de dados baseada nas informações dos últimos 10 anos.

**Gráfico 1: Projeção geração de energia fotovoltaica em Megawatts (MW)**

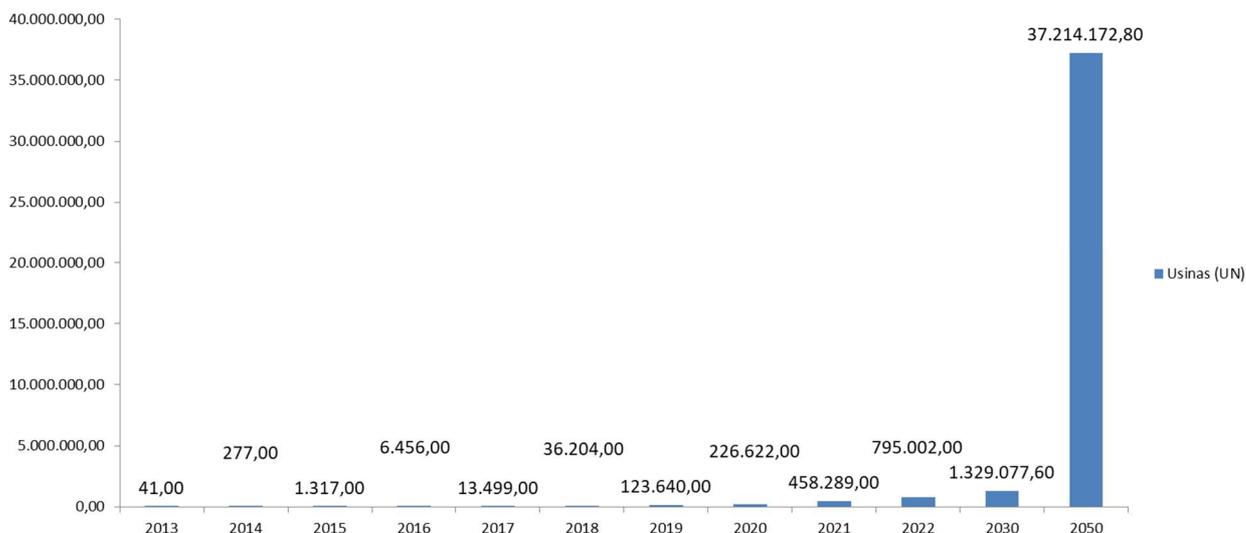


Com base na média do aumento da geração de energia solar em MW nos últimos 10 anos estima-se um aumento de 1810,92 MW ao ano. Projetando esse mesmo aumento para os próximos anos estima-se que em 2030 a geração de energia seja em torno de 14.487,34 MW. E para 2050 a geração de energia poderá atingir 405.645,51 MW.

Seguindo com a mesma fonte de dados da ANEEL (2023) segue abaixo projeção de unidades de geração de energia fotovoltaica para os próximos anos destacando os anos de 2030 e 2050, com a projeção de dados baseada nas informações dos últimos 10 anos.

**Gráfico 2: Projeção quantidade de usinas fotovoltaicas em unidades**

### Projeção quantidade de usinas fotovoltaica em unidades



Com base na média do aumento do número de unidades de usinas de geração de energia solar nos últimos 10 anos estima-se um aumento de 166.135 unidades ao ano. Projetando esse mesmo aumento para os próximos anos estima-se que em 2030 a quantidade de usinas fotovoltaicas seja em torno de 1.329.078 unidades. E para 2050 a quantidade de usinas fotovoltaicas poderá atingir 37.214.173 unidades.

Com os dados analisados acima podemos verificar que a cada ano que se passa as usinas de energia solar cresce gradativamente e com isso podemos prever que com esse crescimento e aproximadamente 25 anos teremos uma quantidade alta de lixo gerado pelas placas solares e com isso é necessário que os órgãos competentes criem políticas públicas que regularizem o descarte desses módulos a fim de que os mesmos não sejam descartados de qualquer maneira causando prejuízos ambientais futuros.

## 5. CONCLUSÕES

Foi apresentada uma síntese sobre o funcionamento dos módulos fotovoltaicos, sua fabricação e componentes. Essas informações são cruciais para pesquisas sobre a reciclagem dos resíduos fotovoltaicos, pois o conhecimento do material é fundamental para escolher as técnicas adequadas para sua reciclagem. Também foram discutidos os impactos ambientais que os módulos fotovoltaicos podem causar se não forem descartados corretamente, embora ainda não haja dados precisos sobre esses casos devido à longa vida útil desses módulos.

A implementação em larga escala das técnicas e processos de reciclagem apresentados neste trabalho é necessária para evitar danos ambientais e o uso desenfreado de matérias-primas que não são repostas na mesma proporção da produção de módulos fotovoltaicos. É evidente que essas implementações são cruciais para o uso contínuo da energia solar fotovoltaica. A criação de regulamentações e leis públicas para a reciclagem de resíduos fotovoltaicos e a determinação da responsabilidade pelo seu descarte final em outros países demonstra a funcionalidade e a necessidade desses regulamentos.

Algumas empresas no setor de fabricação de módulos fotovoltaicos já adotam técnicas de reciclagem. Neste estudo, propõe-se a implementação da devolução obrigatória desses módulos, de acordo com os princípios estabelecidos na Política Nacional de Resíduos Sólidos. Tal medida visa prevenir e reduzir os impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado desses dispositivos.

Conclui-se que a logística reversa é a melhor opção para garantir o descarte adequado dos resíduos fotovoltaicos. Existem várias técnicas e processos de reciclagem viáveis, e cada empresa pode escolher aquela que melhor atenda aos seus objetivos. O poder público deve fiscalizar para garantir o cumprimento da reciclagem e do descarte adequado, além de garantir que pessoas com conhecimento no assunto realizem essas fiscalizações. Os principais impactos ambientais causados pelos módulos fotovoltaicos ocorrem no final de sua vida útil, portanto, a prática da reciclagem torna essa fonte renovável ainda mais limpa.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente os agradecimentos vão para Deus por acreditarmos que sem ele nossa caminhada não seria possível, Ele nos motiva a seguirmos firmes nessa graduação e agora estarmos colhendo os frutos semeados durante cinco longos anos.

Agradecer aos nossos familiares por estarem nos acompanhando nessa caminhada rumo à graduação, por eles estarem presentes nos incentivando nos estudos, nas evoluções e mesmo que de longe nos apoiando e sentindo orgulho de nossas conquistas.

Agradecer aos nossos colegas e companheiros de jornada que tornaram os dias mais leves, os trabalhos mais produtivos e por ter a certeza de que indiretamente nos ajudaram nessa caminhada e também agradecer aos professores que nesse caminho compartilharam seus conhecimentos conosco para que essa graduação acontecesse, pois sem eles nada disso seria possível, nosso muito obrigado!

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Distribuição de Energia (ANEEL). 2023. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiY2VmMmUwN2QtYWFiOS00ZDE3LWI3NDMtZDk0NGI4MGU2NTkxIiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>>. Acesso em: 20/10/2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6022: informação e documentação - **artigo em publicação periódica técnica e/ou científica - apresentação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

BLOISE, Matheus Cardoso Reis Fernandes Souza, ARAÚJO, Francisco José Costa. Benefícios do sistema de energia solar fotovoltaica. In: **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC**. 2021. Disponível em: <<https://www.confea.org.br/midias/uploads-imce/Contecc2021/Eletricista/BENEF%C3%8DCIOS%20DO%20SISTEMA%20DE%20ENERGIA%20SOLAR%20FOTOVOLTAICA.pdf>>. Acesso em: 20/10/2023.

CEMIG. **Alternativas energéticas**. 2012. Disponível em: <[https://www.cemig.com.br/pt/a\\_cemig\\_e\\_o\\_Futuro/inivacao/alternativas\\_energeticas/Documents.pdf](https://www.cemig.com.br/pt/a_cemig_e_o_Futuro/inivacao/alternativas_energeticas/Documents.pdf)>. Acesso em: 11/11/2023.

CRESESB - Centro De Referência Para Energia Solar E Eólica Sérgio De Salvo Brito; Energia Solar: Princípios e Aplicações. **Tutorial Solar**, 2006.

DINIZ, Marcos Antônio Pompílio. Descarte de Painéis Solares no Contexto de Consolidação do Mercado Fotovoltaico Brasileiro e Mundial. 2023. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/50448/1/TCC%20Marco%20Ant%C3%B4nio%20Pompilio%20Diniz.pdf>>. Acesso em: 14/11/2023.

ECO.A. **Vantagens e desvantagens da energia solar**. 2017. Disponível em: <[https://ecoa.org.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar/?gclid=CjwKCAjwvrOpBhBdEiwAR58-3HzXHEoMfT7KkSPAKp66rUO4I-Qa5nHMGq1Iz4emqwY-J7G1eQr\\_bxoC0XMQAvD\\_BwE](https://ecoa.org.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar/?gclid=CjwKCAjwvrOpBhBdEiwAR58-3HzXHEoMfT7KkSPAKp66rUO4I-Qa5nHMGq1Iz4emqwY-J7G1eQr_bxoC0XMQAvD_BwE)>. Acesso em: 09/10/2023

ENERGÊS. **Reciclagem de módulos fotovoltaicos**. 2020. Disponível em: <<https://energes.com.br/reciclagem-de-modulo-fotovoltaicos-e-possivel/#:~:text=O%20PROCESSO%20DE%20RECICLAGEM%20DO,a%20reciclagem%20e%20a%20valoriza%C3%A7%C3%A3o.&text=A%20principal%20etapa%20da%20reciclagem,passam%20por%20uma%20triagem%20inicial>>. Acesso em: 11/11/2023.

FADIGAS; Eliane Aparecida Faria Amaral . **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos, Conversão e Viabilidade técnico-econômica**. 2020. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/56337/mod\\_resource/content/2/Apostila\\_solar.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/56337/mod_resource/content/2/Apostila_solar.pdf)> . Acesso em: 11/11/2023.

GRIMONI, José Aquiles Baesso. **Energia Solar Fotovoltaica**. 2019. Disponível em: <<https://paineira.usp.br/sisea/wp-content/uploads/2019/03/Energia-Solar-Fotovoltaica-pme3561.pdf>>. Acesso em: 11/11/2023.

IRENA – **INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY**. Rethinking Energy. 2017. Abu Dhabi: Irena, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/13511610.2017.1279538>>. Acesso em: 09/10/2023

KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha et al. **Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo**. 2016. Disponível em: < <https://core.ac.uk/download/pdf/231166534.pdf>>. Acesso em: 11/11/2023.

LOSEKANN, Luciano, HALLACK, Michele. **Novas Energias Renováveis no Brasil: Desafios e oportunidades**. 2017. Disponível em: <[https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8446/1/Novas%20energias%20renov%C3%A1veis%20no%20Brasil\\_desafios%20e%20oportunidades.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8446/1/Novas%20energias%20renov%C3%A1veis%20no%20Brasil_desafios%20e%20oportunidades.pdf)>. Acesso em: 09/10/2023

MIRANDA, Rosana Teixeira; LEANDRO, Francielle da Silva; SILVA, Tatiane Caetano. Gestão do fim de vida de módulo. 2019. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 8, n. 1, p.364-383, 2019.

OLIVEIRA; Elaine Vieira de. **PROCESSOS DE RECICLAGEM DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS DE PRIMEIRA GERAÇÃO**. 2021. Disponível em: <[https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/65187/1/2021\\_tcc\\_evolveira.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/65187/1/2021_tcc_evolveira.pdf)>. Acesso em: 11/11/2023.

OLIVEIRA, Othon G.; OLIVEIRA, Rafael Henrique de; GOMES, Renato O. **Energia Solar: Um passo para o crescimento**. In: REGRAD, UNIVEM/Marília-SP, v. 10, n. 1, p. 377 - 389, outubro de 2017. Disponível em: <<https://revista.univem.edu.br/REGRAD/article/view/2081/683>>. Acesso em: 11/11/2023.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; ABREU, S. L. de.; RÜTHER, R. **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos: INPE, 2006. 60p.

PUPIN, Priscila Carvalho. **Avaliação dos impactos ambientais da produção de painéis fotovoltaicos através de análise de ciclo de vida**. 2019. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá. Disponível em: < <https://repositorio.unifei.edu.br/jspui/handle/123456789/1939>>. Acesso em: 11/11/2023.

PRADO; Pedro Forastieri de Almeida. **Reciclagem de painéis Fotovoltaicos e recuperação de metais**. 2018. Disponível em: < <https://www.teses.usp.br//disponiveis/3/3137/tde-30012019-141410/publico/PedroForastierideAlmeidaPradoCorr18.pdf>>. Acesso em: 11/11/2023.

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). **O que você não sabia sobre energia solar**. 2018. Disponível em: < [https://3eunicamp.com/o-que-voce-nao-sabia-sobre-energia-solar/?gclid=CjwKCAjwnOipBhBQEiwACyGLul0a8KUaLO\\_RSg2TSXwuTgiL6aXhmZBLsRCutx9SWzkSNQROOezwFRoCvFYQAvD\\_BwE](https://3eunicamp.com/o-que-voce-nao-sabia-sobre-energia-solar/?gclid=CjwKCAjwnOipBhBQEiwACyGLul0a8KUaLO_RSg2TSXwuTgiL6aXhmZBLsRCutx9SWzkSNQROOezwFRoCvFYQAvD_BwE)>. Acesso em: 11/11/2023.