

PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA NO SEGMENTO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA: ANÁLISE DA TECNOLOGIA DE CÉLULAS SOLARES

João Alexandre Brito de Jesus – brito_alexandre2@hotmail.com

Programa de Pós-graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação – Instituto Federal da Bahia

Núbia Moura Ribeiro – nubiamr.ifba@gmail.com

Programa de Pós-graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação – Instituto Federal da Bahia

Marcelo Santana Silva – profmarceloifba@gmail.com

Programa de Pós-graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação – Instituto Federal da Bahia

Marcio Luis Valença Araújo – maraujo.valenca@gmail.com

Programa de Pós-graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação – Instituto Federal da Bahia

Resumo — Pesquisas evidenciam o aumento da participação das energias renováveis na matriz elétrica mundial. No Brasil, além das fontes existentes a seguir: hidrelétrica, eólica e biomassa, observa-se um crescimento da geração de energia solar fotovoltaica. Neste sentido, foi elaborado um levantamento das tecnologias existentes em bases de patentes com intuito de identificar quais são as tecnologias disponíveis para células solares e seus quantitativos para verificar o desenvolvimento tecnológico e a inovação que chega ao mercado. Tais dados indicam o desenvolvimento de pesquisas acadêmicas e produção de tecnologia neste segmento, essas informações podem contribuir para produzir inovação tecnológica e diferencial competitivo para o setor energético e produtivo do Brasil. Os resultados apontam um aumento gradual de eficiência das células e potência dos módulos. A metodologia utilizada tem abordagem quali-quantitativa, com objetivo exploratório, iniciou com o estudo de mercado realizado pelo Serviço Brasileiro de Apoio à micro e Pequenas Empresas (SEBRAE/BA), de modo complementar, usou procedimentos de busca em bases de patentes e consulta de documentos científicos. Os dados encontrados ratificam o elevado número de documentos desta tecnologia em termos de famílias de patentes, e apesar do quantitativo total ser diferente, apontam comportamentos similares nas duas bases patentárias no número de famílias de patentes por código de classificação. Para estudos posteriores, foi sugerido uma comparação com os resultados obtidos em outras bases patentárias, para que sejam cruzados aos encontrados nesta pesquisa. Além das invenções acerca de células solares, é perceptível o surgimento de depósitos de patentes envolvendo outras aplicações como telhas fotovoltaicas.

Palavras-chave — Célula Solar, Energia Fotovoltaica, Inovação Tecnológica, Prospecção Tecnológica.

Abstract — Research shows an increase in the share of renewable energies in the world electrical matrix. In Brazil, in addition to the following sources: hydroelectric, wind and biomass, there is an increase in the generation of photovoltaic solar energy. In this sense, a survey of existing technologies based on patents was prepared in order to identify which technologies are available for solar cells and their quantitative. Such data indicate the development of academic research and technology production in this segment, this information can contribute to producing technological innovation and competitive differential for the energy and productive sector in Brazil. The results point to a gradual increase in the efficiency of the cells and the power

of the modules. The methodology used has a qualitative and quantitative approach, with an exploratory objective, it started with the market study carried out by the Brazilian Micro and Small Business Support Service (SEBRAE / BA), and in a complementary way, it used search procedures based on patents and consultation of scientific documents. The data found ratify the high number of documents of this technology in terms of patent families, and although the total amount is different, they point to similar behaviors in the two pantyhose bases in the number of patent families per classification code. For a more comprehensive study in a next step, a comparison with the results obtained in other patent bases was suggested, so that they are crossed with those found in this research. In addition to inventions about solar cells, the appearance of patent deposits involving other applications such as photovoltaic roof tiles is noticeable.

Keywords — Solar Cell, Photovoltaic Energy, Technological Innovation, Technological Prospecting.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a perspectiva de sustentabilidade e da busca de outras alternativas para geração de energia mais limpa e de modo mais eficiente, o setor de energia solar fotovoltaica apresenta um crescimento significativo atestado pelos dados de agências reguladoras, órgãos de pesquisa, associações setoriais e empresas do ramo, Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR, 2021). Os estudos referentes aos impactos ambientais e sociais, combinados com o aumento em investimentos setoriais e redução de custos com compra de equipamentos, revelam o potencial global na utilização de energias oriundas de fontes renováveis e no surgimento dos empregos verdes, simultaneamente com o alcance das metas internacionais da agenda 2030 da Organização das Nações Unidas, que estima dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética (ONU, 2015).

O estudo da cadeia do sistema produtivo realizado pela unidade baiana do Serviço Brasileiro de Apoio à micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) no ano de 2017, é um estudo de mercado que efetua um mapeamento deste segmento na Bahia, e traz, dentre outros aspectos, as tendências de inovação tecnológica do setor com base em um estudo regional da cadeia produtiva desde a fabricação à comercialização e os cenários percebidos pelo empresariado do ramo. O estudo aponta as principais perspectivas tecnológicas relacionadas à energia fotovoltaica, a saber: Células Solares, Materiais, Painéis, Silício Cristalino.

O Brasil tem potencial para desenvolver tecnologia e gerar este tipo de energia, devido à sua grande extensão territorial e às altas taxas de irradiação solar. Considerando as taxas de irradiação solar no país, o Atlas Brasileiro de Energia Solar (2017), informa que diariamente incide entre 4.5 kWh/m² a 6.5 kWh/m². A região nordeste detém a maior média (6 kWh/m² por dia), com baixa diferenciação de incidência durante o ano, desta forma, observa-se o potencial a ser explorado.

O setor de energia fotovoltaica somando geração centralizada e distribuída no Brasil, atraiu investimentos da ordem de 13 bilhões em 2020 (ABSOLAR, 2021). Segundo a ABSOLAR (2021), na matriz elétrica do Brasil, o setor solar fotovoltaico ocupa o 7º lugar em potência instalada de geração centralizada, o que representa apenas 1,6% do total aproximadamente (3000MW). Somando as duas modalidades, já ultrapassa a marca de 3% do total da matriz elétrica do país. A Bahia ocupa o 2º lugar no ranking de geração centralizada (2.998MW) e o 10º lugar na modalidade geração distribuída (156MW).

Neste cenário de expansão de mercado nacional no segmento, empresas ofertam módulos fotovoltaicos tendo como estratégia de vendas, o diferencial tecnológico de maior eficiência dos módulos (isto se refere a taxa de conversão da luz solar em energia elétrica, algo em torno de 15 e 20%), e também a potência dos mesmos, informada em Watts (CARVALHO *et al.*, 2014). Sendo estas, algumas das principais características no momento da escolha destes equipamentos para compor um sistema fotovoltaico seja de pequeno ou grande porte.

A utilização da tecnologia fotovoltaica como estratégia para obtenção de energia renovável de modo ambientalmente sustentável e com impacto social positivo tende ser uma crescente ao redor do mundo e também no Brasil, isto é perceptível, quando a partir das análises de patentes, verifica-se que os países mais desenvolvidos estão aumentando o número de depósitos desta tecnologia. Isto pode ser o reflexo do uso desta

fonte em suas matrizes energéticas ao longo dos últimos anos (SACRAMENTO *et al.*, 2020). À medida que a sociedade moderna aumenta o uso da eletricidade para atender demandas residenciais, industriais, veículos, entre outros, a energia solar fotovoltaica pode apresentar uma boa opção em relação à viabilidade técnico-econômica e socioambiental (FANG *et al.*, 2019).

Levando em conta o que foi exposto, esta pesquisa apresenta um estudo do número de documentos de patentes sobre células solares, encontrados em duas bases de dados, The Lens e PatentInspiration, de acordo com o segmento tecnológico indicado por meio de sistemas de classificações de patentes, e tem como objetivo de traçar um comparativo entre os avanços científicos em células solares e os produtos comercializados com esta tecnologia, para saldar a lacuna entre o desenvolvimento tecnológico e a inovação que chega ao mercado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O efeito fotovoltaico ocorre através da conversão da luz (radiação eletromagnética) em eletricidade. A unidade principal para este processo é a célula fotovoltaica (célula solar), dispositivo produzido com material semicondutor (EINSTEIN, 1965). Conforme Carvalho *et al.* (2014) para a fabricação destas células, o material mais utilizado é o silício cristalino. Pesquisas como do autor Gadelha *et al.* (2021), que através da twistrônica, identifica a alteração das propriedades elétricas dos materiais em suas nanoestruturas, podem interferir diretamente nesta tecnologia. Neste sentido, outra alternativa ao silício cristalino são células solares de perovskita, que acumulam como vantagem o desempenho fotoelétrico e baixo custo de fabricação (LIU *et al.*, 2019).

Segundo Batista e Lucena (2018), as patentes relacionadas às tecnologias cresceram em número de depósito no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), num total de 491 patentes relacionadas ao tema num período de 43 anos (de 1974 a 2017), com o ponto máximo de depósitos por ano em 2010. Ao acompanhar o número de depósitos de patentes na base do Escritório Europeu (Espacenet) entre 2000 e 2017, é visível um crescimento considerável a partir do ano de 2015, atingindo o ponto máximo em 2017, com mais que o dobro de depósitos em relação ano anterior, representando 286 depósitos de patentes, do total 500 depósitos no horizonte temporal (2000 e 2017) (BATISTA; LUCENA, 2018).

De acordo com Sacramento *et al.* (2020), estudos indicam o crescimento nos últimos 10 anos do número de patentes em tecnologias relacionadas às fontes de energia limpas/renováveis, o que inclui dentre as outras fontes, a energia solar fotovoltaica. Nesta pesquisa, os autores demonstram a quantidade de famílias de patentes relacionadas a energia solar e a participação predominante de países como China, Estados Unidos e Japão. Um outro dado importante é o comparativo do cenário exterior com o cenário nacional, quanto ao quantitativo geral de patentes depositadas, evidenciando a atuação incipiente do Brasil (inferior a 1%).

Em relação às regiões do território brasileiro, algumas considerações são pertinentes ao analisar o potencial de inovação tecnológica no setor fotovoltaico na Bahia, quanto à geografia, o estado tem área de 564.760km², com o maior litoral do Brasil, aproximadamente 1200km, e população de aproximadamente 14,9 milhões de habitantes (IBGE, 2021). As características geográficas e geológicas da Bahia favorecem setores produtivos, como agronegócios, exploração e beneficiamento de minerais, indústria de transformação através do polo petroquímico e geração de energia, sendo um dos líderes em geração solar centralizada, que consiste em grandes usinas em parques com capacidade superior a 5 MegaWatt, geralmente com painéis instalados no solo, construídas a partir da concessão de leilões de energia (ANEEL, 2015).

Para Brito e Silva (2018), o investimento em sistemas fotovoltaicos de geração distribuída conectados à rede (SFCR) são vantajosos tanto para microgeração (planta de capacidade de até 75kW) quanto para minigeração (entre 75kW e 5MW), diferindo apenas no tempo de retorno, uma vez que, quanto maior o sistema, maior é capacidade de produção de energia, além de reduzir o preço dos equipamentos, o que sinaliza a viabilidade econômica desta tecnologia a médio e longo prazo, aumentando a participação da mesma no mercado.

Conforme a pesquisa de Costa (2016), a inovação tecnológica para o setor de energia na Bahia pode

proporcionar eficiência energética e sustentabilidade, com impacto ambiental reduzido. Considerando a capacidade tecnológica dos sistemas técnico físicos, pessoal, sistema organizacional, produtos e serviços, o autor destaca o potencial para energia solar térmica e fotovoltaica, devido aos índices de radiação ao longo do território. Para o autor, o maior potencial para o seguimento fotovoltaico está na aplicação da geração distribuída (empreendimentos particulares com placas instaladas) e projetos de instalação elétrica de circuitos independentes de tensão de 24VCC, dispensando o inversor e diminuindo os custos. Desta forma, os módulos podem ser utilizados, por exemplo, para bombeamento agrícola, mitigando problemas com transmissão para regiões mais remotas (COSTA, 2016).

3 METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa utilizada tem abordagem quali-quantitativa, com objetivo exploratório, e baseou-se em conteúdos disponíveis em sites especializados do segmento fotovoltaico e de empresas fabricantes de tecnologia, de modo complementar ao estudo da cadeia produtiva do setor fotovoltaico realizado pelo SEBRAE (2017). Este estudo indica as principais perspectivas tecnológicas deste segmento. Dentre elas, destaca-se as células solares, pois estas são a tecnologia principal para produção dos módulos (comercialmente chamados de painéis ou placas) para captação e conversão da energia solar em eletricidade.

Para realização das buscas, foram consultadas as bases de dados de patentes The Lens e PatentInspiration. A escolha dessas plataformas está fundamentada na abrangência internacional delas, na possibilidade de acesso gratuito, pelo menos em parte dos recursos da base, e na existência de filtros específicos para a busca, tratamento de dados e geração de gráficos, o que torna a plataforma com interface de apresentação mais rápida para o usuário do que outras bases. A base de dados PatentInspiration tem gráficos restritos ao acesso mediante pagamento. A base de dados The Lens tem maior número de gráficos e filtros disponíveis para acesso gratuito, porém seu banco de dados aparenta ser menos atualizado.

Para realização das buscas, a estratégia utilizada foi a escolha das palavras-chave: Células Solares (com sua respectiva tradução para inglês “Solar Cell”) no campo de título, empregando operador boleano AND: Solar AND Cell, sem uso de radical das palavras, associado com códigos de Classificação Cooperativa de Patentes (CPC): H01L31, Y02B10/12, Y02E10/50, Y02P70/521; e com códigos de classificação Internacional de Patentes (IPCR): H01L31, H01L51/00, H02J7/00, F21S9/03. O corte temporal aplicado foram os documentos depositados de 01/01/2000 a 01/01/2021.

4 DISCUSSÃO E RESULTADOS

Considerando notícias veiculadas em mídias especializadas do setor, revistas técnicas e sites oficiais de empresas fabricantes de tecnologias fotovoltaicas, nos últimos 2 anos, muitos avanços sobre o tema eficiência de célula e potência de módulos estão sendo apresentadas, o que evidencia o lançamento no mercado de novas tecnologias. Conforme Liu *et al.* (2019), um exemplo desta busca é a pesquisa sobre células solares de perovskita de alto desempenho, a célula solar deste material ganhou notoriedade devido ao seu processo de produção econômico e ótimo desempenho fotoelétrico.

Sobre tudo, é importante salientar que neste caso, a eficiência se refere a quantidade de fótons que são convertidos em elétrons ou seja, a cada fóton, que interage com a célula uma taxa percentual de elétrons é fornecida. Exemplos como o da Japonesa Solar Frontier, ocorrem de modo mais frequente. A empresa anunciou em janeiro de 2019 que teria através de suas pesquisas, alcançado 23,35% de eficiência de conversão em uma célula de 1cm² (SOLAR FRONTIER, 2019).

Neste mesmo ano, a empresa Chinesa BYD, que também produz módulos em Campinas/SP, lançou no mercado do Brasil produtos desenvolvidos totalmente em território nacional. Os módulos, que utilizam células monocristalinas bifaciais, chegando aos 22% de eficiência celular e 481W de potência (BYD, 2019). Na figura 1. Está apresentado um exemplo de módulo fotovoltaico monocristalino.

Figura 1. Módulo fotovoltaico de silício monocristalino



Fonte: BYD (2021)

Em Janeiro de 2020, o Portal Energia (2020), divulgou que uma empresa japonesa adquiriu direitos de fabricação de células solares de perovskita CIGS de camada fina com 23,26% de eficiência. desenvolvida pela Helmholtz Zentrum Berlin (HZB) e Universidade de Tecnologia de Kaunas da Lituânia. A tecnologia CIGS (cobre, índio, gálio e selênio) é muito aplicada para os filmes finos e fabricação de telhas fotovoltaicas.

Ainda no mês de Janeiro, foi publicado na revista Nature Chemistry um estudo da Universidade de Ohio no qual os pesquisadores conseguiriam 50% a mais de eficiência do que as células fotovoltaicas atuais, através da geração de energia a partir de todo o espectro visível da luz solar. De acordo com Whittemore et al. (2020), isto inclui desde as ondas mais altas como o ultravioleta até as radiações mais baixas, próxima à luz infravermelha.

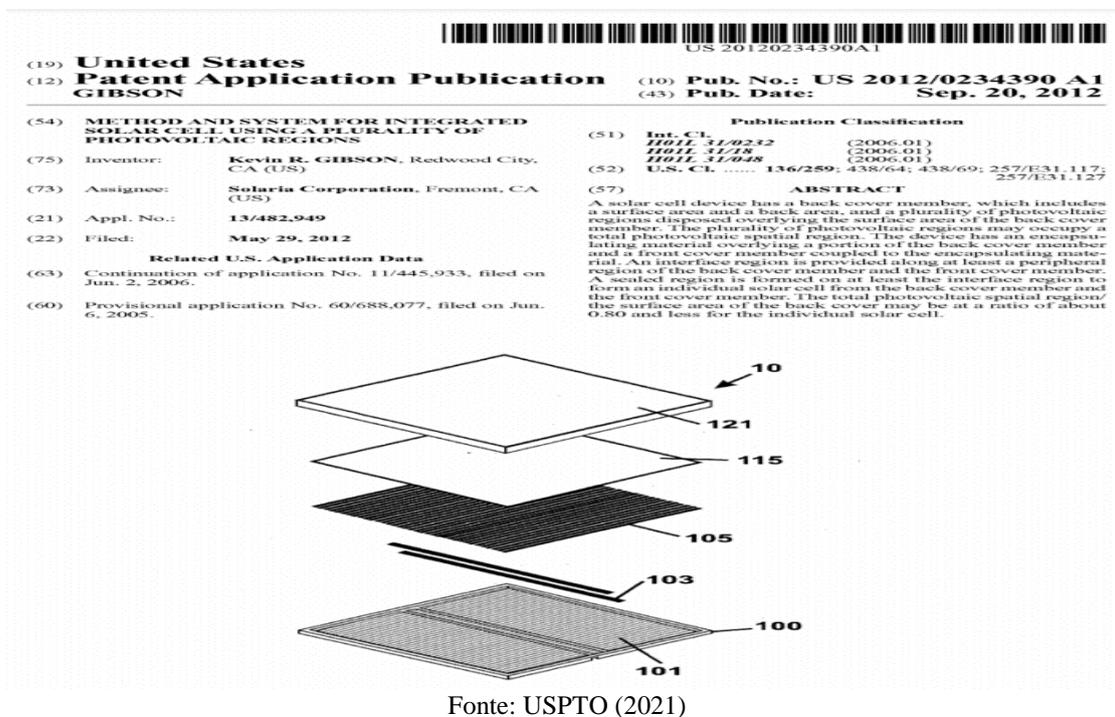
No mês de maio de 2020, foi publicado o estudo de Elshorbagy *et al.* (2020), que demonstra a configuração de uma “metassuperfície” que aumenta a corrente fotogerada, através de uma tecnologia de revestimento das células solares por uma nanoestrutura, pode haver um ganho de eficiência de até 40%. Neste mesmo mês, a empresa BYD lançou 2 novos produtos: o módulo Monocristalino M7K 36, produzido e comercializado no Brasil com 20,2% de eficiência e potência nominal que vai de 380 a 400W, e o módulo Monocristalino Half Cell MIK- 36, com potência de 380 a 400W e eficiência de 19,95%.

Em Julho, a revista Taiyang News anunciou sua conferência virtual: módulos solares 500W + “Como aumentar a energia do painel fotovoltaico para o próximo nível”. O Evento patrocinado pelos líderes do mercado mundial como: Longi, Jinko Solar, JA Solar, Trina Solar, Risen e Sunpower. Nesta conferência, foi apresentado ao mercado global módulos com potência superior a 500W, chegando a 615W (TAIYANG NEWS, 2020).

Agosto de 2020, foi o mês da publicação de uma importante descoberta da Universidade Aalto, na Finlândia. Pela primeira vez, uma célula fotovoltaica excedeu o limite de 100% de eficiência, através de um fotodetector feito com silício negro. Ou seja, um fóton que entra gera aproximadamente 1,3 elétrons. Segundo Garin *et al.* (2020), a eficiência quântica pode alcançar taxa superior a 130% e ser aplicada a biotecnologia e processos industriais. A plataforma da Universidade Cornell, situada em Nova Iorque nos Estados Unidos, informa que a última revisão do estudo foi em outubro do mesmo ano. De acordo com os autores, o próximo passo é criar uma empresa subsidiária da universidade de Aalto para comercializar as células fotovoltaicas.

Com o propósito de ilustrar, a figura 2 mostra a folha de rosto do depósito de uma patente realizado no escritório de um dos países que mais recebe pedidos de patentes nesta área: os Estados Unidos.

Figura 2. Resumo da tecnologia de célula solar



Na Figura 2 é possível verificar que se trata de um pedido de patente de um produto e de um processo. A invenção é intitulada método e sistema para célula solar integrada usando pluralidade de regiões fotovoltaicas, o pedido foi depositado em 2012 pela empresa Solaris Corporation, tendo como inventor Kevin R. Gibson. Na folha de rosto do pedido de patente, pode-se ver também o resumo da invenção.

No âmbito da discussão apresentada aqui, os dados a seguir servem para analisar se existe alguma correlação entre as novas descobertas no ambiente acadêmico, os novos produtos ofertados ao mercado dentro do segmento com o número de depósitos de patentes referentes as tecnologias fotovoltaicas para células solares. Ao realizar a busca na base de dados The Lens, utilizando a estratégia descrita na metodologia, foram recuperados 284.236 documentos de famílias de patentes.

O Quadro 1 indica o significado dos códigos de classificação em termos de família de patentes, sendo que cada família representa uma mesma invenção. No que se refere à delimitação temporal, a busca de documentos patentes delimitou o recorte temporal de documentos depositados de 01/01/2000 a 01/01/2021.

Quadro1. Códigos de classificação de patentes

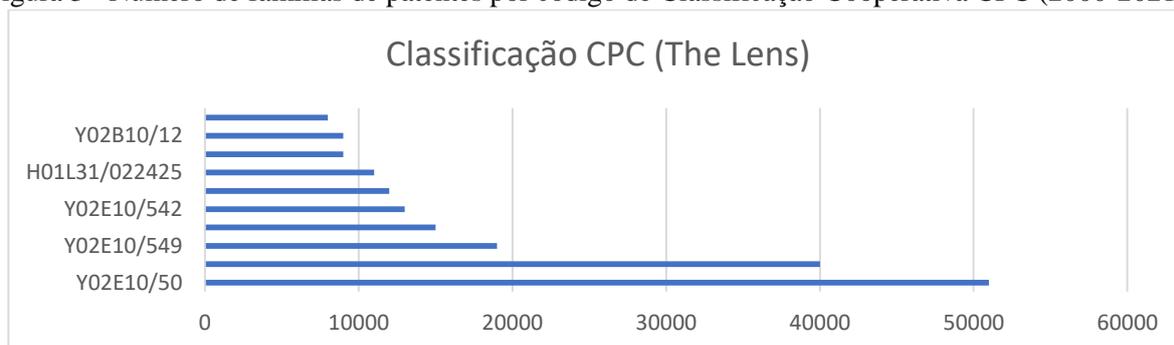
Códigos de Classificação Cooperativa de Patentes (CPC)	
H01L31	Dispositivos semicondutores sensíveis à radiação infravermelha, e especialmente adaptados para a conversão da energia dessa radiação em energia elétrica
Y02B10/12	Sistemas de telhado para células fotovoltaicas
Y02E10/50	Energia fotovoltaica [PV]
Y02P70/521	Geradores fotovoltaicos
Códigos de Classificação Internacional de Patentes (IPC)	
H01L31	Dispositivos semicondutores sensíveis à radiação infravermelha, e especialmente adaptados para a conversão da energia dessa radiação

	em energia elétrica
H01L51/00	Dispositivos de estado sólido usando materiais orgânicos como parte ativa ou usando uma combinação de materiais orgânicos com outros materiais como parte ativa; Processos ou aparelhos especialmente adaptados para a fabricação ou tratamento de tais dispositivos, ou de suas partes
H02J7/00	Disposições de circuitos para carregar ou despolarizar baterias ou para fornecer cargas de baterias
F21S9/03	Recarregáveis por exposição à luz

Fonte: Elaborado pelo autor

O número de famílias de patentes entre 2000 e 2021 segundo os códigos de Classificação Cooperativa é apresentado na Figura 3. Os códigos de classificação cooperativa do grupo Y02E10/50 e Y02B10/12, relativo à energia fotovoltaica, aparecem frequentemente nos documentos recuperados, nestes códigos estão as telhas fotovoltaicas. Dentro da categoria Y02E10/50, estão as células solares de diversos materiais, como por exemplo: silício policristalino (Y02E10/546) e silício monocristalino (Y02E10/547). Estas tecnologias são aplicadas nos módulos convencionalmente comercializados, indicados no estudo do SEBRAE/BA.

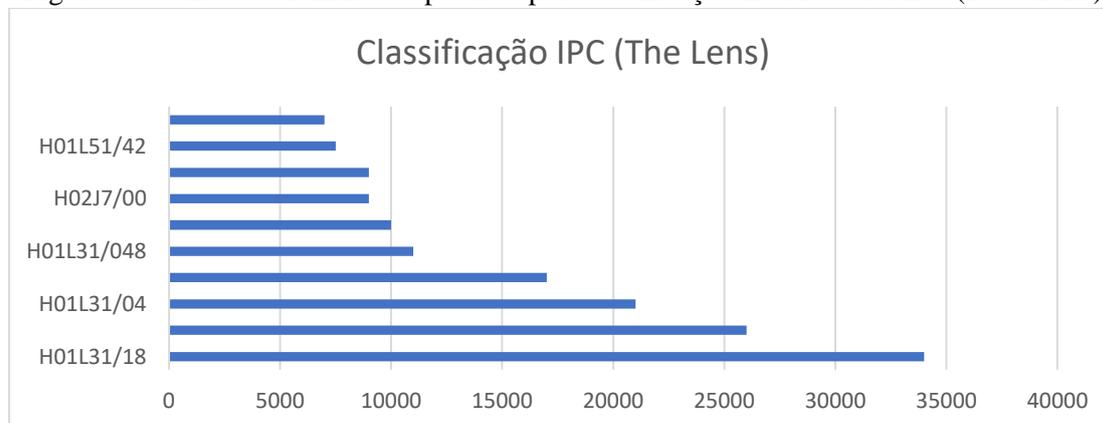
Figura 3 - Número de famílias de patentes por código de Classificação Cooperativa CPC (2000-2021)



Fonte: The Lens (2021)

Na Figura 4, é exposto o número de famílias de patentes por Classificação Internacional de Patentes. É perceptível que o código de grupo da Classificação Internacional H01L31, que se refere à dispositivos semicondutores sensíveis à radiação infravermelha compreendendo um painel ou um conjunto de células fotovoltaicas, aparece frequentemente nos documentos recuperados.

Figura 4 - Número de famílias de patentes por Classificação Internacional IPC (2000-2021)

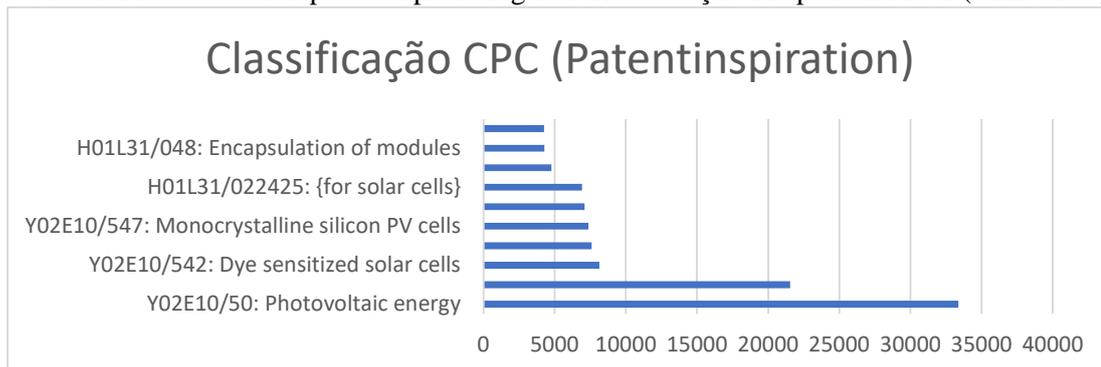


Fonte: The Lens (2021)

Ao realizar a busca na base de dados PatentInspiration, utilizando a estratégia descrita na metodologia foram recuperados 136.452 documentos de família de patentes.

A Figura 5 apresenta o número de publicações de famílias de patentes sobre o tema num período 20 anos, entre 2000 e 2021. Observa-se que apesar da busca de dados na base PatentInspiration retornar menos resultados (cerca de 48%) em relação à base The Lens, existe uma representatividade desta amostra em comparação ao quantitativo no mesmo horizonte da série histórica. Mais uma vez ocorre o aparecimento da tecnologia de silício cristalino citada no estudo de mercado do SEBRAE.

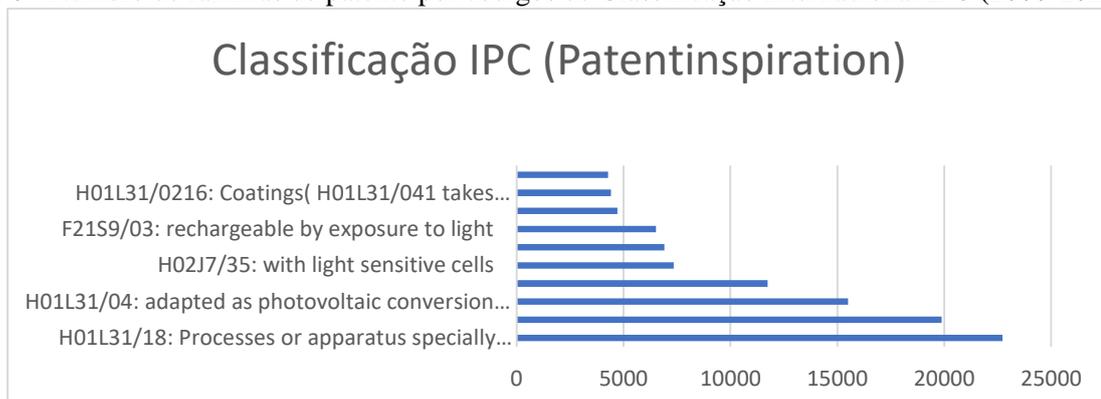
Figura 5- Número de famílias de patentes por código de Classificação Cooperativa CPC (2000-2021)



Fonte: PatentInspiration (2021)

Na Figura 6, estão dispostos os resultados para número de depósitos de patentes em relação aos códigos de Classificação Internacional de Patentes (IPC). Esses códigos são classificados em seções de A à H, sendo a seção H referente à Energia, e os códigos desta seção predominam na figura a seguir. O código de grupo F21S9, que também é visto, refere-se a tecnologias recarregáveis pela exposição à luz solar.

Figura 6 - Número de famílias de patente por códigos de Classificação Internacional IPC (2000-2021)



Fonte: PatentInspiration (2021)

5 CONCLUSÃO

De acordo com o levantamento realizado nas bases de dados de patentes The Lens e PatentInspiration, é possível inferir que, apesar dos dados da base PatentInspiration recuperar um quantitativo de documentos inferior ao da base The Lens para a estratégia de busca utilizada, os perfis dos dados obtidos são similares em relação ao número de famílias de patentes por código de classificação (CPC e IPC).

Em termos de gestão da inovação e inteligência competitiva, é perceptível a crescente produção de

tecnologia neste segmento no que se refere a células solares ratificando as tendências apontadas no estudo do SEBRAE/BA, este panorama pode auxiliar pesquisas futuras orientadas a suprir demandas da cadeia produtiva. É importante salientar que é necessária uma busca específica dos outros itens apontados pelo estudo de mercado realizado pelo SEBRAE/BA. A fim de aumentar o entendimento destas tecnologias e seus avanços no setor produtivo do Estado da Bahia, é relevante o estímulo e o fomento à pesquisa deste segmento.

Uma outra análise sob a perspectiva de mercado, é que existe uma corrida para ofertar painéis com maior eficiência de célula e consequentemente módulos com maior potência, desta forma os fabricantes apresentam produtos mais sofisticados e possivelmente mais caros, usando estas características tecnológicas como diferencial competitivo. Este pode ser um dos motivos para o aumento dos pedidos de patente, considerando que estes produtos, processos e suas aplicações estão sendo lançados comercialmente chegando ao consumidor e fomentando novos negócios, logo, observa-se um potencial de inovação na tecnologia de células solares, e consequentemente uma oportunidade para desenvolvimento tecnológico na Bahia.

Neste artigo foi verificado uma tendência na confecção de outros dispositivos aplicando células solares, indicando aplicações arquitetônicas diferentes de módulos, como as telhas fotovoltaicas. Recomenda-se que posteriormente sejam realizadas novas pesquisas verificando a correlação destes resultados com outras bases de patentes. Uma outra sugestão, é a aplicação filtros como: documentos de patente depositada, concedida e expirada e/ou comparativo com outras fontes de energia renovável, a fim de evidenciar diferenciais tecnológicos e potenciais de inovação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação (PRPGI) e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia por seu apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ABSOLAR. Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. Infográfico nº28 atualizado em 02.02.2021. Disponível em: <http://www.absolar.org.br/infografico-absolar-.html>. acesso em: 07.02.2021.
- ABSOLAR. Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. 29.01.2019. Disponível em: <http://www.cenariosolar.editorabrasilenergia.com.br/a-energia-solar-que-faz-o-brasil-crescer/>. acesso em: 30.01.2021.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 482, 17 de Abril de 2012.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 687, 24 de Novembro de 2015.
- BATISTA, J. M. A.; LUCENA, S. E. F. Prospecção de tecnologia de patentes de energia eólica e solar e análise de resultados entre 1974 e 2017. **Propriedade intelectual e gestão de tecnologias**. Aracaju. Editora API, 2018. BRASIL. Governo da Bahia. Disponível em: <http://sde.ba.gov.br/vs-arquivos/imagens/revista-pdf-12224.pdf>. Acesso em: 01.02.2021.
- BYD. Build Your Dreams (BYD Co Ltd). Disponível em: <https://canalsolar.com.br/byd-mercado-nacional-modulo-bifacial-481wp/>. Acesso em: 01.02.2021.
- BYD. Build Your Dreams (BYD Co Ltd). Disponível em: <https://www.byd.ind.br/byd-brasil-lanca-dois-novos-modulos-fotovoltaicos-no-mercado/>. Acesso em: 01.02.2021.
- CARVALHO, P. S. L. D., MESQUITA, P. P. D., & ROCIO, M. A. R. A rota metalúrgica de produção de silício grau solar: uma oportunidade para a indústria brasileira? 2014.
- BRITO, B. H.; SILVA, T. M. Análise comparativa entre os retornos de investimentos de micro e minigerações fotovoltaicas em Palmas-TO. **Pesquisa aplicada & Inovação vol. 2**. Salvador. EDIFBA, 2018.
- COSTA, C. A. A inovação no setor de energia e ambiente: potencial da Bahia. **Propensão a Inovar do Empresariado Baiano**. Salvador. Quarteto editora, 2016.

ELSHORBAGY, M. H.; LÓPEZ-FRAGUAS, E.; SÁNCHEZ-PENA, J. M.; GARCÍA-CÁMARA, Braulio.; VERGAZ, Ricardo. Boosting ultrathin aSi-H solar cells absorption through a nanoparticle cross-packed metasurface. **Solar Energy Review**, v. 202, p. 10-16, 2020, DOI: 10.1016/j.solener.2020.03.075.

EINSTEIN, A. Einstein's Proposal of the Photon Concept—a Translation of the Annalen der Physik Paper of 1905. **American Journal of Physics**, v. 33, n. 5, p. 367-374, 1965, <https://doi.org/10.1119/1.1971542>.

FANG, Y.; WEI, W.; LIU, F.; MEI, S.; CHEN, L.; LI, J. Improving solar power usage with electric vehicles: Analyzing a public-private partnership cooperation scheme based on evolutionary game theory. **Journal of Cleaner Production**, v. 233, p. 1284-1297, 2019, DOI.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.001

GADELHA, A. C., OHLBERG, D. A., RABELO, C., NETO, E. G., VASCONCELOS, T. L., CAMPOS, J. L., ... & JORIO, A. Localization of lattice dynamics in low-angle twisted bilayer graphene. **Nature**, v. 590, n. 7846, p. 405-409, 2021.

GARIN, M.; HEINONEN, J.; WERNER, L.; PASANEN, T.P.; VÄHÄNISSI, V.; HAARAHILTUNEN, A.; JUNTUNEN, M.; SAVIN, H. Black-silicon ultraviolet photodiodes achieve external quantum efficiency above 130%. **Physical Review Letters**, v. 125, n. 11, p. 1-8, 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/.html>? Acesso em: 01.02.2021

LIU, B.; WANG, S.; MA, Z.; MA, J. W.; MA, R.; WANG, C. High-performance perovskite solar cells with large grain-size obtained by the synergy of urea and dimethyl sulfoxide, **Applied Surface Science**, v. 467, p. 708-714, 2019, ISSN 0169-4332. DOI.org/10.1016/j.apsusc.2018.10.141.

ONU - Organização das Nações Unidas. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/ods7/>. Acesso em: 05.02.2021.

PATENTINSPIRATION. Disponível em: <https://app.patentinspiration.com/#report/d962e1af2622/filter>. Acesso em: 01.02.2021.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2.ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80p. Disponível em: <http://doi.org/10.34024/978851700089>.

PORTAL ENERGIA. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/celulas-solares-com-23-26-de-eficiencia-comecam-a-ser-fabricadas/>. Acesso em: 01.02.2021

SACRAMENTO, J. A.; RIBEIRO, N. M.; SANTOS, W. P. C. Energias renováveis: avaliação da produção de patentes nas últimas décadas considerando o cenário nacional e internacional. **Propriedade intelectual, estudos prospectivos e inovação tecnológica**. Associação acadêmica de propriedade intelectual, Aapi. Aracaju, 2020.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Disponível em: <https://m.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/BA/Anexos/Encadeamento%20produtivo%20-%20energia%20fotovoltaica.pdf>.2017. Acesso em: 05.02.2021.

SOLAR FRONTIER. Disponível em: https://www.solar-frontier.com/eng/news/2019/0117_press.html. Acesso em: 01.02.2021.

TAIYANGNEWS. Disponível em: <http://taiyangnews.info/webinars/29-30-july-taiyangnews-virtual-conference-on-500w-solar-modules/>. Acesso em: 01.02.2021.

THE LENS. Disponível em: <https://www.lens.org/>. Acesso em: 01.02.2021.

USPTO - United States Patent and Trademark Office. Disponível em: <https://patentimages.storage.googleapis.com/e0/81/1d/1391af8ae931b3/US20120234390A1.pdf>. Acesso em: 01.02.2021.

WHITTEMORE, T. J.; XUE, C.; HUANG, J.; GALLUCCI J. C.; TURRO, C. Single-chromophore single-molecule photocatalyst for the production of dihydrogen using low-energy light. **Nature Chemistry**, v. 12, n. 2, p. 180-185, 2020, DOI: 10.1038/s41557-019-0397-4. 20.01.2020.