

**Rafael Negrine Soares Pedroso**

UNISUAM

**Leonardo Reis dos Santos**

UNISUAM

**Rachel Cristina Santos Pires**

UNISUAM

## RESUMO

O presente estudo retrata sobre o futuro problema com o descarte dos painéis solares que já vem sendo discutido em âmbito mundial. Hoje pouco se faz com foco na reciclagem desse material que possui grande poder de contaminação do solo e gasto financeiro. Este trabalho tem como objetivo geral tratar dos impactos relativos à destinação final das placas fotovoltaicas pós consumo, com projeção de aumento de 2050. Foi realizada uma revisão da literatura que teve como base pesquisas bibliográficas que abordavam como tema o descarte e reciclagem de placas fotovoltaicas em suas bases de dados. Este estudo relata a grande escassez de políticas de incentivo e falta de planejamento, tendo em vista um futuro com grande aumento da produção de sistemas fotovoltaicos que irão necessitar de descarte. Espera-se ainda com esse estudo contribuir e incentivar novas pesquisas sobre a temática, bem como ampliar o debate sobre o descarte adequado das placas fotovoltaicas com perspectiva de serem recicladas. A gestão e implementação de novas políticas mundiais são de extrema importância no planejamento de crescimento da energia solar a fim de minimizar graves problemas econômicos e ambientais devido ao descarte inadequado dos materiais. Cabe ressaltar que, durante o levantamento bibliográfico, ao pesquisar sobre a reciclagem das placas fotovoltaicas, verificou-se que este é um assunto pouco debatido, principalmente relacionado com o descarte adequado.

**Palavras-chave:** Placas fotovoltaicas; Energia solar; Descarte.

## INTRODUÇÃO

O uso de energia solar tem se tornado cada vez mais importante no contexto do cenário mundial. Cooper et al (2013), afirma que a busca por novas fontes de energia vem ganhando cada vez mais espaço e aplicabilidade. Segundo ele, no Brasil a principal fonte de energia elétrica atualmente é a hidráulica correspondendo a aproximadamente 70%.

Entre os benefícios do uso da energia solar, Almeida (2017) ressalta a questão de se evitar a emissão de 70 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> na atmosfera gerando uma energia de produção limpa e sem emissão de gases, aumentando assim mais ainda a necessidade de novos investimentos, incentivos governamentais e pesquisas na área para reduzir custos e melhorar ainda mais a eficiência desta fonte de energia.

Levando em consideração que o tempo de vida das placas fotovoltaicas é entre 20 e 30 anos sendo necessária sua substituição por uma nova, surge então uma nova problemática. Este material de pós-uso acaba se tornando resíduo sólido no meio ambiente onde deve se pensar em uma destinação adequada no futuro dentro de alguns anos (ALMEIDA, 2017).

Diante da problemática apresentada, a solução de uma energia limpa e renovável tende a gerar um grande problema no futuro. Sendo assim Anami (2017), aponta a necessidade de refletir mais sobre esta temática, uma vez que os dados estatísticos são insuficientes.

Entendeu-se como justificativa do estudo, a problemática em si, gerada pela escassez de políticas e planejamentos voltados para o descarte adequado deste material e o processo de reciclagem diante de um problema já previsto para as próximas décadas.

O presente estudo refere-se a uma revisão da literatura que teve como base para sua realização, pesquisas bibliográficas nos idiomas português e inglês utilizando sites e artigos científicos que abordam como tema o descarte e reciclagem de placas fotovoltaicas em suas bases de dados.

O Objetivo geral é avaliar os impactos relativos à destinação final das placas fotovoltaicas pós-consumo, com projeção de aumento até 2050.

Os objetivos específicos são:

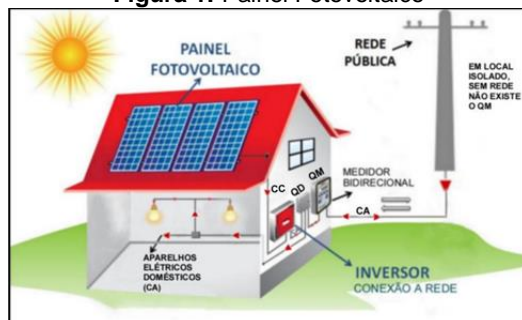
- a. Dimensionar a quantidade de placas fotovoltaicas a serem descartadas;
- b. Mensurar os impactos ambientais previstos; e
- c. Analisar os custos e eficiência do processo de reciclagem.

## **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **A Energia Solar Fotovoltaica**

A energia solar fotovoltaica (figura 1) é gerada através da conversão direta da irradiação solar em eletricidade por meio de células fotovoltaica. Ela vem ganhando destaque e crescimento nos últimos anos no âmbito de energia renovável no mundo, com um crescimento de 70% nos últimos dois anos, recebendo destaque entre as fontes de energia renovável (ANAMI, 2017).

**Figura 1: Painel Fotovoltaico**



Fonte: ANAMI (2017)

Com o passar dos anos e o avanço das tecnologias a busca por novos estudos visando uma diminuição da geração de resíduos no meio ambiente e captação de recursos naturais tem sido um crescente visando à preservação da fauna e da flora (MORAIS, 2018).

Nesta direção, Oliveira et al (2017), reitera sobre a necessidade de redução e custo no meio da energia elétrica.

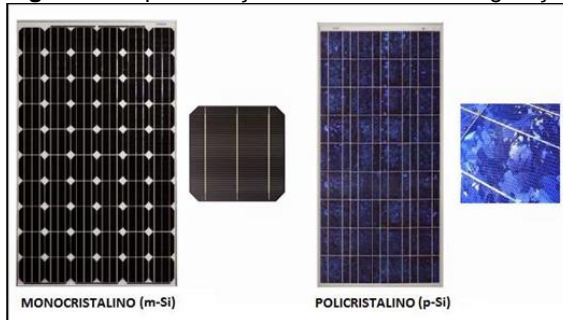
A energia solar vem ganhando espaço e se tornando cada vez mais atrativo no meio doméstico e empresarial. Entretanto, a aquisição deste material para confecção das placas ainda o torna uma fonte de energia com alto custo de aquisição, ficando 5 a 15 vezes maior do que o de uma usina a gás natural aumentando assim a necessidade de cada vez mais a busca por novo material com baixo custo de produção das células fotovoltaicas (COOPER et al, 2013).

Em 1839 o físico francês Edmond Becquerel foi o primeiro a descrever a energia fotovoltaica através da diferença de potencial nas extremidades de um material semicondutor quando exposto à luz (COOPER et al, 2013).

De acordo com Moraes (2018), o fenômeno da energia solar fotovoltaica se dá por meio de materiais semicondutores através da incidência da luz solar sobre fótons que estimulam elétrons que em boas condições irão gerar energia elétrica que será coletada por células condutoras.

As placas de silício são as de 1.<sup>a</sup> geração (figura 2), sendo mais comuns no mercado as de silícios monocristalino e silício policristalino. Ela ainda é o modelo com maior eficiência na utilização, porém com fabricação mais cara e aplicação física limitada. O silício cristalino usado na constituição destas placas precisa passar por um processo de dopagem, porque ele sozinho é um condutor elétrico ruim, para que seja possível um livre fluxo de elétrons. Elas representam 80% das utilizadas no mercado atualmente e possuem uma garantia comercial de até 5 anos e de funcionamento de 25 anos (ANAMI, 2017).

**Figura 2:** Representação dos módulos de 1ª geração



Fonte: SOLAR (2016)

Quem ganhou destaque por ter um menor custo de fabricação foram às placas de filmes finos ou 2.º gerações (figura 3), devido a sua espessura e por usar menos materiais semicondutores e flexíveis, mas em contrapartida apresentou uma eficiência inferior às de 1ª geração no âmbito de conversão de fótons em elétrons. Ela possui uma alta capacidade de absorção da irradiação solar. Uma das complicações encontradas nestas células quando foram lançadas foi a rápida degradação, o que já vem sendo corrigido por alguns fabricantes (OLIVEIRA et al, 2017).

**Figura 3:** Representação de um módulo de 2ª geração.



Fonte: SOLAR (2016)

As células mais atuais do mercado são as de 3.ª geração ou placas orgânicas (figura 4) que ainda possui produção de escala pequena restrita em aplicações acadêmicas e laboratórios de pesquisa e desenvolvimento e ainda são consideradas no mercado placas de baixa eficiência que fica em torno de 7% onde precisaria chegar a pelo menos 10% (ELY & SWART, 2014).

Figura 4: Célula de terceira geração ou placas orgânicas



Fonte: ELY & SWART (2014)

Mesmo tendo um ciclo de vida longo, as células fotovoltaicas chegam ao seu fim e como a maioria possui silício na sua composição, existe atualmente um forte alerta sobre a necessidade de descarte trazendo uma grande questão com relação ao impacto ambiental gerado por estes resíduos. Dentro dos materiais existe também a presença de vidro, alumínio e material semicondutor, mas que possuem reciclagem eficiente de 97% na produção de novas placas sem silício (MORAIS, 2018).

### **Planejamento e políticas de incentivo**

Mesmo com um crescente cenário estimado de expansão de até 60% de energia renovável até 2030, a demanda por energia derivada de combustíveis fósseis ainda estará a dominar o mundo numa expectativa de até 2025 (COLGAN, 2009).

Um planejamento e programação sobre o término de vida útil deste material se faz necessário, tendo em vista que o descarte inadequado acarretará diversas consequências aos países (OLIVEIRA, 2016).

No Brasil existe uma grande dificuldade em classificar e qualificar este material devido à falta de uma política bem estruturada para o processo de coleta e reciclagem (DIAS, 2015).

A isenção do ICMS não tem sido o suficiente para estimular o uso da energia solar fotovoltaica no âmbito brasileiro. Muitos programas de incentivo vêm sendo implantados nos últimos anos com o objetivo de aumentar a demanda e interesse por esta energia, dentre eles o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM) que é o maior do país. Mesmo assim as políticas de incentivo não têm funcionado de forma efetiva e em longo prazo para garantir a operação e manutenção destes sistemas, tendo em vista o alto potencial que o país apresenta (COLGAN, 2009).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) de 2010 determina que no Brasil o poder público e as empresas são os responsáveis pela coleta e destinação de materiais elétricos e eletrônicos perigosos (VALADARES, 2019).

## Reciclagem

O tempo de vida útil dos módulos gira em torno de 20 a 25 anos na maioria dos fabricantes dependendo do tipo e material usado na sua produção (DIAS, 2015).

A reciclagem das placas fotovoltaicas ainda é ineficaz e se direciona basicamente para a reutilização dos materiais semicondutores, sendo de extrema importância o investimento de novas pesquisas e tecnologias para a reciclagem de todo material de composição das placas e redução de custos do processo. Todo o descarte deste material e a necessidade da reciclagem abre uma porta para um novo mercado de reciclagem que segundo alguns autores pode gerar bilhões de dólares. Estima-se que em 2050 a China terá 13,5 milhões de toneladas de resíduos. Esta questão exige a necessidade e urgência enquanto ainda dá tempo de não termos toneladas de placas acumuladas aguardando reciclagem e solução (ANAMI, 2017).

O Brasil ainda está muito atrasado quando o assunto é a reciclagem das placas fotovoltaicas. Sendo as questões legais e de tecnologia muito mais desenvolvidas na Europa e Estados Unidos mesmo que com algumas divergências relacionadas ao descarte. Para que a energia solar seja considerada uma energia totalmente limpa, deve se incluir sua destinação final correta no âmbito da reciclagem e descarte adequado. Atualmente as empresas fornecedoras de placas fotovoltaicas estão sendo responsáveis pela sua destinação final, mas ainda assim com um descarte inadequado e baixo potencial de reciclagem dos componentes (OLIVEIRA et al, 2017).

O descarte inadequado pode contaminar o solo e constituir em problema de saúde devido à liberação de substâncias tóxicas, necessitando assim de um processo de descarte especial associado à reciclagem (COELHO & SERRA, 2018).

Deve se levar em consideração também o desperdício e a possibilidade da reciclagem dos materiais que seriam reaproveitados em novas placas ou na composição de outros materiais (DIAS, 2015).

Entre as formas de reciclagem dos painéis fotovoltaicos de silício estão o tratamento químico e físico. O método químico feito, por exemplo, com solventes traz grande eficiência na reciclagem deste material (COELHO & SERRA, 2018).

No processo de reciclagem e separação de material, alguns autores defendem para os módulos de silícios, o processo térmico por se tratar de uma opção mais vantajosa no âmbito econômico, rápida e mais simples. Associado ao tratamento químico como um segundo passo nestes casos. Outras técnicas também podem ser realizadas obtendo um percentual satisfatório de silício e outras matérias (DIAS, 2015).

Em seu artigo, Dias (2015), faz referência a um estudo publicado em 2010 onde os autores analisaram se existe viabilidade econômica na reciclagem de módulos solares avaliando o lucro real e o lucro potencial da reciclagem fazendo um comparativo com os custos do descarte em aterros

sanitários. Os autores puderam concluir não ter encontrado vantagem econômica ressaltando a necessidade de maiores políticas de incentivo.

## **DISCUSSÃO SOBRE A TEMÁTICA**

A energia solar vem crescendo cada vez mais com o passar dos anos em todo mundo, como uma forma de energia sustentável oriunda de fontes inesgotáveis. Porém segundo Oliveira et al (2017), este crescimento vem acompanhado de uma falta de planejamento no processo de descarte das empresas que a produzem.

Valadares (2019), acrescenta que é necessário também levar em consideração que toda construção deste sistema envolve outros tipos de materiais como, por exemplo, baterias que fazem o armazenamento da energia e que também possuem seu tempo de vida útil e que sendo descartada inadequadamente também pode trazer sérios danos ao meio ambiente.

Cabe destacar que Oliveira et al (2017), relata que a maioria das placas fotovoltaicas possui alguma porcentagem de silício na sua composição que é altamente tóxico se descartado de forma inadequada.

Os materiais usados atualmente na confecção das placas fotovoltaicas ainda possuem alto custo em sua produção, o que poderia de acordo com Coelho & Serra (2018), ser reduzido com investimentos no processo de coleta e reciclagem onde gerariam um impacto financeiro positivo em longo prazo. A reciclagem atualmente, quando ocorre, ainda é focada em materiais semicondutores.

Este estudo relata a grande escassez de políticas de incentivo e falta de planejamento, tendo em vista um futuro com grande aumento da produção de sistemas fotovoltaicos que irão necessitar de descarte.

Os custos do processo de reciclagem e coleta deste material ainda são muito altos e os fabricantes acabam justificando que não vale a pena financeiramente no contexto atual, porém ocorre que deixam de lado a questão do impacto ambiental que estes resíduos podem causar. Dias (2015) coloca em questionamento de até que ponto uso da energia solar seria realmente uma energia limpa, se no seu fim de vida útil podem acabar causando grandes impactos ambientes.

Segundo Valadares (2019), a produção em larga escala de materiais com preços mais acessíveis pela china porém com qualidade inferior tem tornado a reciclagem destes materiais mais inviável. Entretanto o autor agora citado reitera que não tem sido atrativa economicamente a reciclagem e com isso em 2016 os EUA publicaram um relatório recomendando o armazenamento das placas fotovoltaicas para descarte em seu país evitando assim maiores impactos ambientais e com perspectiva de novos estudos que apontem em reciclagem economicamente viável.

Novas pesquisas são feitas com frequência, porém Sobrinho (2016) destaca que pesquisas estão sendo focados majoritariamente em novos

materiais e aperfeiçoamento das placas fotovoltaicas já existentes visando uma boa eficiência, menores custos de produção e redução de toxicidade.

A procura pela energia solar vem ganhando cada vez mais interesse, o que faz com que a integração dela a sociedade traga diversos benefícios por uma produção de larga escala e como consequência a redução dos valores. Por se tratar de uma questão relativamente nova, tudo o que se tem ligado aos efeitos do descarte deste material ainda é feito de forma estimada, principalmente com relação aos impactos ambientais e serão necessários cada vez mais estudos, pesquisas e investimentos neste assunto (ANAMI, 2017).

Neste contexto, Anami (2017) compreende que, por se tratar de uma grande questão, precisa ser estudada com atenção que seria a ocorrência de alterações climáticas ligadas a ondas de calor oriundas de muitas placas fotovoltaicas em uma mesma região, gerando não só um desconforto nas pessoas como também atingindo o meio ambiente.

## **CONCLUSÃO**

A necessidade de novos estudos avaliando as condições de preparo de todo os países do mundo se faz necessário visando à preparação do futuro para a destinação das placas fotovoltaicas tendo em vista a previsão de um grande aumento na quantidade deste material nas próximas décadas.

Diante a estas constatações, fica claro, que a gestão e implementação de novas políticas mundiais são de extrema importância no planejamento de crescimento da energia solar a fim de minimizar graves problemas econômicos e ambientais devido ao descarte inadequado dos materiais.

A busca de novos materiais para confecção das placas fotovoltaicas se faz necessária com o objetivo de melhorar a eficácia e reduzir custos que ainda são bem altos e que não acarretem tantos impactos ambientais ao seu descarte.

Observou-se que apesar do conceito de energia solar estar em franco crescimento ainda existe muita dificuldade para implementação deste sistema tendo em vista o alto custo das matérias.

Assim, além de uma mudança de paradigma que considere a perspectiva da energia solar como uma fonte de energia limpa também deve se considerar o seu percurso necessário para um fim de vida sem impactos ambientais ou pelo menos reduzidos ao máximo.

Espera-se ainda com esse estudo contribuir e incentivar novas pesquisas sobre a temática, bem como ampliar o debate sobre o descarte adequado das placas fotovoltaicas com perspectiva de serem recicladas. Cabe ressaltar que, durante o levantamento bibliográfico, ao pesquisar sobre a reciclagem das placas fotovoltaicas, verificou-se que este é um assunto pouco debatido, principalmente relacionado com o descarte adequado.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALMEIDA, E. Energia solar fotovoltaica: revisão bibliográfica. Belo Horizonte: [s.n.], 2017. 18 p.

ANAMI, A. M. **Painel fotovoltaico: perspectivas e desafios**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 80 f. 2017.

COELHO, T.; SERRA, J. **Tecnologias para Reciclagem de Sistemas Fotovoltaicos: Impactos Ambientais**. Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade, Volume 15, número 7. Curitiba-PR, jun/dez-2018.

COOPER, E; MARTINS J, MORALLES, W. **Aplicação de Painéis Solares Fotovoltaicos Como Fonte Geradora Complementar de Energia Elétrica em Residências**. Trabalho de Conclusão de Curso, Setor de Tecnologia – Departamento de Engenharia Elétrica. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2013.

COLGAN, J. D. The international energy agency. **Challenges for the 21st Century. GPPi Energy Policy Paper**, v. 6, 2009.

DIAS, P. R. **Caracterização e reciclagem de materiais de módulos fotovoltaicos** (painéis solares). 2015.

ELY, F; SWART, J. W. Energia solar fotovoltaica de terceira geração. **Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos ou Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE), O Setor Elétrico**, ed, v. 105, p. 138-139, 2014.

MORAIS, A. **Avaliação dos problemas que envolvem o descarte dos resíduos sólidos provenientes de painéis solares fotovoltaicos**. Meio Ambiente poços, Anais 2018. Disponível em <<http://www.meioambientepocos.com.br/Anais2018/Energias%20Renov%C3%A1veis/559.%20Avalia%C3%A7%C3%A3o%20dos%20Problemas%20que%20envolvem%20o%20Descarte%20dos%20Res%C3%ADduos%20S%C3%B3lidos%20Provenientes%20de%20Pain%C3%A9is%20Solares%20Fotovoltaicos.pdf>>. Acesso em: 14 de setembro de 2019.

OLIVEIRA, D. B, LEBENSOLD, F. OLIVEIRA, L. T. **Destinação final das placas fotovoltaicas pós-consumo no Brasil**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2017.

OLIVEIRA, E. **Viabilidade da energia solar fotovoltaica no município de Cabedelo.-PB**. 2016.

SOBRINHO, O. L. C. **Desenvolvimento e pesquisas na terceira geração de células fotovoltaicas**. 2016. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SOLAR, Portal. **Tipos de Pannel Solar Fotovoltaico**. 2016. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/tipos-de-pannel-solarfotovoltaico.html>>. Acesso em: 10 de janeiro. 2020.

VALADARES, P. N. **A energia solar e os desafios para sua consolidação no Brasil e no mundo**. 2019.