

## Análise da produção tecnológica no setor de energia solar através das patentes

### RESUMO

A indústria do setor energético apresenta um crescente número de pesquisas, já que o consumo de energia é elevado como um todo. Nesse sentido, a análise de patentes é um método que busca identificar novas tecnologias em determinadas áreas. Com isso o trabalho tem por objetivo identificar a evolução das tecnologias associadas à energia solar térmica (EST) e fotovoltaica (ESF) entre os anos 2004 e 2016. Para tanto, realizou-se uma pesquisa nos escritórios de patentes: *European Patent Office* (EPO); o Escritório Americano de Patentes e Marcas (USPTO) e o Instituto Brasileiro de Propriedade Industrial (INPI), a partir da base de dados ACCLAIMIP. O estudo identificou 1030 patentes, sendo que em ESF o INPI tem 23, EPO 163 e o USPTO 297 patentes depositadas, já para a EST o INPI com 60, EPO 221 e o USPTO com 266. No geral, os resultados indicaram que a análise de patentes gera conhecimento amplo atual, podendo servir como base para decisões de investimento em pesquisa e desenvolvimento nesta área.

**PALAVRAS-CHAVE:** Indicadores Tecnológicos. Energia Renovável. Proteção Patentária.

**Rogério Sousa Azevedo**

[rogerioazevedo@ifpi.edu.br](mailto:rogerioazevedo@ifpi.edu.br)

Universidade Federal De Sergipe - São Cristóvão, Sergipe, Brasil.

**Aline Barbosa Negreiros**

[alineb\\_negreiros@yahoo.com.br](mailto:alineb_negreiros@yahoo.com.br)

Universidade Federal do Piauí - Teresina, Piauí, Brasil.

**Antônio Martins de Oliveira**

**Júnior**

[amartins.junior@gmail.com](mailto:amartins.junior@gmail.com)

Universidade Federal De Sergipe - São Cristóvão, Sergipe, Brasil.

## INTRODUÇÃO

As mudanças tecnológicas, econômicas, sociais e culturais que acompanham a globalização colocam novos desafios de melhorias e aperfeiçoamentos cada vez melhor aos diferentes pontos e possibilidades do ramo da indústria de benefícios à comunidade.

Cada vez mais, a necessidade dos países, junto com suas empresas, em inovar e investir na evolução tecnológica e, conseqüentemente, favorecer a expansão econômica da nação (FREEMAN, 1995). O que se analisa constantemente é que os diversos países que hoje progridem, apostaram significativamente em tecnologia e evoluções tecnológicas (NELSON, 2006). Em especial, investem na capacitação profissional e criatividade de seus trabalhadores, para que estes tenham a capacidade de gerar a inovação que o mundo reconhece e deseja (COHEN & LEVINTHAL, 1989).

O poder de inovação tecnológica gera benefícios grandiosos aos inventores e beneficiados, pois, a cada nova invenção são adquiridas condições plausíveis ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia (ROGERS, 1983). No entanto, tem-se a prospecção tecnológica como direcionadora das decisões estratégicas. Segundo Tigre (2006), a prospecção tecnológica é um meio sistemático de mapear desenvolvimentos científicos e tecnológicos futuros capazes de influenciar de forma significativa um setor industrial, a economia de uma região ou a sociedade como um todo. Dentre os métodos de prospecção, a análise de patentes baseia-se no acesso aos múltiplos aspectos de mudanças tecnológicas, por meio do estudo das patentes, com o objetivo de identificar novas tecnologias pela análise dos padrões de pedidos de patentes em determinadas áreas, permitindo monitorar novas tecnologias e identificar tendências futuras (FALANI et al., 2015).

Essa proteção patentária das criações intelectuais funciona como indicador para se avaliar a capacidade do país em converter o conhecimento em inovações tecnológicas, agregando à informação científica, valor econômico e mercadológico (MACIEIRA & TORKOMIAM, 1998). Além disso, constitui-se uma questão estratégica para o desenvolvimento de um país em determinado setor, haja vista garantir ao seu titular o domínio tecnológico da invenção e a apropriação dos resultados obtidos a partir do processo inovativo (TIDD et al. 2008).

Baseado nessa trajetória inovadora do conhecimento tecnológico nos diferentes setores, observa-se um grande crescimento em tecnologias nos diversos países, acerca das energias renováveis. De acordo com as metas e ações estabelecidas pelo Protocolo de Kyoto em 1997, conseguir um futuro de energia sustentável é o grande desafio do século XXI. Os padrões atuais de recursos energéticos e de uso de energia não renovável se mostram prejudiciais ao bem-estar de longo prazo da humanidade.

A estabilidade dos sistemas naturais, essenciais para a permanência da vida na terra, já está em risco por causa da mudança climática causada pelas emissões de gases de efeito estufa (GEEs) na atmosfera (CORREA-MACANA & COMIM, 2013). Ao mesmo tempo, os serviços básicos de energia atualmente não estão disponíveis a um terço das pessoas do mundo e mais energia será essencial para um desenvolvimento sustentável e equitativo (PALLIS; CRUZ, 2010). Os riscos à segurança energética nacionais e global são ainda mais exacerbados pelo custo crescente da energia e pela competição pelos recursos energéticos distribuídos

irregularmente. Sendo assim, busca-se no decorrer dos anos, alternativas mais acessíveis que assegure o fornecimento de energia, garantindo um bom nível de desenvolvimento, segurança e conforto (DUTRA, 2001). No entanto, o setor energético está se destacando por possuir um crescente número de pesquisas. Nesse contexto, reduzir a poluição ambiental no setor da energia exige a implantação de energias limpas, energias renováveis e tecnologias especialmente avançadas (PALLIS; CRUZ, 2010).

Para atingir um futuro de energia sustentável, exigir-se-á um esforço intensivo de formação de capacidade, bem como a participação de um amplo número de instituições e de grupos de apoio. O mundo vem evoluindo rápido em nível tecnológico e, nos últimos anos, foi introduzida uma séria de novas tecnologias no aproveitamento de energias renováveis, como é o caso da energia solar, que contempla dois tipos principais: a térmica (T) e a fotovoltaica (FV) (NEUHOFF, 2005).

Com isso, o presente trabalho teve como objetivo geral identificar a evolução das tecnologias associadas à energia solar térmica e fotovoltaica, utilizando a análise do banco de dados de patentes entre os anos 2004 e 2016.

## **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E TÉRMICA**

A energia é um fator vital para o desenvolvimento econômico e social. Como resultado da generalização de atividades agrícola, industrial e doméstica, a demanda por energia aumentou consideravelmente, especialmente em países emergentes. Isto significou em um aumento rápido no nível de emissões de gases de efeito estufa e nos preços dos combustíveis, tornando a grande problemática do século XXI (BAÑOS et al., 2011).

As questões de segurança energética e mudanças climáticas, que envolvem desde a crise do petróleo, o alto custo de energia elétrica e poluição do ar, têm sido uma das principais forças motrizes para o desenvolvimento de energias renováveis nos últimos anos. Sendo que dentre todos os recursos energéticos renováveis até o presente momento, a mais abundante, inesgotável e limpa, tem-se a energia solar, por ser acessível em todos os lugares (SHAHSAVAR; AMERI, 2010; BALJIT; CHAN; SOPIAN, 2016). De modo geral existem dois tipos principais de energia solar: fotovoltaica (FV) e a térmica (T), sendo que, dentro da T, existe dois tipos mais comum, que é a energia solar térmica concentrada e a energia térmica por aquecimento solar.

O poder do sol, interceptando a terra é cerca de  $1,8 \times 10^{11}$  MW, que é muitas vezes maior do que a taxa atual de todo o consumo de energia. A tecnologia fotovoltaica é uma das melhores maneiras de aproveitar esse poder do sol. Um sistema de geração de energia fotovoltaica consiste em vários componentes como células, ligações mecânicas e elétricas e sistema de montagem e meios de regulação e/ou modificação de saída elétrica. Estes sistemas são classificados em pico quilowatts (kWp) que é uma quantidade de energia elétrica que é esperada para o sistema, quando o sol está diretamente a pino, em um dia claro. (PARIDA; INIYAN; GOIC, 2011).

No entanto, a energia solar é intermitente na natureza, já que não há sol à noite. Seu valor total disponibilizado é sazonal e está relacionado às condições meteorológicas locais. Assim, a energia solar térmica apresenta um recurso de

energia instável. Então, o armazenamento dessa é necessário para salvar a energia solar disponível em um período de ausência de carga ou quando a energia solar excessiva está disponível para compensar a escassez quando a necessidade de energia (PANCHAL, 2016).

Para Aydin et al. (2016) o armazenamento térmico desempenha um papel fundamental na sincronização de oferta e demanda de energia, tanto a curto quanto a longo prazo, sendo o setor da construção um dos maiores na utilização final dessa energia tecnológica, responsável por uma proporção maior no consumo total de energia do que a indústria e transporte em muitos países desenvolvidos. Entretanto, a conversão da energia solar em energia térmica por meio de aquecedores solares é o método mais fácil e amplamente aceito.

Segundo Razykov et al. (2011), o efeito fotovoltaico foi descoberto em 1839 por Becquerel, ao estudar o efeito da luz sobre as células eletrolíticas. Um período de tempo foi necessário para alcançar suficientemente elevada eficiência. A crise energética da década de 1970 foi um dos estímulos para a pesquisa e o desenvolvimento da energia solar fotovoltaica, sendo uma das mais crescentes, onde novos desenvolvimentos têm surgido no que diz respeito à utilização de novos materiais, consumo de energia para fabricar estes materiais, design do dispositivo, tecnologias de produção, bem como novos métodos para aumentar a eficiência global das células (JAGER-WALDAU, 2006; PARIDA; INIYAN; GOIC, 2011; RAZYKOV et al., 2011). Esta é uma tecnologia usada para converter a luz solar em eletricidade, diretamente, sem qualquer interface para a conversão. No geral a indústria solar, como um todo é definitivamente uma das melhores opções para a demanda de energia no futuro, uma vez que é superior em termos de disponibilidade, custo-eficácia, a acessibilidade, a capacidade e eficiência em comparação com outras fontes de energia renováveis.

## PATENTES COMO FONTES DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA

O sistema internacional de patentes ganhou importância no final do século XX. A pluralidade de inovações tecnológicas associadas com a Segunda Guerra Mundial levou ao desenvolvimento de novas tecnologias em áreas como informática, biotecnologia e energia nuclear (PICARD, POTTELSBERGHE, 2011; CAVALHEIRO; JOIA; VAN VEENSTRA, 2016). Assim, Galini (2002) argumenta que a adoção em larga escala destas tecnologias transformou a nossa sociedade em uma economia baseada no conhecimento, que gera uma quantidade crescente de invenções, as quais precisam ser protegidos contra o plágio.

Com o aumento desse ambiente inovador, percebe-se um crescimento no sistema de patentes na virada do século 21, ambiente este simultaneamente emergente com a tecnologia de informação e comunicação (KORTUM; LERNER, 1999). As patentes apresentam características de fonte de informação única, pois contêm informações públicas e detalhadas sobre invenções que podem ser comparadas a outros indicadores e prover percepções sobre a evolução da tecnologia (WIPO, 2007; QUINTELLA, 2014). Federman (2006) complementa o pensamento dos autores supracitados, enfatizando que não existe fonte de informação mais atual e completa que aquela descrita em um documento de patente, pois esta deve apresentar uma descrição do estado da técnica até a data do depósito.

Para Martins (2008), dentre as vantagens da análise de patentes, pode-se destacar a padronização e estruturação das informações em diferentes depósitos no mundo. As patentes depositadas em cerca de 70 países são classificadas detalhadamente segundo a Classificação Internacional de Patentes (CIP ou IPC), que agrupa patentes em 8 seções, 21 subseções, 120 classes e 628 subclasses (CHEN; CHIU, 2013; IPC, 2015).

Como destaca Furtado et al. (2007), a patente é um mecanismo de proteção da propriedade industrial e um importante indicador de resultado intermediário da atividade inovativa. Por essa razão, o número de registros e depósitos de patentes no país, feitos e disponibilizados pelo Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI), é um dos componentes do Índice Brasil de Inovação (IBI). Os documentos de patente, e também os pedidos de patentes, são fontes de dados, informações e conhecimentos tecnológicos e comerciais, podendo ser utilizados por qualquer empresa, universidade e instituição de pesquisa e órgão do governo, sobretudo pelos pesquisadores que realizam pesquisas básica e aplicada, científica, tecnológica e biotecnológica.

De acordo com Bittencourt e Pedrosa (2010), o acesso a essas informações pode ser via bancos de dados dos escritórios de propriedade industrial. As patentes concedidas ficam disponíveis para pesquisa e consultas nos bancos de dados do INPI (Instituto Nacional de propriedade industrial), no caso do Brasil. Para consulta internacional às informações tecnológicas, podem ser obtidas de forma gratuita, nos escritórios de propriedade industrial e bancos de dados de patentes de acesso livre. Diante disso neste trabalho se buscará identificar através de patentes o crescente uso de novas tecnologias na área da energia solar.

## **METODOLOGIA**

Na etapa inicial desse trabalho foi realizado buscas sobre Inovação, Propriedade Intelectual e as tecnologias de energias renováveis, dando ênfase à energia solar e a seus dois tipos principais: a Térmica (T) e a Fotovoltaica (FV), através de livros, dissertações, teses, artigos científicos nacionais e internacionais, os quais serviram como embasamento teórico para análise dos dados. Para obtenção dos dados realizou-se buscas de patentes, onde foram utilizados neste trabalho os seguintes escritórios de patentes: European Patent Office (EPO); o Escritório Americano de Patentes e Marcas (USPTO) e o Instituto Brasileiro de Propriedade Industrial (INPI), a partir da base de dados comercial ACCLAIMIP de pesquisa de patentes.

Escolheu-se a base de dados ACCLAIMIP, para captura dessas patentes, devido às características de cobertura mundial e acesso grátis durante trinta dias para qualquer usuário. Onde através de um simples cadastro com informações pessoais como: nome completo, e-mail, telefone, país e endereço no site [www.acclaimip.com](http://www.acclaimip.com) na opção “free trial” é possível ter acesso a uma diversidade de informações sobre patentes. Esse sistema de busca e análise de patentes apresenta informações extraídas de vários órgãos emissores em todo o mundo, organizadas em várias categorias ou seções de interesse. A estratégia de busca foi baseada na associação de palavras-chaves relacionadas à energia solar no campo tópico “my query”, levando em consideração a Classificação Internacional de Patentes da OMPI (Organização Mundial da Propriedade Intelectual). Fez-se a

busca com as palavras-chaves na língua inglesa (língua utilizada na base), correspondendo a: “photovoltaic solar energy” e “thermal solar energy”.

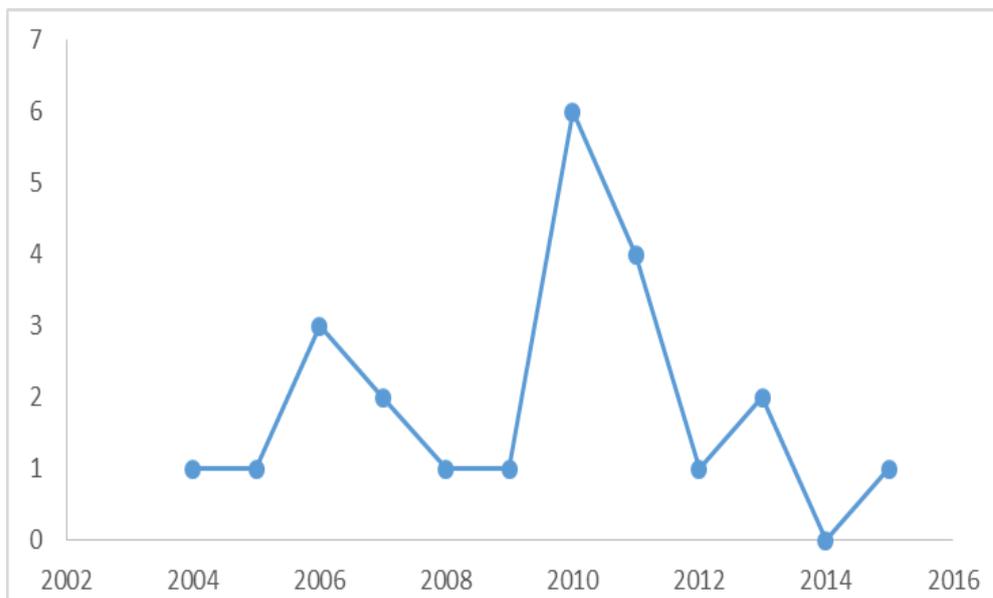
O intervalo de tempo dos documentos recuperados foi de 2004 a 2016. Esses documentos foram exportados em arquivo do tipo txt, com alguns dos campos disponibilizados pela base (número de patente por ano, empresas depositantes, inventores e classificação internacional de patentes (IPC). Para que os documentos recuperados pudessem ser tratados, foi realizada uma análise das porcentagens estatísticas geradas, sendo esta considerada um método quantitativo da matemática aplicada que utiliza a estatística de linguagem dos números e tem o propósito de descrever, sendo chamada de descritiva simples dos dados.

Ao sintetizar essas informações, através desses dados gerados em gráficos e tabelas, fez-se um comparativo da evolução dos tipos de energia estudada nas diferentes bases de patentes, gerando com isso uma análise da configuração atual das tecnologias em energia solar, subsidiando assim a construção de possíveis tendências futuras em cada parâmetro demonstrado. Os dados serão apresentados de forma separada, dando ênfase nos dois principais tipos de energia solar: FV e T, em todas as fontes de pesquisas de patentes escolhidas: INPI, EPO e USPTO.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Quando se analisa os depósitos em energia solar do tipo fotovoltaica (ESF) na base brasileira, o INPI, o total de depósitos no período é de 23. É possível notar que, no período de 2004 a 2005 há uma constante com apenas um depósito. No entanto, há um pico no crescimento em 2010 com 6 patentes (Figura 1), reflexo da criação do Projeto de Lei Federal nº 1563/07 (BRASIL, 2007), que foi criado com o intuito de preencher estas lacunas e de mudar a imagem das fontes alternativas renováveis de energia brasileiras, deixando de ser vistas como marginais e passando a ser vistas como essenciais para o suprimento energético do país. Tal Projeto de Lei – PL cria programas para promover o uso de fontes renováveis alternativas de geração de energia elétrica, a universalização do fornecimento e a geração distribuída com racionalização energética (VARELLA; CAVALIERO; SILVA, 2008).

Figura 1- Número de depósito de patentes por ano no INPI em ESF



Fonte: Elaborado pelo autor com dados extraídos da base de dados ACCLAIMIP(2016).

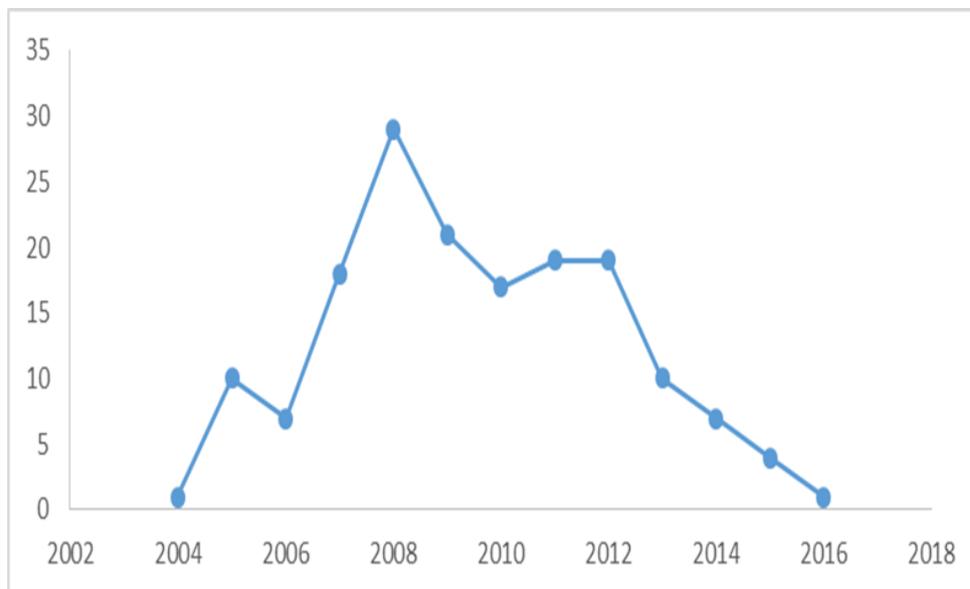
Dentre as empresas mais expressivas no depósito de patentes em ESF, salientam-se que a Unicamp, CDE Arvalho Paulo Cesar marques, Hamilton Sundstrand Space sys, Inst Ricerche per lo Sviluppo Econômico e sociale S R L, Megawatt ssolar LLC, Palo alto Res Center Inc, Rima Agropecuária e Serviços, Saint Gobain serviço Nacional de aprendizagem (Senai-São Paulo) assim como a Stichting tech Wetenschapp, apresentam apenas um pedido de depósito de patentes cada. E dentre os inventores com maior número de patentes tem-se a Seelig Irane Costa com dois depósitos. Diante disso percebe-se que os investimentos e criações nesse setor pelas empresas brasileiras ainda é muito baixo, pois mesmo a maioria dos pedidos terem sido requeridos por pessoas e entidades brasileiras, não se pode desprezar o fato de que uma parte dos processos emanarem de pessoas (físicas ou jurídicas) estrangeiras. Fato este “semelhante” encontrado por Silva et al. 2017 na pesquisa sobre prospecção tecnológica da utilização da energia solar fotovoltaica no Brasil.

Foram recuperados 163 documentos de pedidos de depósitos de patentes em ESF na base EPO. Observando-se a Figura 2, percebe-se que vem crescendo o número de patentes depositadas por ano. No ano de 2005 houve um crescimento, com uma diminuição em 2006, ocorrendo um crescimento acentuado no intervalo de 2006 a 2008, sendo que, de 2010 a 2014, ocorreu uma redução na quantidade de pedidos, mesmo assim 2014 tem sete vezes mais o número de 2004. Observa-se que esse aumento no número de patentes na Europa a partir do ano de 2006 foi no mesmo período que se lançou o Livro Verde (EUROPEAN COMMISSION, 2001), que definiu uma estratégia para o setor energético, focando nas preocupações de sustentabilidade. Pode-se afirmar que o pico no número de patentes deve-se ao início do crescimento tecnológico, que nesse período a Europa vivenciava um estágio do uso comercial das tecnologias (CARDOSO, 2007).

Outro fator que pode justificar esse pico é que a União Européia se mantém como uma das grandes regiões em investimentos na área de energia renovável. Isso impulsionou os ativos financeiros europeus para um nível recorde em 2007,

representando 62% dos ativos financeiros do mundo todo nessa área (STEINER, 2008).

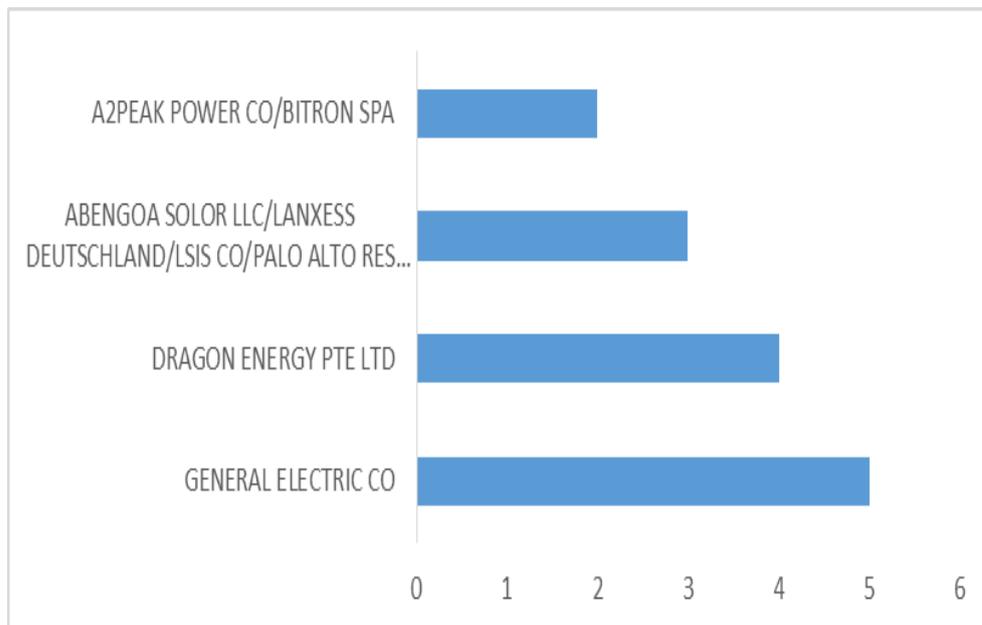
Figura 2- Número de depósito de patentes por ano no EPO em ESF



Fonte: Elaborado pelo autor com dados extraídos da base de dados ACCLAIMIP (2016).

Dentre as 10 principais empresas com maior número de depósitos em ESF na base EPO, conforme ilustra a Figura 3, em primeiro lugar com 5 patentes está a empresa americana General Electric, fornecedora de infraestrutura nos setores de energia, iluminação, transporte e diagnóstico de imagens, e, em segundo lugar, com 3 depósitos, vem a Dragon Energy, igualada com Abengoa Solor LCC, Lanxess Deutschland, Samsung Electronics e SMA Solar Tech Ag. Quando se analisa os 10 maiores inventores de patentes no EPO em ESF, tem-se o destaque para George Gamanis e Christopher George Nightingale com quatro pedido de patentes. George é engenheiro estrutural, consultor e membro da Associação Internacional da Shell estruturas espaciais e Christopher é diretor da CGN SYSTEMS LIMITED. Sendo assim, verifica-se que a ESF na base EPO apresenta um índice um pouco mais elevado, em termos de depósitos, quando comparado ao INPI.

Figura 3- As 10 maiores empresas depositantes de patentes no EPO em ESF

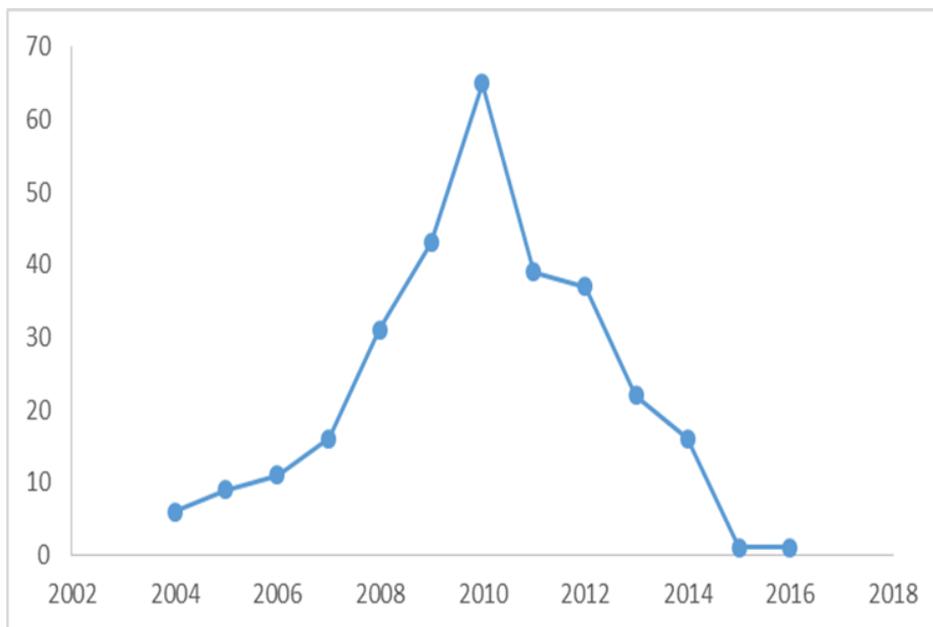


Fonte: Elaborado pelo autor com dados extraídos da base de dados ACCLAIMIP(2016).

No banco de dados da base USPTO há 297 pedidos de depósito de patentes no intervalo de 01-01-2004 a 31-08-2016 (Figura 4). Observa-se que no intervalo de 2004 a 2010 houve um crescimento no número de pedido de depósito de patentes; em 2011 nota-se um decréscimo que permanece até 2015, saindo de 65 e chegando a apenas um depósito entre 2015 e 2016.

Contudo, o governo americano foi extremamente irresponsável durante a administração de Bush (2001-2008) em relação a negociação do Protocolo de Quioto e a outros investimentos acerca das questões ambientais. Ao contrário disso os primeiros quatro meses do governo Obama (2009-2012) deram sinais claros de que a nova administração enfocava nas crises econômica e climáticas. Com isso foi criada a Lei Waxman de energia e clima – que impõe um sistema de tetos e cotas de emissão de carbono, sendo esta aprovada pela Câmara de Deputados em junho de 2009 e ficou paralisada no senado no segundo semestre em função da prioridade dada pela administração de Obama à reforma da saúde (VIOLA, 2010). No primeiro semestre de 2010, as perspectivas de aprovação da lei pelo Senado foram diminuindo até serem abandonadas oficialmente pelos democratas em julho de 2010. Perante isso observa-se que o crescimento em depósitos verificados entre 2004 e 2010 foi ocasionado pela expectativa de investimentos do governo no setor de energias renováveis, e o declínio em 2010 ocorreu pela não aprovação da lei.

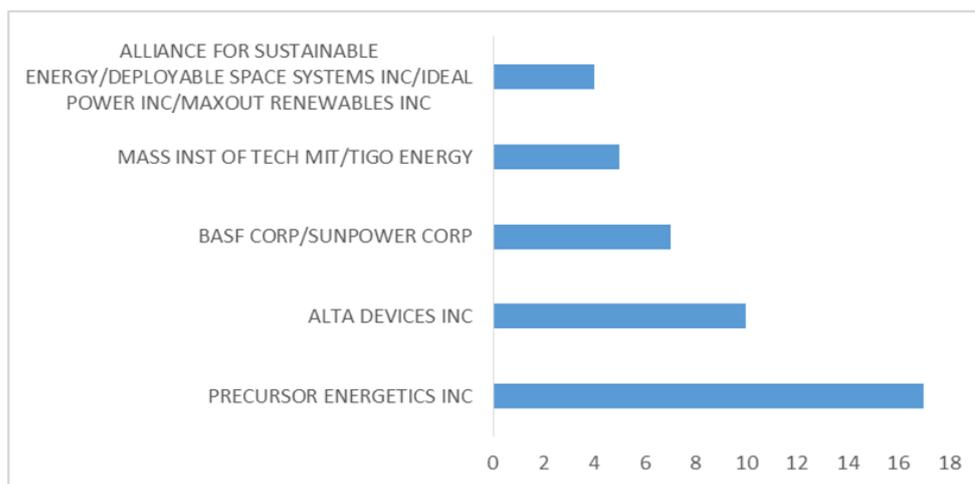
Figura 4- Número de depósito de patentes por ano no USPTO em ESF



Fonte: Elaborado pelo autor com dados extraídos da base de dados ACCLAIMIP (2016).

Dentre as principais empresas depositantes de pedido de patentes no USPTO, destaca-se a PRECURSOR ENERGETICS, INC., empresa que fabrica materiais furtivos que têm aplicações industriais, incluindo a energia fotovoltaica de película fina, com 17 depósitos de pedido de patentes. Em seguida, com 10 pedidos vem a ALTA DEVICES INC., que fabrica tecnologias solar de junção única, onde oferece uma tecnologia fina e flexível de energia móvel para uso em sistemas não-tripulados, sensores automotivos e exploração remota. Já as empresas ALLIANCE FOR SUSTAINABLE ENERGY, DEPLOYABLE SYSTEMS INC, IDEAL POWER INC e MAXOUT RENEWABLES INC, possuem 4 pedidos de depósitos de patentes cada (Figura 5).

Figura 5- As 10 maiores empresas depositantes de patentes no USPTO em ESF

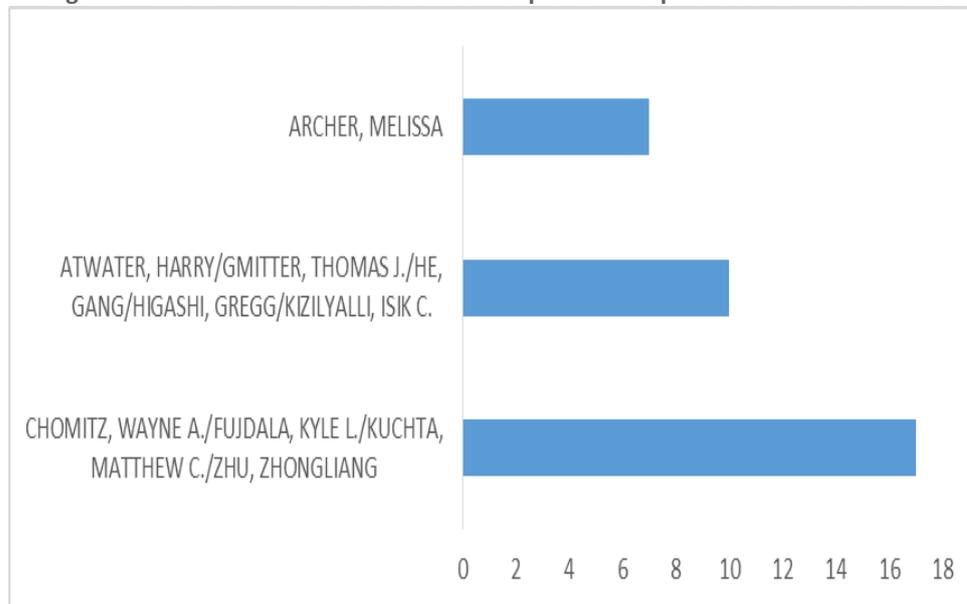


Fonte: Elaborado pelo autor com dados extraídos da base de dados ACCLAIMIP(2016).

A Figura 6 mostra a relação dos 10 principais inventores em energia solar fotovoltaica. O WAYNE CHOMITZ com 17 pedidos de patentes, é vice-presidente de finanças do grupo coronal, uma empresa de pesquisa focada no

desenvolvimento de novos materiais com energia limpa. E também com a mesma quantidade de pedidos de patentes estão os inventores KYLE L. FUJDALA, MATTHEW C. KUCHITA E ZHONGLIANG ZHU.

**Figura 6- Inventores com maior número de patentes depositadas no USPTO em ESF**



**Fonte:** Elaborado pelo autor com dados extraídos da base de dados ACCLAIMIP (2016).

Para chegar uma visão holística das patentes relacionadas a energia solar fotovoltaica, foram realizadas análises que identificam as principais áreas de conhecimento e o posicionamento das patentes na classificação da tecnologia. Esses resultados foram utilizados para analisar as empresas líderes de patenteamento em maior profundidade. Para identificar as tendências em áreas de conhecimento, são utilizadas as seções da Classificação Internacional de Patentes - IPC.

De um ponto de vista macro, ao avaliarmos as patentes na base do INPI, EPO e o USPTO em energia solar fotovoltaica observamos que estão concentradas as maiores porcentagens na seção F e H, que se refere à “Engenharia Mecânica, Iluminação e Aquecimento” e “Eletricidade”, respectivamente com 66,8%; 78,2% e 69,2% quando se soma as duas seções de cada, conforme demonstrado na Tabela 1. Ao observar as patentes em cada seção do IPC, percebe-se que uma patente pode estar em mais de uma seção, justificando o número total de pedidos de depósito de patentes para cada base estudada. Como o foco da pesquisa é a energia solar, então as seções que mais tem depósitos são Eletricidade e Engenharia Mecânica, Iluminação e Aquecimento por estarem diretamente ligados com geração e utilização e aproveitamento de energia.

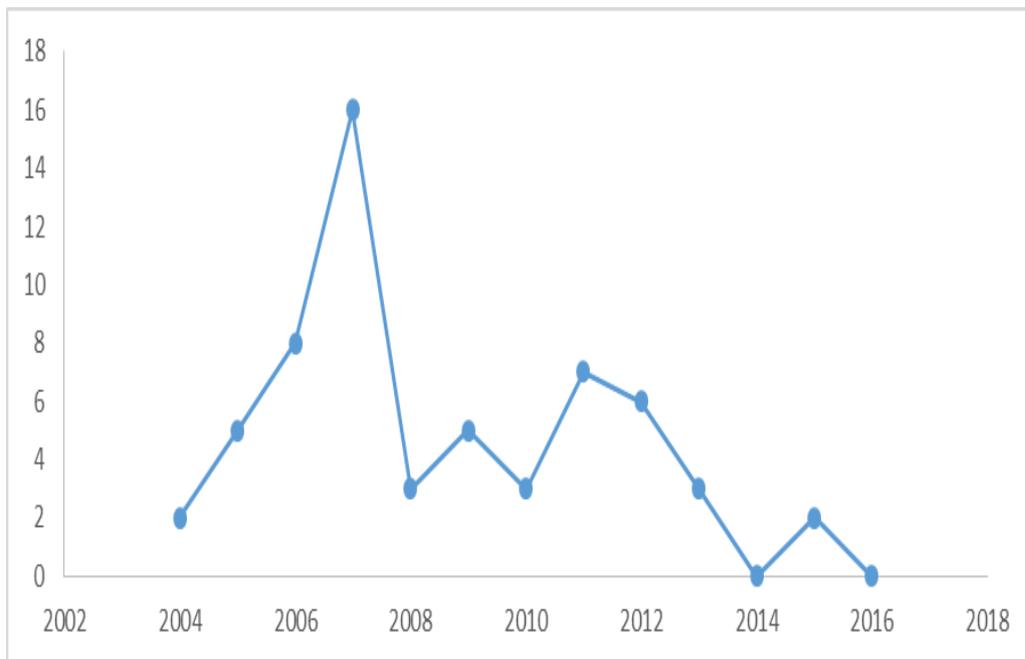
**Tabela 1-Distribuição das patentes de Energia Solar Fotovoltaica (ESF) por seções predominantes da IPC**

Seção da IPC	N° de patentes	Percentual do total de patentes de ESF
<b>Base INPI</b>		
H Eletricidade	13	39,4%
F Engenharia Mecânica; Iluminação; Aquecimento	9	27,4%
C Química e Metalurgia	2	6%
E Construções fixas	2	6%
G Física	3	9%
B Operação de necessidades e transportes	4	12,2%
<b>BASE EPO</b>		
H Eletricidade	120	50,2%
F Engenharia Mecânica; Iluminação; Aquecimento	67	28%
C Química e Metalurgia	6	2,5%
G Física	18	7,5%
E Construções fixas	17	7,1%
B Operação de processamento e transportes	6	2,5%
A Necessidades Humanas	5	2,2%
<b>BASE USPTO</b>		
H Eletricidade	220	52,5%
F Engenharia Mecânica; Iluminação; Aquecimento	70	16,7%
C Química e Metalurgia	14	3,3%
E Construções fixas	15	3,6%
G Física	55	13,1%
B Operações de processamento e transportes	31	8,6%
A Necessidades Humanas	9	2,2%
D Têxteis; papel		

**Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base ACCLAIMIP (2016).**

Quando se analisa os depósitos em energia solar do tipo térmica (EST) na base brasileira INPI o total de depósitos no período é de 60. É possível notar que, no período de 2004 a 2007, tem um crescimento acentuado, sendo que em 2007 tem-se 16 depósitos, que representa 25% do total para o intervalo analisado (Figura 7).

Figura 7- Número de depósito de patentes por ano no INPI em EST

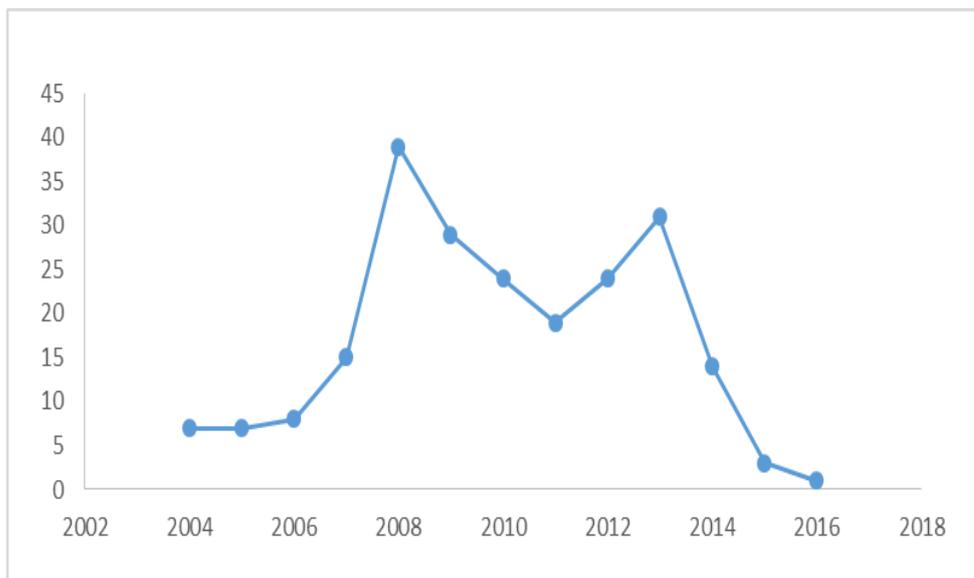


Fonte: Elaborado pelo autor com dados extraídos da base de dados ACCLAIMIP (2016).

Dentre os maiores requerentes de patentes sobre energia solar térmica no Brasil a Siemens AG e a UNICAMP se destacam apresentando dois pedidos cada. E quando se trata de inventores, Alcides Bigai Júnior, Adelino de Aguiar Coelho e Gama Sergio possuem 2 patentes cada. Alcides Bigai Júnior, gestor de Indústria e P&D da Soria Aquecedor Solar, assumiu o objetivo da empresa na busca por inovação em tecnologia e matéria-prima, com foco na transformação do aquecimento solar em uma alternativa acessível à população em geral.

Os documentos de pedidos de depósitos de patentes na base EPO, foram de 221, com o termo “thermal solar energy” no título de busca. Como pode-se observar na figura 8, no período de 2004 a 2008, ocorreu um aumento nos pedidos de patentes, saindo de 7 pedidos em 2004 para 39 em 2008. Já em 2011 foram registrados apenas 19 depósitos, com um crescimento em 2013 (31 pedidos), voltando a diminuir nos anos seguintes.

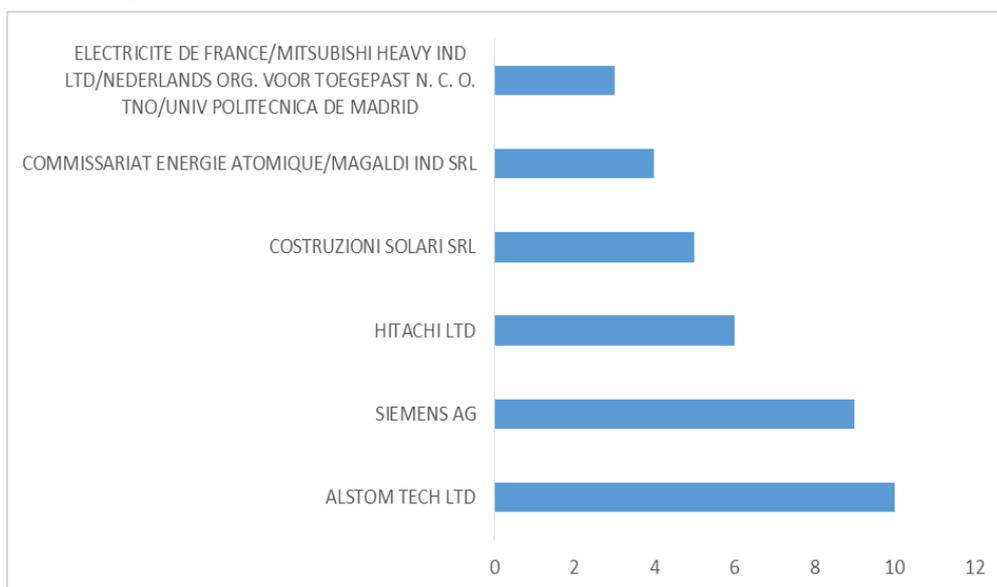
Figura 8- Número de depósito de patentes por ano no EPO em EST



Fonte: Elaborado pelo autor com dados extraídos da base de dados ACCLAIMIP (2016).

Na figura 9 estão as 10 empresas que mais fizeram depósitos de patentes, relacionadas a “thermal solar energy”. A vencedora entre as 10 foi a Alstom Technology Ltda., que fabrica equipamentos de usina, estando sediada em Baden, Suíça. Em segundo lugar, com 9 pedidos está Siemens AG, que faz parte de um conglomerado industrial alemão, sendo o maior da Europa e um dos maiores do mundo.

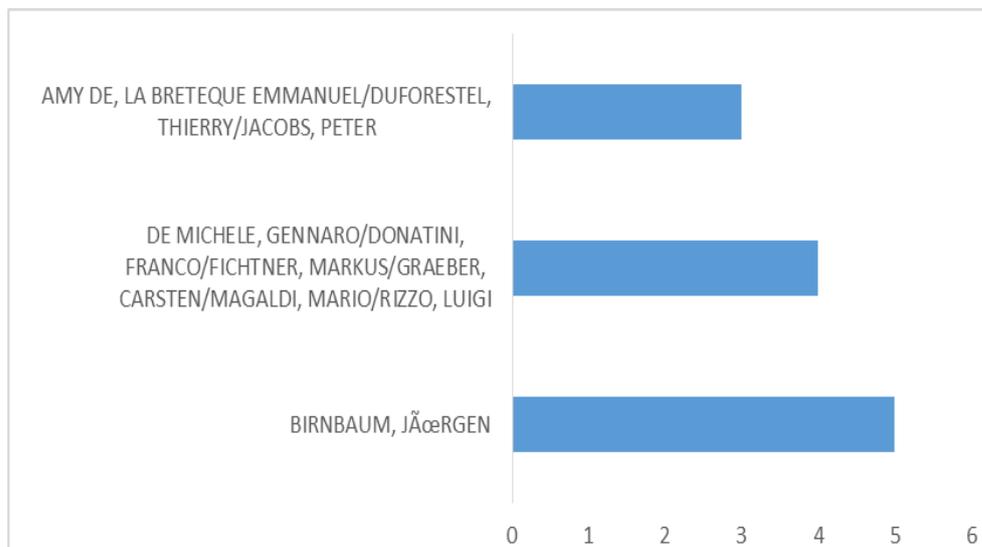
Figura 9- As 10 maiores empresas depositantes de patentes no EPO em EST



Fonte: Elaborado pelo autor com dados extraídos da base de dados ACCLAIMIP (2016)

Dentre os 10 maiores inventores citados na figura 10, destacam-se Birnbaum com 5 pedidos de depósitos de patentes e Franco Donatini com 4 pedidos, empatado com outros 5 inventores. Franco Donatini é engenheiro e professor de Energia Geotérmica na Universidade de Pisa, responsável pelo desenvolvimento de políticas para fontes renováveis.

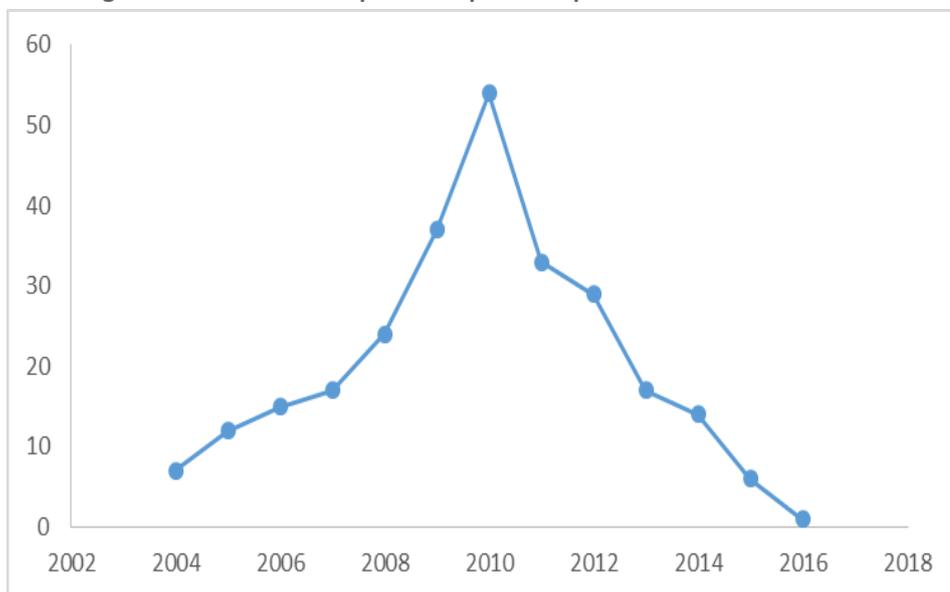
**Figura 10- Inventores com maior número de patentes depositadas no EPO em EST**



Fonte: Elaborado pelo autor com dados extraídos da base de dados ACCLAIMIP (2016).

Na base de dados USPTO foram encontrados 266 pedidos de depósito de patentes. A evolução temporal dos depósitos de patentes pode ser vista na Figura 11. Sendo que no intervalo de 2004 a 2010 houve um crescimento e, em seguida uma diminuição, permanecendo assim até o final do período analisado.

**Figura 11- Número de depósito de patentes por ano no USPTO em EST**

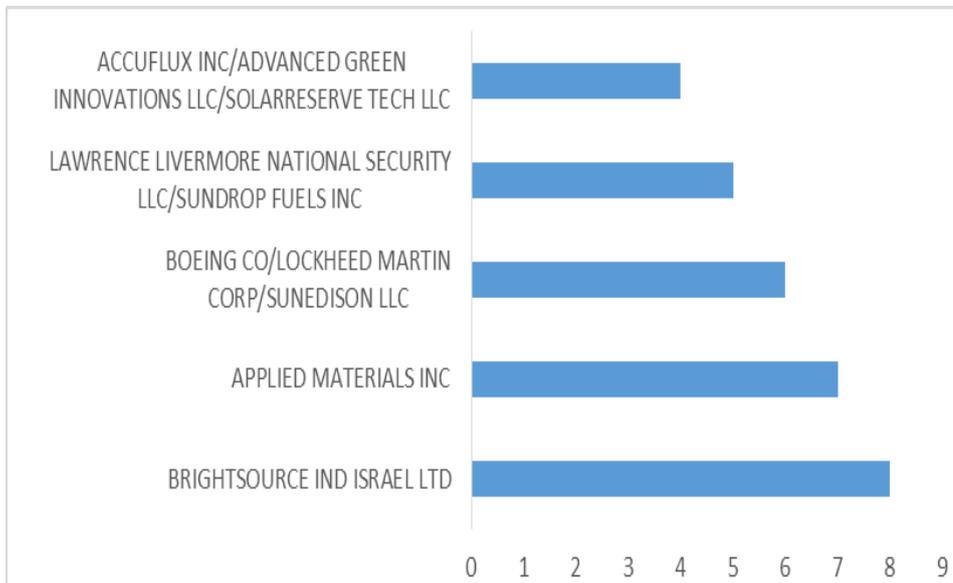


Fonte: Elaborado pelo autor com dados extraídos da base de dados ACCLAIMIP(2016)

As 10 principais empresas, em termos de números de depósitos no setor de energia solar térmica, respondem por 20,67% do total de depósitos de documentos de patentes recuperados, o destaque alcançado foi para a empresa Bright Source Industries (Israel) Ltda., que projeta, constrói e opera usinas de energia solares térmicas para utilidade em empresas industriais. Essa empresa oferece desenvolvimento de produtos e serviços de engenharia, bem como fontes de campos solares, incluindo heliostatos, caldeiras solares e sistemas de controle.

E com 7 pedidos de patentes vem a APPLIED MATERIALS INC. uma empresa americana que fornece equipamentos, serviços e software para permitir a fabricação de semicondutores (circuitos integrados) e produtos solares (figura 12).

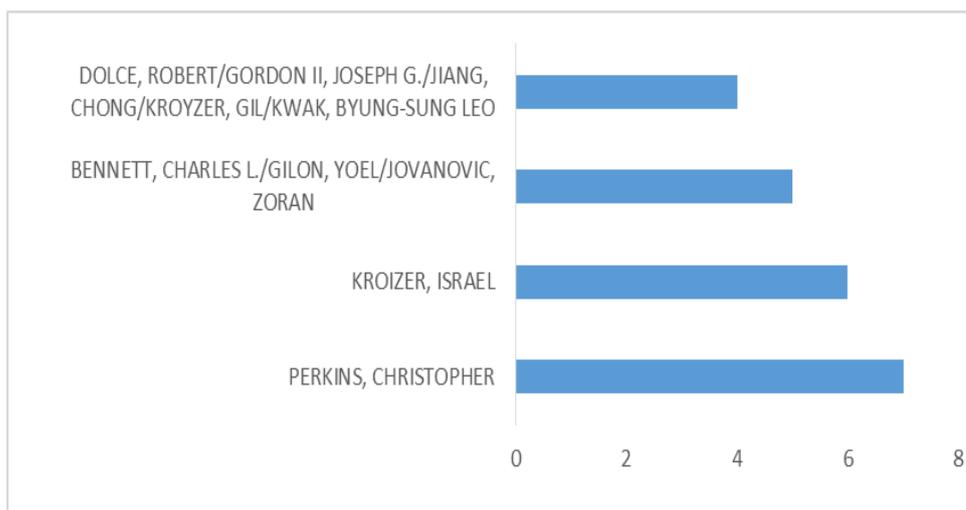
**Figura 12- As 10 maiores empresas depositantes de patentes no USPTO em EST**



Fonte: Elaborado pelo autor com dados extraídos da base de dados ACCLAIMIP (2016).

Em se tratando de inventores da base USPTO em EST, Christopher Perkins está em primeiro lugar com 7 patentes. Já o inventor Israel Kroizer, tem 12,5% dos pedidos dos dez maiores inventores em (EST), Israel Kroizer é Vice-Presidente Executivo de Engenharia e Operações da Bright Source Energy, sendo um especialista de renome mundial em tecnologia de geração de energia (Figura 13).

**Figura 13- Inventores com maior número de patentes depositadas no USPTO em EST**



Fonte: Elaborado pelo autor com dados extraídos da base de dados ACCLAIMIP(2016).

Ao avaliarmos as patentes em energia solar térmica observamos na base do INPI que aproximadamente 95,3% estão concentradas na seção F e H, que se refere à “Engenharia Mecânica, Iluminação e Aquecimento” e “Eletricidade”, e na base EPO que cerca de 78,4% estão relacionados também as seções F e H, que se refere

à “Engenharia Mecânica, Iluminação e Aquecimento” e “Química e Eletricidade”, e na base americana o USPTO é de 62% as seções F e H, respectivamente, conforme demonstrado na Tabela 2.

**Tabela 2 – Distribuição das patentes de Energia solar Térmica (EST) por seções predominantes da IPC**

Seção da IPC	N° de patentes	Percentual do total de patentes de EST
<b>Base INPI</b>		
H Eletricidade	9	12,3%
F Engenharia Mecânica; Iluminação; Aquecimento	46	83%
C Química e Metalurgia	6	8,2%
A Necessidades Humanas	2	2,8%
B Operação de processamento e transporte	3	4,1%
E Construções fixas	5	6,8%
G Física	2	2,8%
<b>BASE EPO</b>		
H Eletricidade	47	16,9%
F Engenharia Mecânica; Iluminação; Aquecimento	171	61,5%
C Química e Metalurgia	17	6,1%
G Física	6	2,2%
E Construções fixas	18	6,5%
B Operação de processamento e transporte	16	5,8%
A Necessidades Humanas	2	0,7%
D Têxteis; papel	1	0,3%
<b>BASE USPTO</b>		
H Eletricidade	85	22%
F Engenharia Mecânica; Iluminação; Aquecimento	155	40%
C Química e Metalurgia	37	9,5%
B Operação de processamento e transporte	65	16,8%
A Necessidades Humanas	4	1%
G Física	23	6%
E Construções fixas	18	4,7%

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base ACCLAIMIP (2016).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao se analisar os dois tipos de patentes na base brasileira (INPI), pode-se constatar um baixo número de depósitos de patentes, baixo investimento de

empresas nesse setor e uma pequena participação de inventores do país quando se compara com o EPO e USPTO.

Verificou-se também que houve um grande impacto nos pedidos de depósito de patentes na área após o surgimento de leis, resoluções e programas de incentivos em energias renováveis nas diferentes bases pesquisadas. Entretanto, mesmo tendo esse estudo demonstrado esse aumento no número de depósitos em determinados períodos, percebeu-se também um declínio em alguns momentos, verificando a necessidade ainda maior de estimular e desenvolver os sistemas produtivos e inovadores das questões ambientais, assim como a formulação de políticas que orientem e dinamizem esse desenvolvimento.

Além disso, a busca de patentes permitiu aprofundar a análise, identificando as áreas do conhecimento que mais possuem patentes em energia solar por meio da classificação do IPC, que resultou em maior ocorrência na área de Engenharia Mecânica; Iluminação; e Aquecimento.

O trabalho desenvolvido até aqui, pode ser considerado ainda, o início de um mapeamento de caráter extensivo a ser realizado sobre a produção tecnológica do setor de energia solar. Nesse sentido, propicia as bases iniciais para realização de análises sistemáticas sobre a introdução de novas tecnologias. Em se tratando dos inventores, sugere-se como problema de pesquisa, averiguar a existência de relação direta e/ou indireta com as principais empresas de ESF e EST. Outra ideia de trabalho futuro seria a de pesquisar o processo de planejamento tecnológico das empresas com maiores depósitos de patentes, assim como realizar uma pesquisa empírica para observar a adequação das tecnologias de energia solar às diferentes regiões do mundo.

Finalmente, a evolução da tecnologia estudada neste trabalho representa uma contribuição para a área de conhecimento de energia solar com foco nas inovações tecnológicas do setor, podendo servir como base para decisões de investimento em pesquisa e desenvolvimento.

## Analysis of technological production in the solar energy sector through patents

### ABSTRACT

The energy industry has a growing number of surveys, as energy consumption is high overall. In this sense, patent analysis is a method that seeks to identify new technologies in certain areas. The aim of this work is to identify the evolution of the technologies associated with solar thermal (EST) and photovoltaic (ESF) between the years 2004 and 2016. For that, a research was carried out in the patent offices: European Patent Office); the US Patent and Trademark Office (USPTO) and the Brazilian Institute of Industrial Property (INPI), from the ACCLAIMIP database. The study identified 1030 patents, with INPI having 23, EPO 163 and USPTO 297 patents deposited, with INPI having 60, EPO 221 and USPTO with 266. In general, the results indicated that the analysis of patents generates current wide knowledge and can serve as the basis for investment decisions in research and development in this area.

**KEYWORDS:** Technological Indicators. Renewable energy. Patent protection.

## NOTAS

<sup>1</sup> Entrevista com coordenadora da campanha da vacina do HPV da Secretaria Municipal de Saúde de Curitiba/PR, realizada em 7/08/2014.

## REFERÊNCIAS

ACCLAIMIP: Patent Search & Analytics Software. **Base de dados**. Copyright: Anaqua, 2016. Disponível em: <<http://www.acclaimip.com>>. Acesso em: 20/10/2016.

AYDIN, D. et al. Novel «open-sorption pipe» reactor for solar thermal energy storage. **Energy Conversion and Management**, v. 121, p. 321–334, 2016.

BALJIT, S. S. S.; CHAN, H.; SOPIAN, K. Review of building integrated applications of photovoltaic and solar thermal systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 137, p. 677–689, 2016.

BAÑOS, R. et al. Optimization methods applied to renewable and sustainable energy: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 4, p. 1753–1766, 2011.

BITTENCOURT, K.C. H.; PEDROSA, R.C. **Guia de Propriedade Intelectual**. Florianópolis: UFSC, 2010. Disponível em: <[http://www.inpi.gov.br/sobre/arquivos/guia\\_docente\\_iel-senai-e-inpi.pdf](http://www.inpi.gov.br/sobre/arquivos/guia_docente_iel-senai-e-inpi.pdf)> Acesso em: 3/05/2017.

BRASIL. **Projeto de Lei Nº 1563, de 2007**. Dispõe sobre fontes renováveis de energia, com o objetivo de promover a universalização, a geração distribuída e a racionalização energética, e altera a Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, Brasília, DF, 10 de jul.2007. Disponível em: <[http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra?codteor=481976](http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=481976)> Acesso em: 21/10/2017.

CARDOSO, A. S. **Remuneração de Energias Renováveis em Portugal**. Dissertação (Mestrado), Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2007. Disponível em: <<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395137487951/Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>> Acesso em: 03/06/2017.

CAVALHEIRO, G. M. DO C.; JOIA, L. A.; VAN VEENSTRA, A. F. Examining the trajectory of a standard for patent classification: An institutional account of a technical cooperation between EPO and USPTO. **Technology in Society**, v. 46, p. 10–17, 2016.

CHEN, Y. -L; CHIU, Y.-T. Cross-language patent matching via an international patent classification-based concept bridge. **Journal of Information Science**, v. 39, nº 6, p. 737–753, 2013.

CLASSIFICAÇÃO INTERNACIONAL DE PATENTES (IPC) - **Guia, Versão 2015**, n.1, p. 1–42, 2015.

CORREA-MACANA, E. & COMIM, F. Mudança climática e desenvolvimento humano: uma análise baseada na Abordagem das Capacitações de Amartya Sen. **Economía, sociedad y territorio**.v.13, n.43, p.577-618, 2013. Disponível em: <[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-84212013000300002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-84212013000300002)>Acesso em 24/10/2017.

COHEN, W. M. & D. A. LEVINTHAL. Innovation and Learning: The Two Faces of R & D. **The Economic Journal**, v. 99, n. 397, pp. 569–596, 1989.

DUTRA, R. M. **Viabilidade técnico-econômica da Energia Eólica face ao novo Marco Regulatório do setor elétrico brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <<http://www.ppe.ufri.br/ppe/production/tesis/rmdutra.pdf>>Acesso em: 7/05/2017.

EUROPEAN COMMISSION, 2001. **Livro verde**: Para uma estratégia Europeia de Segurança do Aproveitamento Energético. Luxemburgo, ISBN 92-894-0323-3. Disponível em: <[http://europa.eu.int/comm/energy\\_transport/fr/lpi\\_fr.html](http://europa.eu.int/comm/energy_transport/fr/lpi_fr.html)>. Acesso em: 19/09/2017.

FALANI, S. Y. A.; GONZÁLEZ, M. O. A.; CARDONE, K. P.; JUSTINO, M.S.; VASCONCELOS, R. M. Prospecção Tecnológica para a Geração Eólica. **Brazil WindPower**, p. 12, 2015. Disponível em: <[http://www2.ctee.com.br/brazilwindpower/2015/papers/mario\\_gonzalez.pdf](http://www2.ctee.com.br/brazilwindpower/2015/papers/mario_gonzalez.pdf)> Acesso em: 30/09/2017.

FEDERMAN, S. R. **Patentes**: desvendando seus mistérios. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.

FREEMAN, C. “National Innovation System in Historical Perspective”. **Cambridge Journal of Economics**, v.19, p. 05-24, 1995.

FURTADO, A.; CAMILLO, E.V.; DOMINGUES, S. A. Os setores que mais patenteiam no Brasil por divisão da CNAE. **Inovação Uniemp** [online]. v.3, n.1, p. 26-27, 2007.

Disponível em:

<[http://inovacao.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1808-23942007000100014&lng=es&nrm=is](http://inovacao.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-23942007000100014&lng=es&nrm=is)>Acesso em: 10/04/2017.

GALINI, N.T. The economics of patents: lessons from recent U.S. patent reform. *J. Econ. Perspect.*, v.16, n.2, p. 131–134, 2002.

JAGER-WALDAU, A. European photovoltaics in world wide comparison. *Journal of Non-Crystalline Solids*, v. 352, pp. 1922-1927, 2006.

KORTUM, S.; LERNER, J. What is behind the recent surge in patenting? *Research Policy*, v. 28, n. 1, p. 1–22, 1999.

MACIEIRA, M. R. C.; TORKOMIAM, A. L. V. “**A questão da Patente na Universidade**”. São Carlos: Departamento de Engenharia de Produção – UFSCar, 1998. Disponível em:  
<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997\\_T6102.PDF](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997_T6102.PDF)>Acesso em: 15/10/2017.

MARTINS, C. J. M. **Aplicação de ferramentas computacionais para prospecção tecnológica por mineração de dados não-estruturados** (Mestrado em Ciências). PEC, COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2008. Disponível em:  
<[http://www.poc.ufrj.br/teses/mestrado/inter/2008/Teses/MARTINS\\_CJM\\_08\\_t\\_M\\_int.pdf](http://www.poc.ufrj.br/teses/mestrado/inter/2008/Teses/MARTINS_CJM_08_t_M_int.pdf)>Acesso em: 23/05/2017.

NEUHOFF, K. Large-scale deployment of renewables for electricity generation, *Oxford Review of Economic Policy*, v.21, n.1, p.88-110, 2005.

NELSON, R. R. 2006. **As fontes do crescimento econômico**. Campinas/SP: Editora da Unicamp.

PALLIS, J.; CRUZ, C. H. D. B. **Energia sustentável para o desenvolvimento**. São Paulo: FAPESP, 2010.

PARIDA, B.; INIYAN, S.; GOIC, R. A review of solar photovoltaic technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 15, p. 1625–1636, 2011.

PANCHAL, H. N. Use of thermal energy storage materials for enhancement in distillate output of solar still: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 61, p. 86–96, 2016.

PICARD, P.M.; POTTELSBERGHE, B. V. Patent Office Governance and Patent System Quality, **Cent. Res. Econ. Anal**, n.6, p. 1-41, 2011.

QUINTELLA, C. M. Análise dos Documentos de Patentes Depositados pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. **Cadernos de Prospecção**, v. 7, p. 1-11, 2014.

RAZYKOV, T. M. et al. Solar photovoltaic electricity: Current status and future prospects. **Solar Energy**, v. 85, n. 8, p. 1580–1608, 2011.

ROGERS, E. M. **Diffusion of Innovations**, New York: Free Press. 1983. Disponível em: <<https://teddykw2.files.wordpress.com/2012/07/everett-m-rogers-diffusion-of-innovations.pdf>> Acesso em: 1/11/2017.

SHAHSAVAR, A., AMERI, M. Experimental investigation and modeling of a direct-coupled PV/T air collector. **Sol. Energy**. v. 84, p. 1938-1958, 2010.

SILVA, W. V. R.; GOMES, H. S.; RUSSO, S. L.; SILVA, G. F. Prospecção tecnológica da utilização da energia solar fotovoltaica no Brasil. **8th International Symposium on Technological Innovation**, 2017. Disponível em: <<http://www.api.org.br/conferences/index.php/ISTI2017/ISTI2017/paper/viewFile/280/193>>. Acesso em 10/10/2017.

STEINER, A. Investimentos em energia limpa disparam apesar da instabilidade no Mercado financeiro. **Sustainable Energy Finance Initiative**, 2008. Disponível em: <<http://sefi.unep.org/english/globaltrends>> Acesso em: 20/09/2016.

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. **Gestão da Inovação**. 3ª ed., Porto Alegre, Bookman, 2008.

TIGRE P.B. **Gestão da Inovação: A economia da tecnologia no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

VARELLA, F. K. O. M.; CAVALIERO, C. K. N.; SILVA, E. P. Energia solar fotovoltaica no Brasil: Incentivos regulatórios. **Revista Brasileira de Energia**, v. 14, n.11, p. 9–22, 2008. Disponível em: <[http://new.sbpe.org.br/wp-content/themes/sbpe/img/artigos\\_pdf/v14n01/v14n01a1.pdf](http://new.sbpe.org.br/wp-content/themes/sbpe/img/artigos_pdf/v14n01/v14n01a1.pdf)> Acesso em 15/11/2016.

VIOLA, E. A Política Climática Global e o Brasil: 2005-2010. **Revista tempo do mundo**, v. 2, n. 2, p.80-116, 2010. <[http://ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/rtm/110321\\_rtm\\_vol02\\_cap4.pdf](http://ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/rtm/110321_rtm_vol02_cap4.pdf)> Acesso: 18/11/2016.

**WIPO patent report:** Statistics on Worldwide Patent Activities. World Intellectual Property Organization. Disponível em:  
<<http://www.ipeg.com/UPLOAD%20BLOG/WIPO%20Patent%20Statistics%202007.pdf>> Acesso: 28/10/2017.

**Recebido:** 05 jun. 2017.

**Aprovado:** 16 jan. 2018.

**DOI:** 10.3895/rts.v14n33.5979

**Como citar:** AZEVEDO, R. S.; NEGREIROS, A. B.; OLIVEIRA JUNIOR, A. M. de. Análise da produção tecnológica no setor de energia solar através das patentes. **R. Technol. Soc.**, Curitiba, v. 14, n. 33, p. 107-130, jul./set. 2018. Disponível em: < <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/5979>>. Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

Rogério de Souza Azevedo.

-

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

