

## Tendências de novas tecnologias da energia solar

### New solar energy technology trends

DOI:10.34117/bjdv8n8-069

Recebimento dos originais: 21/06/2022

Aceitação para publicação: 29/07/2022

#### **Crisóstomo Hermes Soares Trajano da Silva**

Mestrado em Sistemas Agroindustriais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Endereço: R. Aprígio Veloso, 882, Universitário, Campina Grande - PB,  
CEP: 58428-830

E-mail: crisostomodm@hotmail.com

#### **Mateus Dantas Alexandre**

Graduado em Engenharia Ambiental pela Universidade Cruzeiro do Sul (UCS)

Instituição: Universidade Cruzeiro do Sul (UCS)

Instituição: Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, CEP: 95070-560, Caxias do Sul

E-mail: mateusbiosistemas@gmail.com

#### **Wermeson Leandro Carneiro Dantas**

Tecnologia em Segurança do Trabalho pela Instituto Federal da Paraíba (IFPB)

Instituição: Instituto Federal da Paraíba (IFPB)

Endereço: Av. João da Mata, 256, Jaguaribe, João Pessoa - PB, CEP: 58015-020

E-mail: leandro.dantas@academico.ifpb.edu.br

#### **Jaciane Marcelino Cavalcante**

Bacharel em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR)

Instituição: Universidade de Fortaleza (UNIFOR)

Endereço: Av. Washington Soares, 1321, Edson Queiroz, Fortaleza - CE,  
CEP: 60811-905

E-mail: arqjacionecavalcante@gmail.com

#### **Arthur Levi da Costa Bezerra**

Mestrando em Engenharia Têxtil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Endereço: Campus Universitário, Lagoa Nova, Natal - RN, CEP: 59078-970

#### **José Jefferson Barros Pires**

Mestrado em Profissional em Recursos Hídricos Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Endereço: R. Aprígio Veloso, 882, Universitário, Campina Grande - PB,  
CEP: 58428-830

E-mail: josejefferson\_2@hotmail.com

### **Edivanio leite da Silva**

Licenciado em Geografia pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)  
Instituição: Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)  
Endereço: R. Baraúnas, 351, Universitário, Campina Grande - PB, CEP: 58429-500

### **Maxsuel da Costa Leal**

Graduado em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)  
Instituição: Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)  
Endereço: R. Aprígio Veloso, 882, Universitário, Campina Grande - PB,  
CEP: 58428-830  
E-mail: max\_8g@hotmail.com

## **RESUMO**

Diante de todas as adversidades e catástrofe ambiental, é notório a crescente preocupação com o meio ambiente, a energia solar ganha notabilidade, tendo em vista, que faz parte das energias limpas e renováveis. O aumento no consumo de energia elétrica devido a crescente exponencial da população, tem demandado uma considerável ampliação na capacidade de geração, melhoria e criação de novas tendencia para novas tecnologias energéticas, com a finalidade de atender a demanda. A indústria solar é reconhecida como das melhores opções para ultrapassar uma crise energética futura, uma vez que é vantajosa em termos de disponibilidade, custo-eficácia, acessibilidade, capacidade e eficiência em comparação com outras fontes de energia renováveis. Este trabalho tem como abjetivo apresentar novas tendências de tecnologias fotovoltaica, analisando suas vantagens, custo e aplicabilidade, assim possibilitar que haja uma redução significativa do uso de energia elétrica fornecida pelas concessionárias. Como resultado, foram encontradas um mercado inovador que busca novas tendências em energia solar, como os mais diversos usos que já temos no mercado e demanda tal como fotovoltaica orgânica (OPV); células solares de perovskita; células de filme fino feitas de silício microcristalino; telhas solares; Energia solar flutuante e Spin cells. Concluindo-se assim, que o cenário se mostra animador diante de tantas inovações que surgiram nas últimas décadas, que aumentam positivamente a probabilidade de um cenário energético cada vez mais limpo e consciente em escala global e que a tendência dos sistemas de geração de energia fotovoltaica é se difundir rapidamente, amplamente nacional e internacionalmente, a fim de serem utilizados em larga escala nas próximas décadas.

**Palavras-chave:** energia fotovoltaica, energia solar, inovação, tecnologia.

## **ABSTRACT**

In the face of all adversities and environmental catastrophe, it is notorious the growing energy with the environment, solar energy gains notability, in view, that it is part of clean and renewable energies. Electric energy due to an exponentially growing demand, with the ability to increase the power generation capacity, tends to meet an increasing demand for energy and to increase the capacity to use the generation capacity, tending to meet a demand of new energy, in order to increase the energy generation capacity, to meet a demand for energy and to increase the capacity of use. The availability of solar energy is once again power in other renewable energy sources. This has the possibility to present new trends in photovoltaic technologies, analyzing their advantages, cost and applicability, as well as the possibility of reduction, that there is a significant reduction in the use of electric energy supplied by the concessionaires. As a result, they were all a market that seeks new trends in

solar energy, with the most diverse uses that we already have in the market and demand such as organic photovoltaics (OPV); perovskite solar cells; thin film cells made of microcrystalline silicon; solar tiles; Floating solar energy and Spin cells. In conclusion, that the environment stands out and shows more lively in recent decades, which increases the probability of a global and increasingly cleaner scenario and that the tendency of photovoltaic energy generation systems is to spread quickly, widely used. nationally and internationally, in order to be on a large scale in the coming decades

**Keywords:** photovoltaic energy, solar energy, innovation, tecnologia.

## 1 INTRODUÇÃO

Diante de todas as adversidades e catástrofe ambiental, é notório a crescente preocupação como o meio ambiente, a energia solar ganha notabilidade, tendo em vista, que faz parte das energias limpas e renováveis.

As fontes energéticas é um dos principais vetores influentes na interferência ambiental, suas instalações comprometem de forma direta com a dinâmica da biótica como as hidráulicas, plataformas petroquímicas, energia geotérmica e o gás natural. As alterações climáticas são acompanhadas do aumento de emissões de gases do efeito estufa, como o CO<sub>2</sub>, a aplicação de sistemas renováveis são a solução conhecida como um processo revolucionário do enorme problema ambiental em que nos encontramos (NATÁRIO, 2017).

O aumento no consumo de energia elétrica devido a crescente exponencial da população, tem demandado uma considerável ampliação na capacidade de geração, melhoria e criação de novas tendencia para novas tecnologias energéticas, com a finalidade de atender a demanda. É fato que uma das aplicabilidades da eficiência energética é contribuir para que a redução de perdas atue como um fator compensador no desenvolvimento da matriz energética (NASCIMENTO, 2016).

A indústria solar é reconhecida como das melhores opções para ultrapassar uma crise energética futura, uma vez que é vantajosa em termos de disponibilidade, custo-eficácia, acessibilidade, capacidade e eficiência em comparação com outras fontes de energia renováveis (KANNAN & VAKEESAN, 2016).

A energia fotovoltaica dirigiu um novo mercado de na produção de matriz energética, logo sendo aceito pelas empresas, empreendedores e o consumidor final, tornando um mercado inovador na busca de novas tendências de fonte de energia solar, tais quais já temos no mercado com as mais diversas finalidades e demanda como a fotovoltaica orgânica (OPVs) que são polímeros orgânicos que funciona como um célula

fotovoltaica; Célula solar de Perovskita; Célula de filme fino produzido a partir de silício microcristalino, trata-se de um material flexível como plástico e podendo ser instalado em diversas superfícies; Telhas solares, possibilidade a substituição da estrutura convencional de painéis por telhas com células solares; Placas solares ondulatória inspirado numa técnica oriental kirigami, como a Terra se movimenta, o sombreamento varia ao longo do dia. Com a placa solar ondulada, a incidência da radiação solar consegue ser captada em ângulos diferentes durante o dia e Tinta fotovoltaica, criado de material a partir de uma tinta spray, pode ser aplicada em praticamente qualquer material. O objetivo é que essa “tinta fotovoltaica” transforme qualquer superfície em um painel fotovoltaico em potencial.

Dessa forma o presente trabalho surge pelo fato de grande parte dos consumos de energia elétrica no território nacional ainda depender de hidrelétricas. Assim, o trabalho tem como finalidade apresentar novas tendências de tecnologias fotovoltaica, analisando suas vantagens, custo e aplicabilidade, assim possibilitar que haja uma redução significativa do uso de energia elétrica fornecida pelas concessionárias.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 GERAL**

Fazer um resumo das principais tendências e inovações sobre energia fotovoltaica.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

- Realizar levantamento bibliográfico sobre as novas tendências em tecnologia fotovoltaica disponível no mercado.
- Analisar quais as melhores alternativas em placas fotovoltaicas para atendimento de determinada demanda.
- Compreender como funciona os sistemas fotovoltaicos quanto a sua autonomia e sua conexão em na rede de distribuição tradicional.

## **3 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA**

### **3.1 EFEITO FOTOVOLTAICO: HISTÓRICO**

A possibilidade de transformar energia luminosa em energia elétrica, surgiu de uma demonstração realizada por Edmond Becquerel, em 1839, onde mediante a incidência de luz

em um eletrodo submerso em uma solução de eletrólito, produziam uma pequena diferença de potencial quando exposto à luz (FADIGAS, 2013).

Em 1883, o inventor americano Charles Fritts criou a primeira célula solar feita de folhas de selênio. Embora a eficiência de conversão de eletricidade seja de apenas 1%, seu dispositivo teve uma grande resposta porque as pessoas não acreditam que a energia possa ser produzida sem a queima de combustível (KOMP, 2001). Em 1877, W. Adams e R. E. Day, usaram as propriedades fotocondutoras do selênio (Se) como o primeiro dispositivo sólido de produção de eletricidade por exposição à luz (FADIGAS, 2013). Esse dispositivo sólido consistia em uma fina superfície de selênio posto em um substrato de ferro junto a um segundo filme de ouro, semitransparente usado como contato frontal.

A eficiência das células de selênio não chegou a 1%, mas com a evolução científica do início do século 20, principalmente a explicação de Albert Einstein sobre o efeito fotoelétrico em 1905, mecânica quântica e teoria de bandas de energia, física de semicondutores e aplicações à emissão Purificação e processo de dopagem do aparelho, em 1954, surgiu a primeira célula fotovoltaica utilizando silício (6% de eficiência), pelos pesquisadores do Bell Labs Calvin Fuller (químico), Gerald Pearson (físico) e Daryl Chapin (engenheiro), Jersey, Estados Unidos da América. Desde então, as pesquisas nessa área não pararam. Em 26 de abril de 1954, a revista New York Times anunciou que as células fotovoltaicas de silício poderiam ser a possibilidade de aproveitar uma fonte infinita de energia no futuro - a radiação solar. (KOMP, 2001; VALLÊRA e BRITO, 2006).

A European Photovoltaic Industry Association (EPIA) divulgou um roteiro para avançar as perspectivas para a indústria fotovoltaica nas próximas décadas. A EPIA prevê crescimento de mercado semelhante (acima de 30% ao ano) como nos últimos anos e reduções de custos proporcionais ao crescimento dos painéis instalados, a EPIA espera que até 2020, cerca de 1% da eletricidade consumida globalmente seja proveniente de energia fotovoltaica, que aumentará para cerca de 26% até 2040. De acordo com um estudo publicado pelo Conselho Mundial da Energia, em 2100, 70% da energia consumida será de origem solar (AVELAR et al., 2013).

Ainda segundo o mesmo relatório publicado pela EPIA, do ponto de vista tecnológico a ênfase será dada à redução de custos através da redução da matéria-prima (silício) utilizada por unidade de potência instalada, usando células mais finas ou produzidas diretamente em fita. Destaque-se ainda o desenvolvimento de novas técnicas de soldadura dos contatos elétricos.

### 3.2 APLICAÇÃO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL

Um dos grandes problemas da energia solar é que ainda é caro ter um sistema desse tipo em casa. Segundo dados do CRESESB, no mercado internacional, o custo dos sistemas fotovoltaicos para o consumidor final varia de US\$ 8 / Wp a US\$ 10 / Wp, em que Wp (Watt pico) é a potência máxima que o painel fotovoltaico pode atingir. Já no Brasil, esse valor é estimado em R\$ 10 / Wp, logo um sistema instalado de 1 KWp custaria R\$ 10.000,00. Em média, no Brasil, o retorno financeiro se dá entre 6 a 10 anos, o que não é exatamente uma má notícia, visto que os módulos fotovoltaicos (parte mais cara do sistema) atualmente têm garantia de 25 anos (MACHADO, 2015).

No entanto, conforme divulgado pela EPE (2011), a demanda brasileira por fornecimento de energia aumentou, com o consumo médio do país passando de 150,1 kWh/mês em 2009 para 153,9 kWh/mês em 2010, ou seja, o consumo residencial cresceu 6,3% no ano encerrado. Mais recentemente, a EPE (2012) relatou que o consumo de energia elétrica na categoria residencial foi 7,3% superior aos resultados do ano anterior (CABRAL e VIEIRA, 2012).

Segundo Lagrimante (2018), os benefícios econômicos obtidos com os sistemas fotovoltaicos em relação aos sistemas convencionais são a redução de até 95% nas contas de energia elétrica e o ROI (retorno do investimento), dependendo do consumo. O diretor destacou ainda as vantagens ecológicas da energia fotovoltaica, pois além de reduzir o consumo de energia elétrica por pelo menos 19 anos, a tecnologia também elimina a emissão de dióxido de carbono na atmosfera.

No segundo semestre de 2017, foram inaugurados no Brasil os dois maiores projetos solares da América Latina, um no estado do Piauí e o segundo no estado de Minas Gerais (SERAFIM et al., 2018). Em janeiro de 2018, a Absolar (Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica) anunciou que o país havia superado o recorde de capacidade operacional de 1 GW.

#### 3.2.1 Tipos de placas solares

Existem uma grande variedade de modelos de placas fotovoltaicas atuante no mercado, as quais demonstram significativas diferença entre si, que vai da matéria-prima que a constitui até a eficiência de cada modelo. Dentre esses modelos presente no mercado atual, temos: a placa solar de silício monocristalino que apesar de serem mais antigo possui uma alta eficiência. Eles são feitos de cristais únicos de silício ultrapuro (lingotes cilíndricos de silício) que são fatiados como "salame" para criar wafers de silício individuais, que são

então processados e transformados em células fotovoltaicas (BARBOSA, 2021). Cada célula fotovoltaica circular possui um corte "4 lados" para otimizar o espaço disponível para painéis solares monocristalinos e aproveitar melhor a área do painel. Um painel solar consiste em uma série de células fotovoltaicas conectadas em série e em paralelo: Eficiência média dos painéis solares monocristalinos: 15 – 22% Tecnologia: Czochralski Forma: redonda Dimensões padrão das células fotovoltaicas: 10x10cm; 12,5x12,5cm; 15x15. Cores: azul escuro ou quase preto (com antirreflexo), cinza ou cinza-azul (sem antirreflexo) (LIMA; ANTÔNIO, 2019).

As placas do tipo policristalino foram as primeiras placas solares de silício policristalino, também conhecidos como silício policristalino (p-Si) e silício policristalino (mc-Si), foram lançados no mercado em 1981. Tanto o monocristalino quanto o policristalino são feitos de silício, e a principal diferença entre as tecnologias é o método de fundição dos cristais. No policristalino, os cristais de silício são fundidos em um único bloco, mantendo assim a formação de múltiplos (BARBOSA, 2021). Quando o bloco foi cortado e fatiado, pôde-se observar a formação de tais policristais. Uma vez fundidos, eles são serrados em blocos quadrados e depois cortados em células como cristais únicos, mas um pouco mais fáceis de produzir. Eles são semelhantes aos monocristais (monocristais) em desempenho e degradação, exceto que as células são um pouco menos eficientes. Eficiência média do painel solar policristalino: 14 – 20% Técnica: Fundição de polisilício, Aquecimento em forma. Forma: Quadrada Tamanho padrão das células fotovoltaicas: 10x10cm; 12,5x12,5cm; 15x15. Cor: azul (com antirreflexo), cinza prateado (sem antirreflexo) (LIMA; ANTÔNIO, 2019).

### 3.3 SISTEMAS ON-GRID E OFF-GRID

Os sistemas fotovoltaicos permitem a sua instalação em Autônomo ou conectado a redes de distribuição tradicionais. Mas isso é necessário para realizar pesquisas relacionadas aos benefícios resultantes suas diversas aplicações. Para continuar optando pelo uso da energia solar, existem dois tipos de sistemas fotovoltaicos: conectados à rede (chamados vinculados à rede ou on-grid) e isolados ou autônomos (denominados off-grid) A geração de energia por inversores ocorre em corrente contínua (DC), o uso da eletricidade é feito em corrente Suplente (AC). Os sistemas vinculados à rede funcionam apenas quando conectados à rede, portanto, não podem alimentar diretamente os equipamentos elétricos em caso de falha.

Os sistemas fotovoltaicos permitem que tais créditos sejam retidos por três anos se o proprietário da habitação. Não os use por um período definido, eles serão deixados para a empresa franqueada de energia elétrica. Essa troca de energia entre franqueados e franqueados obtenha este sistema para residências, mantendo os custos baixos mostrado nas contas de energia doméstica com kWh.

Em contraste, o sistema off-grid é sistemas autônomos que requerem baterias para armazenar energia Produzido por painéis fotovoltaicos. No entanto, este sistema requer mais Investimento para produzir a mesma quantidade de kWh Residencial como se fosse produzido por um franqueado de energia.

#### **4 TENDÊNCIAS E INOVAÇÕES DA ENERGIA FOTOVOLTAICA**

Quando se trata de pesquisas e inovações tecnológicas referentes às energias renováveis o destaque são as fontes de origem solar fotovoltaica, que nos últimos anos apresentou um aumento generalizado. As pesquisas focam o aprimoramento dos dispositivos, tentando tornar as placas mais eficientes de uma forma que os custos de produção tenham uma diminuição considerável (MAKRIDES et al., 2013)

Encontrar energias renováveis tem sido uma preocupação constante de vários governos. À medida que a população mundial cresce, que é estimada pela Organização das Nações Unidas (ONU) passar dos atuais 7,3 bilhões para 8,5 bilhões até 2030 (United Nations, 2018), torna-se urgente encontrar novas formas de demanda de energia em nível global. Uma parcela significativa da população mundial ainda não tem acesso à eletricidade diariamente. Segundo o Grupo Banco Mundial (2018), em 2014, mais de 14% da população mundial não tinha acesso à eletricidade (DA SILVA, 2019).

A utilização da luz solar para geração de energia elétrica traz grandes benefícios ambientais e segurança energética, pois os equipamentos utilizados para esta finalidade são de simples aplicação e não geram ruídos nem emitem elementos poluentes durante a operação. Considerando as tecnologias atualmente disponíveis, esses dispositivos são escaláveis, podem ser utilizados em aplicações de pequeno ou grande porte, podendo continuar funcionando com baixa manutenção e durabilidade de até 25 anos (CENGIZ; MAMIS, 2015). De acordo com o Ministério de Minas e Energia, o potencial de energia fotovoltaica do Brasil é 2,3 vezes o consumo doméstico nacional (BRASIL, 2014).

No entanto, apesar desse potencial, a difusão dessa tecnologia ainda não ocorreu de forma significativa no Brasil. Da capacidade total de geração de energia de 150.338 MW em 2016, apenas 24 MW ou 0,016% corresponde à energia fotovoltaica (Brasil, 2017). No



entanto, estudos realizados por pesquisadores brasileiros têm se concentrado em análises de viabilidade locais, enfatizando as características climáticas de cada estado ou região, com pouca discussão sobre boas práticas em outros países e suas possíveis aplicações em seu próprio território. Carvalho, Abreu e Neto (2017) realizaram um estudo no qual abordaram a viabilidade financeira da implantação de geradores fotovoltaicos residenciais para consumidores que já são abastecidos com energia alocada por empresas estatais que atualmente têm a tarefa.

Hoje, ao olhar para quais indústrias no mundo estão crescendo, a indústria de geração de energia fotovoltaica é considerada uma das que mais cresce, devido aos notáveis ganhos de eficiência que foram obtidos tanto no projeto quanto na produção de módulos fotovoltaicos nas últimas décadas. Mas este não é um caminho de mão única, o progresso seguiu caminhos diferentes, o uso de substratos de baixo custo em dispositivos de filme fino; o desenvolvimento de componentes orgânicos; a tecnologia de células multijunção; a evolução dos concentradores de luz e rastreamento solar, etc. (Sampaio e González, 2017).

A energia fotovoltaica lidera um novo mercado de produção de matriz energética e é rapidamente abraçada por empresas, empreendedores e consumidores finais, tornando-se um mercado inovador que busca novas tendências em energia solar, como os mais diversos usos que já temos no mercado e demanda tal como fotovoltaica orgânica (OPV); células solares de perovskita; células de filme fino feitas de silício microcristalino; telhas solares; painéis solares Wave inspirados na tecnologia oriental kirigami e tintas fotovoltaicas.

#### 4.1 ESCOLHAS EM PLACAS FOTOVOLTAICAS

O crescimento da energia solar fotovoltaica forçou todos os outros setores relacionados a se desenvolverem também. Um desses setores é a engenharia estrutural, onde são necessários esforços para desenvolver diferentes estruturas de fixação para painéis fotovoltaicos. Ao analisar um painel solar, primeiro precisamos estudar suas características mecânicas e elétricas, o que pode ser feito através da leitura da ficha técnica e do certificado do fabricante. Além disso, a classificação dos módulos fotovoltaicos pode ser pesquisada com base em critérios técnicos como resistência mecânica, eficiência e perda de temperatura. Outro aspecto interessante de se analisar é a consistência financeira dos fabricantes de painéis solares, ou seja, descobrir a oportunidade para a empresa continuar se destacando no mercado e ter capacidade de atendê-lo.

Para coberturas metálicas, encontramos muitas estruturas fixas para painéis fotovoltaicos. Uma solução muito interessante permite colar a estrutura diretamente nos

azulejos. No entanto, é necessário verificar se as estruturas e colas utilizadas no processo são projetadas especificamente para esse fim. As aplicações devem seguir rigorosamente as instruções de cada fabricante.

Para montagem em laje, usa-se uma estrutura de fixação de placas fotovoltaicas em formato de triangular, podendo ser com inclinação fixa ou possuir ajuste de inclinação. Esse tipo de estrutura pode ser aparafusado ou concretado na laje. A escolha de alguma dessas opções vai variar de sistema para sistema.

A instalação de usina fotovoltaica terrestre geralmente adota usina de maior porte, geração de energia centralizada ou distribuída. A estrutura fixa de painéis fotovoltaicos em plantas terrestres pode ser bases de concreto ou estacas metálicas. Um fato importante sobre a instalação no solo é que os módulos fotovoltaicos podem usar dispositivos chamados rastreadores. Isso faz com que as placas mudem de direção à medida que o sol se move ao longo do dia. Outra opção para a montagem de um sistema fotovoltaico é a utilização de uma área de estacionamento, onde os módulos são colocados como painéis de cobertura. Esse tipo de solução, quando analisada separadamente, torna o sistema mais caro, pois a estrutura necessária é mais robusta.

Além das estruturas de fixação de placas fotovoltaicas já apresentados acima, existem algumas outras formas de fixar os módulos fotovoltaicos em casos específicos. Existem soluções para montagem de usinas solares em fachadas de prédios, no teto de veículos ou até mesmo em locais flutuantes.

#### 4.2 CÉLULA FOTOVOLTAICA ORGÂNICA (OPV)

As células solares orgânicas (OPV, Organic Photovoltaic) são uma tecnologia emergente que tem atraído muita atenção devido ao seu potencial de baixo custo e aplicabilidade. O método de impressão rolo a rolo usado para fabricar células OPV permite a produção em larga escala de módulos de diferentes tamanhos sem a necessidade de condições muito rigorosas (altas temperaturas e ambientes extremamente limpos) como as usadas em fotovoltaicos convencionais (Brian e Mark, 2003). Além disso, as baterias orgânicas podem ser compostas por materiais flexíveis, leves e translúcidos, aumentando suas aplicações em diferentes áreas comerciais. No entanto, para que a tecnologia OPV seja popularizada no mercado de energia fotovoltaica, alguns obstáculos ainda precisam ser superados, e melhorar a vida útil do módulo e atingir valores de eficiência competitivos são as principais dificuldades no desenvolvimento de células orgânicas.

A eficiência da tecnologia OPV vem crescendo significativamente e é um dos maiores avanços da energia fotovoltaica nos últimos anos, atingindo um máximo em torno de 12% em escala laboratorial (NREL, 2014). No entanto, para módulos comerciais a eficiência é bem menor, em torno de 2% a 6% (Scharber e Sariciftci, 2013). O principal componente de uma célula OPV é a camada ativa, responsável pelo efeito fotovoltaico geralmente, é formado a partir de uma mistura de dois materiais, um com baixa afinidade eletrônica e outro com alta afinidade eletrônica, e a energia intersticial está relacionada à diferença de energia dos orbitais moleculares desses compostos (Spanggaard e Krebs, 2004), são poli(3-hexiltiofeno) (P3HT) como material doador de elétrons (baixa afinidade) e éster metílico do ácido [6,6] -fenil-C61-butírico (PCBM) como acceptor de elétrons (alta afinidade).

Além da camada ativa, as células OPV também são compostas por uma camada de transporte de elétrons (ETL, Electron Transport Layer), uma camada de transporte de buracos (HTL, Hole Transport Layer) e eletrodos. Todos esses materiais são depositados em um substrato plástico por um processo de impressão, e toda a estrutura é envolvida em um filme barreira para proteger a integridade física do módulo OPV (Rand e Richter, 2014).

#### 4.3 CÉLULAS SOLARES DE PEROVSKITA (CSPS)

As células solares de Perovskita à base de haleto orgânico-inorgânico (CSPs) representam o desenvolvimento mais importante em energia fotovoltaica na última década e representam uma nova tecnologia emergente. Eles são a melhor escolha para atender às necessidades de alta eficiência e obter soluções de baixo custo. Propriedades das estruturas de Perovskita (SONG et al., 2015).

As Perovskita de haleto de chumbo metilamônio são materiais fotovoltaicos promissores devido às suas propriedades ópticas, como altos coeficientes de absorção para uma ampla faixa de absorção da luz solar. Além disso, a abundância de matérias-primas e a capacidade de processar em solução tornam as Perovskitas de metilamônio de chumbo de chumbo mais adequadas para a tecnologia fotovoltaica (JIANG et al., 2015).

Em um CSP típico, a camada absorvedora (Perovskita) está localizada entre a camada de transporte de elétrons (MTE) e a camada de transporte de buracos (MTB). Na presença de um contra eletrodo (Au, Ag ou Al) no MTB, o aparelho era desligado. Barreiras de titânio denso (BI-TiO<sub>2</sub>) com ou sem estrutura mesoporosa (TiO<sub>2</sub> ou Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) atuam como MTE, espiro-MeOTAD (2,2',7,7'-tetracíclico (N,Ndi)-p-Methoxianilina)-9, 9'-espirobifluoreno) é o MTB mais comumente usados (MALI et al., 2015).

#### 4.4 CÉLULAS DE FILME FINO

Nos últimos anos, o desenvolvimento de células solares de película fina tem recebido cada vez mais atenção. O processo consiste basicamente na aplicação de 11 camadas de material semicondutor muito fino, a partir de uma fonte de gás, deposição de vapor químico assistido por plasma ativado por um sinal de radiofrequência ou por métodos como a temperatura (ZHAO et al., 2005; SANTANA, 2011).

Esses processos estão relacionados ao cristal. Embora os rendimentos obtidos ainda sejam relativamente baixos em comparação com as tecnologias de produção de silício, principalmente devido à maior densidade de defeitos, existem vantagens significativas em termos de custos de produção, pois a temperatura de produção está entre 200°C e 500°C, que é muito inferior à das células de silício cristalino. Temperatura de fabricação até 1500°C. Outras vantagens são, por exemplo, que não se limitam a tamanhos padronizados, o desperdício de material é significativamente reduzido e, além disso, podem ser mais bem aproveitados para radiação de baixo nível e difusa (GREENPRO, 2004).

Devido ao potencial da tecnologia em reduzir os custos de produção, e porque sua maior desvantagem é o baixo rendimento, várias soluções têm sido desenvolvidas para superar as limitações inerentes aos filmes finos. Essas soluções incluem, por exemplo, sistemas de captação de luz por meio de camadas texturizadas que reduzem significativamente as perdas por reflexão de luz (FERRY et al., 2011; DIUKMAN e ORENSTEIN, 2011). 2011), ou sistemas de tratamento térmico para melhorar a cristalinidade e reduzir defeitos. A configuração estrutural das células de filme fino pode ser de vários tipos (DALAL e MADHAVAN, 2008; PLÁ et al., 2002), bem como células tandem de junção simples ou multi-junção.

Para células de junção simples, a estrutura p-i-n, por um lado, onde as células são depositadas em um substrato transparente (geralmente vidro) com uma camada condutora de óxido transparente (TCO), e a estrutura n-i-p, onde as células são depositadas em um metal opaco substrato, por outro lado, o substrato tem a dupla função de um contato elétrico traseiro e uma camada refletiva (LÓPEZ, 2010). Independentemente da estrutura, a luz deve sempre entrar através da camada p, porque a mobilidade dos elétrons é cerca de uma a duas ordens de grandeza maior do que a dos buracos, o que significa que os elétrons viajam da camada n para a camada p mais do que os buracos da camada p. A camada se move para a camada n. Portanto, a luz deve cair na camada p de modo que a taxa de coleta de lacunas seja igual à de elétrons.

#### 4.5 TELHAS SOLARES

As telhas fotovoltaicas podem cobrir todo o telhado ou apenas seções selecionadas. Geralmente são agrupados em módulos com aparência e propriedades de telhas comuns e substituem muitas telhas tradicionais, facilitando a instalação em telhados (JELLE, BREIVIK e RØKENES, 2012; JELLE e BREIVIK, 2012; JELLE, 2015). Os ladrilhos podem ter diferentes formatos, desde os mais planos (telhas) até os mais curvos (telhas). No entanto, telhas com propriedades curvas não fornecem a mesma área efetiva para uso de energia, mantendo a estética. Dependendo do nível desejado de eficiência e flexibilidade, os ladrilhos podem ser combinados com células de silício monocristalino, policristalino ou amorfo.

#### 4.6 ENERGIA SOLAR FLUTUANTE

Outra inovação importante é a estação solar flutuante, que ajuda a tornar os módulos fotovoltaicos mais acessíveis à medida que a energia solar fotovoltaica se torna mais popular. Como resultado, as plantas podem ser instaladas em diversas formas, podendo ser instaladas no solo, nos telhados de casas ou prédios, suspensas em cursos d'água, no mar (plataformas) e flutuando em lagos e reservatórios. Em vários países, o número de plantas fotovoltaicas flutuantes aumentou significativamente. Esta forma de instalação é particularmente vantajosa onde há restrições de área de terra. Segundo o mesmo autor, a Índia também possui uma grande usina, a usina de Kerala, com 50 MWp. China está construindo a maior usina flutuante do mundo com capacidade de 150 MWp (Bloomberg, 2017).

É necessário lembrar que as matrizes fotovoltaicas flutuantes ainda estão em desenvolvimento e pesquisa. Portanto, não há uma definição final quanto ao formato, configuração ou material mais adequado para os flutuadores, bem como a disposição ideal dos painéis, que funcionarão sob constante oscilação provocada pelas ondas e pelo vento. As vantagens e desvantagens desses sistemas flutuantes também estão sendo estudadas, pois dependem de onde serão aplicadas (JUCÁ, 2017).

As vantagens mais discutidas nos trabalhos realizados incluem: redução da temperatura de operação devido à proximidade ou mesmo contato com a água (dependendo do tipo de estrutura e painéis utilizados) (BAHAIDARAH et al., 2013); menor taxa de evaporação da água, tornando mais água no reservatório, permitindo que as usinas hidrelétricas gerem mais energia, ou mais água disponível para abastecimento urbano, irrigação de plantações e outras aplicações (TRAPANI e SANTAFÉ, 2013); devido à diminuição da luz que entra na água, resultando em menos fotossíntese em tal vegetação e,

portanto, menos floração de algas (SANTAFÉ et al., 2014). Além dessas vantagens já mencionadas em outros trabalhos, pode-se esperar também: custos menores (do ponto de vista de uma concessionária de energia ou água) para adquirir áreas em comparação com áreas urbanas onde os custos do terreno são altos; há infraestrutura (subestações, rede de conexão, equipe de manutenção) e licenças ambientais para áreas licenciadas (FERREIRA, 2016).

No entanto, este tipo de instalação tem alguns aspectos negativos a superar. Dentre os cuidados que devem ser tomados, podemos citar: O maior desafio de um sistema fotovoltaico flutuante é projetar a estrutura para que permaneça flutuante e resistente. As bóias precisam resistir a condições ambientais adversas (vento, correntes, acúmulo de algas e organismos em estruturas e inundações) (Sahu, Yadav & Sudhakar, 2016); Esses módulos estão próximos à água, portanto, devem suportar alta umidade (Ferrer-Gisbert et al., 2013); deve-se tomar cuidado para transportar energia com segurança para terra (Sahu, Yadav e Sudhakar, 2016); Alto investimento inicial adiciona alto custos de manutenção em relação às instalações tradicionais de Não pode ser instalado em locais com águas e marés turbulentas, como o oceano, que mudará constantemente a posição do módulo. (Kumar, Shrivastava, Untawale, 2015).

#### 4.7 SPIN CELLS

Existem muitas promessas revolucionárias, e os dois maiores obstáculos enfrentados pela indústria solar têm a ver com custo e eficiência. A V3 Solar promete revolucionar o mercado solar com sua nova tecnologia avançada de fiação chamada Spin Cell. Para competir com os produtores tradicionais de energia, uma pequena empresa desenvolveu uma tecnologia solar secreta. Essa empresa é a V3 Solar, e eles descobriram uma nova tecnologia de bateria giratória (REIS, 2015).

De acordo com o site Minha casa sola (2019), V3 Solar promete produzir energia a partir da energia solar a um custo menor e com maior eficiência, imagine o impacto emocionante que essa tecnologia pode ter em todo o setor de energia e, de certa forma, na humanidade. Com sede na Califórnia, a V3 Solar desenvolve a tecnologia spin-cell, que tem formato cônico em um painel fotovoltaico rotativo. A V3 Solar promete que a Spin Cell pode gerar energia solar 300% mais barata do que a gerada pelos modelos convencionais. Segundo a V3 Solar, o aparelho é mais eficiente na geração de energia a partir da luz solar. Uma célula de spin é basicamente um cone de vidro que cobre e gira em torno de uma célula fotovoltaica. O vidro concentra a energia solar em células fotovoltaicas em vários ângulos

diferentes para gerar eletricidade. Maior eficiência energética é alcançada mesmo quando o sol não está no ângulo ideal. A V3 Solar também disse que o dispositivo também é composto por sistemas de "eletrônica avançada".

A V3 Solar afirma que pode gerar 20 vezes mais energia com a mesma quantidade de silício que os painéis fotovoltaicos convencionais. O valor do quilowatt-hora gerado pela bateria giratória é de apenas 8 centavos, o que a empresa afirma ser 66% mais barato que os preços da eletricidade e 300% mais barato que o custo de outras tecnologias solares.

## 5 CONCLUSÃO

Neste trabalho são observadas as tendências de crescimento da energia solar fotovoltaica no Brasil e no mundo, com base na evolução do mercado ao longo dos últimos anos e no desenvolvimento de novas tecnologias que podem aumentar a eficiência da produção de energia, bem como tornar mais eficiente, mais barato e mais acessível às pessoas.

Nota-se que, nos últimos anos, o Brasil tem demonstrado grande interesse por essa fonte de energia e vem buscando expandir sua rede de produção de energia fotovoltaica explorando seu potencial natural, uma vez que existe uma grande quantidade de energia solar no país.

Cabe destacar que a eficiência das tecnologias atualmente utilizadas no mercado continua sendo uma barreira para a adoção mais robusta de fontes de energia solar fotovoltaica, fator que se mostra o principal impulsionador de maior interesse no desenvolvimento de energia fotovoltaica baseada na produção de energia fotovoltaica devido ao alto valor de produção.

Conclui-se que os incentivos fiscais e as políticas públicas adotadas pelos países ricos visam desenvolver e consolidar a penetração da energia fotovoltaica na matriz energética e manter suas indústrias de baterias. No entanto, o cenário se mostra animador diante de tantas inovações que surgiram nas últimas décadas, que aumentam positivamente a probabilidade de um cenário energético cada vez mais limpo e consciente em escala global.

Os avanços tecnológicos e a globalização trouxeram mudanças comportamentais para tornar o mercado cada vez mais competitivo. O crescimento da conscientização dos principais consumidores, principalmente relacionados a questões ambientais e práticas sustentáveis, está influenciando cada vez mais o processo de tomada de decisão para um determinado produto ou serviço. A adoção de práticas sustentáveis ganha, assim, um novo significado: é cada vez mais um fator de qualidade de vida e um diferencial em um mercado

consumidor altamente competitivo. Portanto, a tendência dos sistemas de geração de energia fotovoltaica é se difundir rapidamente, amplamente nacional e internacionalmente, a fim de serem utilizados em larga escala nas próximas décadas.



## REFERÊNCIAS

AVELAR, Henrique José et al. Software para monitoramento da curva de potência em painel solar utilizando microcontrolador PIC na cidade de Araxá. In: **IX Semana de Ciência & Tecnologia-CEFET-MG**. 2013.

BARBOSA, M. **PLACA SOLAR: Mono x Policristalina: Escolhendo painéis solares**. Central de sistema solar, edição- dezembro de 2021. Disponível em: <https://www.centraldesistemasolar.com.br/post/placa-solar-mono-x-policristalina>. Acessado em: 10 mar. 2022.

BAHAIDARAH, H., Subhan A., Gandhidasan P., Rehman S. Performance evaluation of a PV (photovoltaic) module by back surface water cooling for hot climatic conditions. *Energy*. vol.59, p445-453, 2013.

Bloomberg News 11/12/17. China starts world's biggest floating solar projects. Disponível em: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-12-11/china-three-gorges-starts-world-s-biggest-floating-solar-project>

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017 – ano base 2016. Brasília: Ministério das Minas e Energia, 2017.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Nota Técnica DEA 19/14. Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 2014.

Brian, A. G., Mark, C. H., 2003. Comparing organic to inorganic photovoltaic cells: theory, experiment, and simulation. *Journal of Applied Physics*, vol.93, n. 16, pp3605-3614.

CABRAL, Isabelle; VIEIRA, Rafael. Viabilidade econômica x viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro: uma abordagem no período recente. In: **III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. 2012.

CARVALHO, F. I. A. D.; ABREU, M. C. S. D.; CORREIA NETO, J. F. Financial alternatives to enable distributed microgeneration projects with photovoltaic solar power. *Revista de Administração Mackenzie*, São Paulo, v. 18, p. 120-147, jan./fev. 2017.

CENGIZ, M. S.; MAMIS, M. S. Price-efficiency relationship for photovoltaic systems on a global basis. *International Journal of Photoenergy*, Egito, ID 256101, p. [1-2], 2015.

DA SILVA, Fernando Rodrigues et al. Difusão da inovação tecnológica: um estudo sobre a difusão da energia elétrica fotovoltaica no Brasil. **Revista Tecnologia**, v. 40, n. 2, 2019.

DALAL, V. L. ; MADHAVAN, A. - Alternative designs for nanocrystalline silicon solar cells. *Journal of Non-Crystalline Solids*. Vol. 354, nº. 19–25 (2008), p. 2403–2406.

DIUKMAN, I. ; ORENSTEIN, M. - How front side plasmonic nanostructures enhance solar cell efficiency. *Solar Energy Materials and Solar Cell*. Vol. 95, nº. 9, p. 2628–2631, 2011.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética – Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica. Ano V. Número 57 – Maio de 2012.

FADIGAS, E.A.F. **A Dimensionamento de fontes fotovoltaicas e eólicas com base no índice de perda de suprimento e sua aplicação para atendimento à localidades isoladas.** Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013, 162p.

FERREIRA, R.S.A. Apontamentos de defesa de Tese 25/02/2016. Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas-SP.

Ferrer-Gisbert, C. et al. A new photovoltaic floating cover system for water reservoirs. *Renewable Energy*, v.60, p.63-70, dez. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2013.04.007>.

FERRY, V. E. [et. al.] - Optimized Spatial Correlations for Broadband Light Trapping. *Nano Letters*. Vol. 11 (2011), p. 4239–4245.

GREENPRO - Energia Fotovoltaica - manual sobre tecnologias, projecto e instalação. [s. n.], 2004. Disponível em: <https://www.bing.com/search?q=GREENPRO&cvid=ce3c6f3fe6904fb6a5763b6590b0bee&aqs=edge..69i57j69i59i45018.123j0j1&pglt=673&FORM=ANNTA1&PC=U531>. Acessado em: 27 abr. 2022.

JELLE, Bjørn Petter. Building integrated photovoltaics: A concise description of the current state of the art and possible research pathways. **Energies**, v. 9, n. 1, p. 21, 2015.

JELLE, Bjørn Petter; BREIVIK, Christer. State-of-the-art building integrated photovoltaics. **Energy Procedia**, v. 20, p. 68-77, 2012.

JELLE, Bjørn Petter; BREIVIK, Christer; RØKENES, Hilde Drolsum. Building integrated photovoltaic products: A state-of-the-art review and future research opportunities. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v. 100, p. 69-96, 2012.

Jiang, M.; Wu, J.; Lan, F.; Tao, Q.; Gao, D.; Li, G. Enhancing the performance of planar organo-lead halide perovskite solar cells by using a mixed halide source. *J. Mater. Chem. A* 2015, 3, 963.

JUCÁ, João Victor Fontenele. Análise de viabilidade econômica de um sistema de geração de energia solar fotovoltaica flutuante conectado à rede. 2017. 85 f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

Komp, R. J. Practical photovoltaics: eletricity from solar cells, 3a. ed., aatec publications: Ann Arbor, 2001.

Kumar, V., Shrivastava, R.I., Untawale, S.p.. Solar Energy: Review of Potential Green & Clean Energy for Coastal and Offshore Applications. *Aquatic Procedia*, v. 4, p.473-480, 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.062>.

LAGRIMANTE, Danilo Miranda et al. Estudo da aplicação de energia fotovoltaica. **Revista Pesquisa e Ação**, v. 4, n. 1, p. 162-170, 2018. Disponível em: <https://www.retecejr.com/single-post/2019/05/10/Evolucao-das-placas-fotovoltaicas>. Acessado em: 10 mar. 2022.

LIMA, J; ANTÔNIO, M. **Evolução das placas solares fotovoltaicas**: uma análise histórica. CJr energia, edição-Maio de 2019.

LÓPEZ, F. V. - Dispositivos Fotovoltaicos de Capa Delgada a Baja Temperatura. Universitat de Barcelona, 2010. Dissertação de Doutorado. Luque, A., Hegedus, S., 2003. Handbook of photovoltaicscience and engineering. John Wiley and Sons, pp11-14.

MACHADO, Carolina T.; MIRANDA, Fabio S. Energia Solar Fotovoltaica: uma breve revisão. **Revista virtual de química**, v. 7, n. 1, p. 126-143, 2015.

MAKRIDES, G. et al. Energy yield prediction errors and uncertainties of different photovoltaic models. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, v. 21, n. 4, p. 500-516, 2013. ISSN 1099-159X.

Mali, S. S.; Shim, C. S.; Patil, P. S.; Hong, C. K. Once again, organometallic trihalide perovskites: Efficient light harvester for solid state perovskite solar cells. *Materials Today* 2015, 18 (3), 172.

NASCIMENTO, A. S. **Energia solar fotovoltaica: Estudo e viabilidade no nordeste brasileiro**. 2016. Dissertação (Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal da Paraíba (UFPB), 2016.

NATÁRIO, J. P. M. **Sistemas fotovoltaicos: Análise comparativa de programas de modelação de energia**. 2017. Dissertação (Programa de pós-graduação em Engenharia de Energias) Universidade de Tás-os-Montes e Alto Douro, 2017.

PLÁ, J. [et. al.] - Homojunction and heterojunction silicon solar cells deposited by low temperature-high frequency plasma enhanced chemical vapour deposition. *Thin Solid Films*. Vol. 405, nº. 1-2 (2002), p. 248-255.

Rand, B., Richter, H., 2014. *Organic Solar Cells: Fundamentals, Devices, and Upscaling*. Taylor and Francis Group, pp. 3-49.

PORTAL SOLAR. **História e origem da Energia Solar**. 1º.ed. São Paulo-SP, 2021.

PORTAL DO SOL. **Quanto custa a Energia solar fotovoltaica**. Disponível em: <http://www.portalsolar.com.br/quanto-custa-a-energia-solar-fotovoltaica.html>>. Acesso em 11 mar. 2022.

REIS, Pedro. **Spin Cell promete revolucionar a energia solar**. [S. l.], 13 dez. 2015. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/spin-cell-promete-revolucionar-a-energia-solar/>. Acesso em: 12 abr. 2022.

ROCHA, Camilo. **As dificuldades para a expansão da energia solar no Brasil**. Nexso Jornal, 2018. Disponível em: As dificuldades para a expansão da energia solar no Brasil. Acesso em: 12 abr. 2022.

Sahu, A., Yadav, N., Sudhakar, K.. Floating photovoltaic power plant: A review. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, v. 66, p.815-824, dez. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.08.051>.

SAMPAIO, P. G. V.; GONZÁLEZ, M. O. A. Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 74, p. 590-601, 7// 2017. ISSN 1364-0321.

SANTAFÉ, Miguel Redón, SOLER, Juan Bautista Torregrosa, ROMERO, Francisco Javier Sánchez, GISBERT, Pablo S. Ferrer, GOZÁLVEZ, José Javier Ferrán, GISBERT, Carlos M. Ferrer. Theoretical and experimental analysis of a floating photovoltaic cover for water irrigation reservoirs. *Energy*. vol.67, p.246-255, 2014.

SANTANA, R. J. - Desenvolvimento de filme fino de a-Si:H por pulverização catódica para aplicações fotovoltaicas. UFOP, 2011. Dissertação de Mestrado.

Scharber, M. C., Sariciftci, N. S., 2013. Efficiency of bulk-heterojunction organic solar cells.

Schiermeier, Q.; Tollefson, Jeff.; Scully, T.; Witze, A.; Morton, O. Electricity without carbon. *Nature* 2008, 454, 816.

SERAFIM, GUILHERME et al. PANORAMA MUNDIAL E BRASILEIRO SOBRE ENERGIA SOLAR: ESTUDO DE REVISÃO.

Sítio da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica – Proposta para inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf>>.

Sítio do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito – Perguntas Frequentes – FAQ Solar. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/content.php?catid%5B%5D=2&catid%5B%5D=5>>.

Song, T.-B.; Chen, Q.; Zhou, H.; Jiang, C.; Wang, H.-H.; Yang, Y. (M.); Liu, Y.; You, J.; Yang, Y. Perovskite solar cells: film formation and properties. *J. Mater. Chem. A* 2015, 3, 9032.

Sum, T. C.; Mathews, N. Advancements in Advancements in perovskite solar cells: photophysics behind the photovoltaics. *Energy Environ. Sci.* 2014, 7, 2518.

TRAPANI, K. and SANTAFÉ, M.R., A review of floating photovoltaic installations: 2007–2013. *Prog. Photovolt: Res. Appl.* (2014).

Tsoutsos, Theocharis; FRANTZESKAKI, Niki; GEKAS, Vassilis. Environmental impacts from the solar energy technologies. *Energy Policy*, v. 33, n. 3, p.289-296, fev. 2005. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s03014215\(03\)00241-6](http://dx.doi.org/10.1016/s03014215(03)00241-6).

VALLÊRA, Antônio M.; BRITO, Miguel Centeno. Meio século de história fotovoltaica. **Gazeta de Física**, v. 1, n. 2, p. 17, 2006.

ZHAO, Z. [et. al.] - Nanocrystalline silicon thin films deposited by high-frequency sputtering at low temperature. *Solar Energy Materials and Solar Cells*. Vol. 86, nº. 1 (2005), p. 135–144.

Visual PVC. Placa de Sinalização em PVC (2022). Disponível em: <https://www.visualpvc.com.br/placa-de-sinalizacao-em-pvc-w19>. Acessado em: 27 abr. 2022.