

Caracterização das redes colaborativas no desenvolvimento de tecnologias sobre sistemas solares híbridos térmico-fotovoltaicos

MARIANA MAGRE MACHADO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS (UFG)

ALEX FABIANNE PAULO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS (UFG)

EMANUEL FELIPE RAMOS DE LIMA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS (UFG)

CARACTERIZAÇÃO DAS REDES COLABORATIVAS NO DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS SOBRE SISTEMAS SOLARES HÍBRIDOS TÉRMICO-FOTOVOLTAICOS

CHARACTERIZATION OF COLLABORATIVE NETWORKS IN THE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES FOR HYBRID THERMAL-PHOTOVOLTAIC SOLAR SYSTEMS

Resumo: As tecnologias de energia renovável, especialmente a solar fotovoltaica, vêm se destacando como alternativas limpas e eficientes. Este estudo analisa redes de colaboração tecnológica no desenvolvimento de sistemas solares híbridos, com base em patentes da Derwent Innovation. Utilizando o Gephi, foram mapeadas interações entre indivíduos, empresas e instituições de pesquisa, evidenciando a liderança da China e da State Grid Corporation of China. O Brasil também foi analisado quanto a avanços e desafios. O código IPC H02S004044 foi o mais comum, e apenas 8% das patentes envolveram colaboração, revelando a baixa cooperação entre atores.

Palavras-chave: Energia renovável; Cooperação tecnológica; Sistemas solares híbridos térmico-fotovoltaicos; Patentes; Inovação.

Abstract: Renewable energy technologies, especially solar photovoltaic, have stood out as clean and efficient alternatives. This study analyzes technological collaboration networks in the development of hybrid solar systems, based on patents from Derwent Innovation. Using Gephi, interactions between individuals, companies, and research institutions were mapped, highlighting the leadership of China and the State Grid Corporation of China. Brazil was also analyzed regarding its advances and challenges. The IPC code H02S004044 was the most common, and only 8% of the patents involved collaboration, revealing low cooperation among actors.

Keywords: Renewable energy technologies; Technological cooperation; Hybrid thermal-photovoltaic solar systems; Patents; Innovation.

1 Introdução

Alcançar a sustentabilidade global implica em equilibrar o cuidado imediato com o futuro, promovendo uso responsável dos recursos e distribuição justa (Guerra, 2016). O consumo desmedido, o desperdício e a degradação ambiental ultrapassam os limites do planeta,

indicando um caminho potencialmente catastrófico, marcado por desastres recorrentes em várias regiões. Isso agrava a escassez dos recursos e, conseqüentemente, amplia as disparidades socioeconômicas, devido à distribuição desigual de recursos e populações, limitando o acesso justo e equitativo (Guerra, 2016). A escassez dos recursos naturais torna a sustentabilidade uma prioridade para abordar os desafios globais. Por isso, em 2015 a Organização das Nações Unidas (ONU) definiu 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), cada um deles composto por 169 metas específicas, com o prazo estabelecido para serem alcançadas até 2030 (ONU, 2015). Nesse contexto, Cunha (2016) enfatiza a relevância da energia solar fotovoltaica como uma forma de produzir energia limpa. Ramos (2020) diz que em um painel solar convencional, o calor gerado pelas células solares é desperdiçado. Uma alternativa interessante é usar esse calor para gerar eletricidade e calor simultaneamente. Isso é possível com um coletor solar híbrido termo fotovoltaico (PVT), que converte a radiação solar em energia elétrica e térmica (Ramos, 2020).

A frequência crescente da cooperação entre indústrias, conforme observado por Britto (2001), tem motivado a investigação dos fatores que influenciam as interconexões entre empresas. Esse fenômeno não apenas fortalece as competências tecnológicas, mas também amplia o potencial inovador das empresas dentro do arranjo estruturado (Britto, 2001). Além do governo e da indústria, a universidade também tem adotado um modelo empreendedor que vai além do ensino e da pesquisa. Segundo a teoria da Hélice Tríplice (HT), a universidade está deixando de ser apenas uma provedora de conhecimento para se tornar um ator central, ao lado da indústria e do governo, impulsionando a inovação (Etzkowitz & Zhou, 2017). A HT pode ser definida como uma abordagem de gestão reconhecida internacionalmente, sendo amplamente utilizada para mitigar desafios relacionados ao desenvolvimento regional (Etzkowitz & Leydesdorff, 1995).

Para este estudo, a patente foi utilizada como um indicador de inovação, tendo em vista que, conforme o Manual de Oslo, a inovação não segue um processo linear e pode incluir importantes retrocessos no sistema. As principais atividades associadas à inovação incluem P&D, aquisição de conhecimento por meio de patentes, licenças e serviços técnicos, além da aquisição de máquinas e equipamentos (OCDE, 2018). Existe uma oportunidade de pesquisa teórica na compreensão de como a cooperação influencia no desenvolvimento de patentes para gerar inovação no âmbito dos sistemas híbridos solares térmicos. Este estudo busca mapear a cooperação entre diferentes atores, organizações e países. Um tema relevante por ser baseado na compreensão de que a colaboração em patentes pode gerar benefícios para a inovação. Diante disso, será trabalhada a seguinte pergunta de pesquisa: Como se caracterizam as redes

de colaboração para o desenvolvimento de tecnologias sobre sistemas solares híbridos térmico-fotovoltaicos? O foco da pesquisa é compreender as características que envolvem a cooperação no processo de desenvolvimento de inovações sobre sistemas híbridos de energia solar, por meio do estudo das patentes.

2 Fundamentação Teórica

O desenvolvimento sustentável, conforme discutido por Sartori (2014), surgiu na década de 1980 como uma resposta à necessidade de conciliar a preservação ambiental com as demandas humanas. Essa abordagem, delineada no Relatório Brundtland (WCED, 1987), procura atender às necessidades presentes sem comprometer o bem-estar das futuras gerações, incorporando aspectos sociais, econômicos e ambientais. O termo sustentabilidade originou-se da ecologia e refere-se à capacidade de um ecossistema se manter com poucas alterações ao longo do tempo. Quando associado ao desenvolvimento, o foco se desloca da preocupação ambiental para incluir aspectos sociais e econômicos (Jabareen, 2008).

Os sistemas híbridos baseados em energia renovável oferecem uma opção melhor do que sistemas baseados em uma única fonte, devido ao seu custo, confiabilidade e eficiência (Sinha & Chandel, 2015). Esses sistemas podem usar um ou mais recursos energéticos e funcionar de forma independente ou conectados à rede. Encontrar uma combinação de parâmetros satisfatória é importante para evitar custos excessivos ou fornecimento insuficiente de energia (Sinha & Chandel, 2015). Esses sistemas atendem não apenas escolas e clínicas, mas também fazendas e instalações turísticas remotas (Seeling-Hochmuth, 1997). Evidenciando que técnicas de otimização híbrida são mais eficazes do que métodos únicos, e são essenciais para enfrentar os desafios desses sistemas no futuro (Sinha & Chandel, 2015).

A essência da inovação é buscar novos conhecimentos para encontrar maneiras diferentes de lidar com tecnologias, processos ou produtos (Peng, 2008). Joseph Schumpeter popularizou o termo “inovação” em seu livro “Teoria do Desenvolvimento Econômico” (1912). Para ele, a “inovação” não se resume a novidades ou itens com finalidades comerciais, mas é o principal motor do desenvolvimento (Paiva *et al.*, 2018). Foi ainda no século XX que Schumpeter afirmou que uma invenção é uma ideia ou modelo para um novo ou aprimorado produto, processo ou sistema. No entanto, no sentido econômico, uma inovação só se concretiza quando essa invenção é comercializada e gera riqueza (Schumpeter, 1988).

O IPC Green Inventory, lançado pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI ou WIPO, sigla em inglês) em 2010, é uma ferramenta on-line que facilita a busca e recuperação de documentos de patentes relacionados a diversas tecnologias verdes. Ele foi

desenvolvido pelo Comitê de Especialistas do IPC e ajuda a encontrar informações de patentes que abordam tecnologias ambientalmente sustentáveis, conforme listado pela *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) (Léon, 2023). A *Green Inventory* refere-se à aplicação de tecnologia para reduzir o desperdício e a poluição ambiental. A medição dessa inovação envolve indicadores como despesas com P&D, número de patentes verdes e produtividade total dos fatores verdes (Favot, 2023).

A cooperação tecnológica acelera o desenvolvimento de tecnologias como a energia solar PV e é fundamental para a evolução e progresso (Paulo, 2019). Portanto, expandir a cooperação no setor de energia é uma maneira de aproveitar oportunidades para gerar esse progresso (Losekann, 2021). Por isso, atualmente, uma prioridade da inovação é melhorar a sustentabilidade, criando valor para a sociedade e minimizando o impacto ambiental (Sánchez-García, 2022). Liu *et al.* (2022) afirmam que a proximidade entre os participantes de uma rede, que envolve semelhanças em vários aspectos, pode melhorar a colaboração e gerar uma vantagem competitiva. Porém, os autores afirmam que a falta de critérios adequados para medir proximidade multidimensional limita a análise a respeito das redes de inovação. Guo *et al.* (2021) afirmam que a proximidade geográfica e tecnológica tem uma relação não linear com a estabilidade da rede, enquanto a proximidade institucional a fortalece. Já Xu *et al.* (2023) afirmam que a proximidade geográfica, cognitiva e institucional tem um impacto positivo no desenvolvimento de inovação das organizações, mas de maneiras diferentes. Justificam afirmando que a proximidade geográfica ajuda no compartilhamento de informações, enquanto a proximidade cognitiva e institucional favorece o aprendizado e acelera o processamento do conhecimento.

3 Discussão

Os dados das patentes foram coletados no Derwent Innovation (DI). A decisão de usar o DI foi devido à sua eficácia como ferramenta de pesquisa de patentes, pois o sistema oferece diversas opções de pesquisa, facilita a geração de gráficos com os resultados e é muito fácil de utilizar (Junior *et al.*, 2023). O campo de busca do DI atribui uma variável referente aos códigos de classificação (ICR) que abrange todas as variações de busca que envolvam o uso do código IPC. Dessa maneira, foram selecionados dois IPCs disponíveis na plataforma da World Intellectual Property Organization (WIPO), relacionados aos sistemas solares híbridos térmico-fotovoltaicos: H01L00310525, que se refere aos Meios para utilizar a energia térmica diretamente associada à célula fotovoltaica (*Means to utilise heat energy directly associated with the PV cell*) e H02S004044, referente aos Meios para utilizar a energia térmica, por

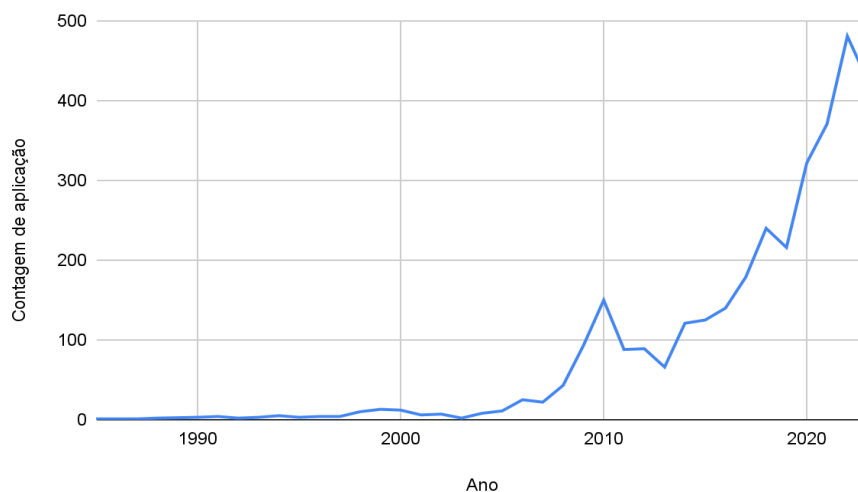
exemplo, sistemas híbridos que produzem água quente e eletricidade ao mesmo tempo (*Means to utilise heat energy, e.g. hybrid systems producing warm water and electricity at the same time*).

Na preparação dos dados, além da remoção das patentes recusadas, retiradas ou sem pagamento, como indicado pelos status "reject", "withdraw", "refuse", "non-payment", "no paying" e "abandon", também foram eliminadas as patentes com códigos duplicados, identificadas por apresentarem o mesmo nome, mesmos titulares e outras informações idênticas, ainda que possam ter códigos diferentes em função das distintas fases do processo de avaliação; esse procedimento é necessário para evitar qualquer viés nos resultados. Foi realizado um tratamento nos títulos das patentes e *assignees*, padronizando para o inglês, visando facilitar a leitura e o entendimento. A plataforma utilizada para gerar essa tradução foi o *Google Translate*. Como última etapa no processo de tratamento da base, foi realizado o preenchimento manual com informações disponíveis no *Google Patents*, como uso complementar justificado pela restrição de acesso ao DI e para auxiliar na padronização do idioma.

Utilizando os registros do Derwent Innovation, foi possível observar um crescimento no número de patentes entre os anos de 1984 e 2023. A primeira patente registrada data de 1984, na Alemanha, sob o código DE3419797, referente a um sistema de conversão de energia solar que utiliza uma placa de vidro como estrutura de suporte para células solares montadas de frente para o absorvedor (*Solar energy conversion system uses glass covering plate as support structure for solar cells mounted to face absorber*), considerando os IPCs F24S001070 e H02S004044. A patente atualmente não está ativa. Desde então, houve um aumento significativo no número de depósitos. É possível conferir a evolução no número de patentes a partir da figura 1. Importante ressaltar que os dados da figura 1 está considerando as patentes ativas e inativas, apenas para a análise histórica dos depósitos.

Figura 1

Evolução Anual dos Depósitos de Patentes



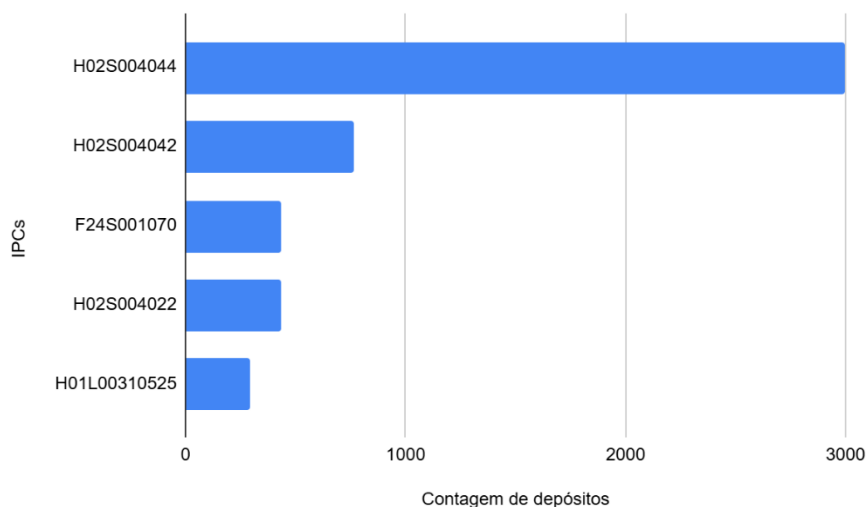
Fonte: Elaborada pelos autores.

Neste estudo, dentre os códigos de patentes encontrados na base de dados exportada do Derwent Innovation, destacam-se dois códigos específicos que serão analisados ao longo da pesquisa por estarem diretamente relacionados a tecnologias voltadas ao uso de sistemas híbridos fotovoltaicos: H01L00310525 e H02S004044. Além desses, foram identificados alguns códigos intermediários, como H02S4042 (indicação óptica da eficiência do painel solar), F24B1070 (fogões ou lareiras a lenha, carvão ou combustíveis sólidos) e H02S4022 (dispositivos de controle de temperatura ou radiação para módulos solares).

O IPC H02S004044 foi identificado como o de maior número de ocorrências, posicionando-se em primeiro lugar na classificação (Figura 2), com um total de 2187 registros, se destacando como o mais frequente. Em contrapartida, o IPC H01L00310525 registrou 170 ocorrências, representando uma quantidade menor em comparação com o H02S004044. Porém, apesar de o IPC H01L00310525 ter iniciado com menor relevância, ao longo das décadas, foi assumindo uma maior frequência nas aplicações.

Figura 2

Análise dos Depósitos de Patentes por Classificação IPC

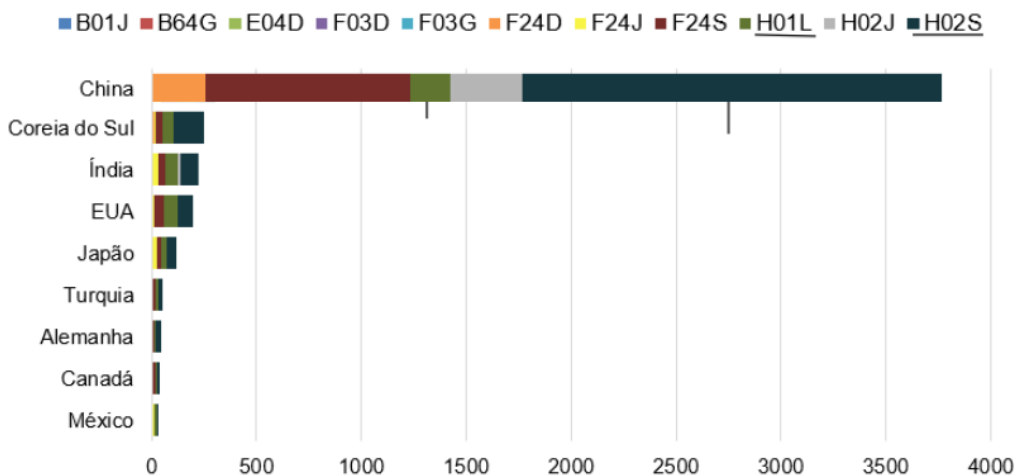


Fonte: Elaborada pelos autores.

Embora a Alemanha tenha sido pioneira ao aplicar a primeira patente do IPC - GI, no panorama geral de registros e não ao conjunto de dados refinado especificamente para este estudo, atualmente a China é quem possui o maior número de aplicações de patentes. Com um total de 2222 patentes aplicadas, a China lidera o ranking de aplicações. Especificamente, para os IPCs H02S004044 e H01L00310525, totalizam 1983 patentes. Ou seja, a maioria das aplicações chinesas. Na última década, a capacidade instalada e as atividades de inovação de vários tipos de energias renováveis na China cresceram significativamente (Wang, 2023). É possível visualizar o expressivo número na figura 3.

Figura 3

Análise de Aplicações de Patentes por País



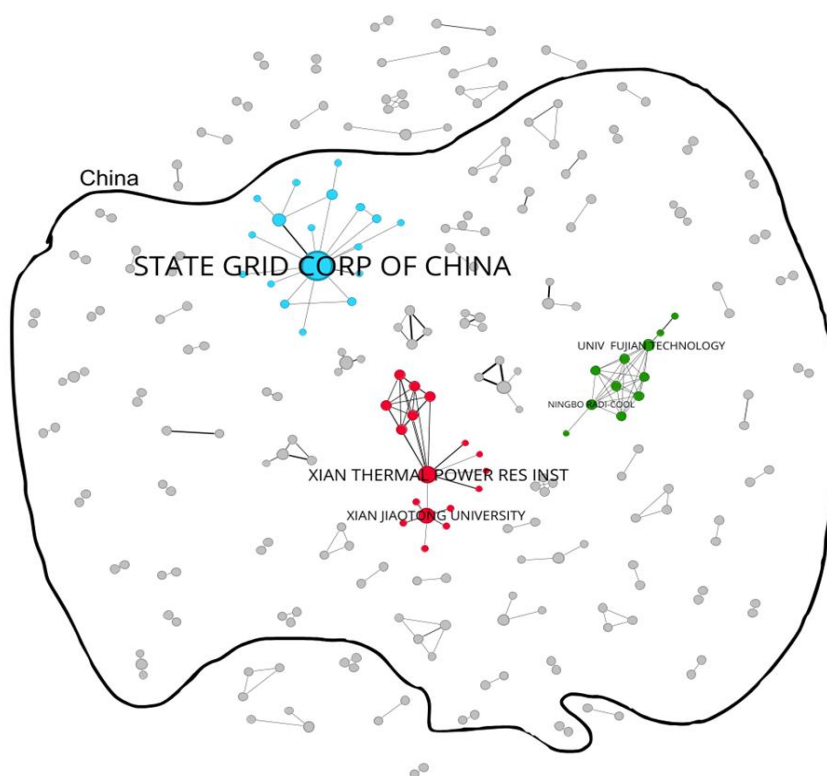
Fonte: Elaborada pelos autores.

O gráfico acima mostra a China (CN) como líder absoluta no número de registros para H02S004044 (azul escuro), com um volume muito superior (76%) aos demais países, que apresentam números bem menores. Além disso, o IPC H01L00310525 (verde) tem uma distribuição em mais países, como Coreia do Sul (KR), Índia (IN), EUA (US) e Alemanha (DE), apresentando equilíbrio, porém, com menos registros em comparação ao H02S004044, que predomina globalmente. Dentre as 10 instituições com maior número de patentes aplicadas, todas são chinesas: State Grid Corp Of China, Chinese Academy Of Science, Xian Thermal Power Res Inst Co Ltd, Xi'an Jiatong University, Univ Southwest Jiaotong, Shanghai Boyon New Energy Technology Co, Bolymedia Holdings Co Ltd, Gcl System Integration Technology Co Ltd, Shanghai Jiao Tong University, Univ Changzhou.

Em primeiro lugar está a State Grid Corporation of China (SGCC), que possui 80 patentes, representando 2,57% do total. Em seguida, aparecem a Chinese Academy of Science, com 37 patentes (1,19%), e a Xian Thermal Power Research Institute Co. Ltd, com 36 patentes (1,16%). Esse destaque da SGCC pode ser justificado pela fala do autor Yi-chong (2019), que afirma que a organização, motivada por uma crise elétrica no início do ano 2000, tem focado todos os seus esforços de inovação em tecnologias de transmissão para resolver o problema de forma estruturada. Outro destaque foi a Chinese Academy Of Science, reconhecida pela sua dedicação no desenvolvimento de uma sociedade focada em inovação (Suttmeier, 2006).

Figura 4

Rede de cooperação de titulares de patentes – Cluster State Grid Corp Of China



Fonte: Elaborada pelos autores.

Além da importância da SGCC na sub-rede (figura 4) também foi possível identificar as fortes relações de empresas com universidades e agentes de pesquisa. O tamanho do nó e a espessura das linhas demonstram a força dessa relação, indicando uma quantidade significativa de cooperações. A aresta mais notável é a que conecta a SGCC com a China Academy Building Research (CABR). A CABR é a maior e mais diversificada instituição de pesquisa na indústria da construção na China, segundo o portal da Globalabc. Essa relação (academia e indústria) é vista como um impulso para a transformação social e econômica, proporcionando interações que atendem às necessidades da sociedade (Gazzetta, 2020).

Para compreender melhor a relevância dessas relações, foi desenvolvida a tabela 1 que nos mostra a relação de colaboração entre os entes da rede. Para essa análise, serão consideradas as relações entre entes independentes (pessoas físicas), indústrias (empresas e corporações), academia (universidades e entidades de pesquisas) e governo (sistemas públicos).

Tabela 1

Frequência de cooperação

Interação	Frequência absoluta	Frequência relativa
------------------	----------------------------	----------------------------

Independente -> Independente	472	68,60%
Indústria -> Indústria	91	13,23%
Academia -> Indústria	68	9,88%
Independente -> Indústria	21	3,05%
Academia -> Academia	14	2,03%
Governo -> Indústria	12	1,74%
Academia -> Governo	8	1,16%
Governo -> Governo	2	0,29%

Fonte: Elaborada pelos autores.

A tabela 1 ilustra as interações entre diferentes categorias de entidades no desenvolvimento de patentes para sistemas híbridos de energia fotovoltaica. Dentre os participantes, foi possível perceber que a maioria dos entes são independentes, ou seja, são pessoas físicas (49,05%). Depois estão as indústrias com 34,76% da participação, a academia com 13,81% e o governo, com a menor participação da rede, 2,38%.

A eletricidade é essencial para o desenvolvimento socioeconômico e, no Brasil, cerca de 58,9% da energia elétrica é gerada por hidrelétricas, segundo dados obtidos pelo EPE, no relatório de 2024 (Miranda, 2021). Porém, Miranda (2021) alerta que esse modelo de produção torna a matriz energética vulnerável à escassez de água e impactos ambientais significativos, como a alteração de ecossistemas e o deslocamento de populações. Já a energia fotovoltaica apresenta baixos impactos socioambientais e é uma excelente opção para diversificar a matriz energética do Brasil (Forlin & Rossi, 2025). Apesar da baixa geração em relação a outras fontes, o Brasil tem alto potencial solar devido à sua localização subtropical, onde a intensidade solar é influenciada pela latitude e estação do ano (Machado, 2022). Diante da necessidade de buscar uma alternativa para substituir as usinas hidrelétricas e de reduzir o uso de combustíveis fósseis, o Sol se destaca como uma fonte renovável de energia (Fantini, 2021). Em maio de 2022, o Brasil registrou um aumento de 52,6% na geração de energia fotovoltaica em relação ao ano anterior. Segundo a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), esse crescimento anual de cerca de 230% mostra que o potencial dessa fonte de energia ainda não foi totalmente alcançado no país (Santos, 2023).

As restrições orçamentárias no Brasil dificultam os investimentos em áreas estratégicas, como P&D, devido à alta demanda por recursos em outros setores e obstáculos legais. O baixo investimento privado e resultado das finanças públicas frágeis impede avanços significativos em inovação, produtividade e crescimento econômico (Leal & Figueiredo, 2021). Ocupando

uma posição bem abaixo no número de patentes publicadas, o Brasil possui apenas duas patentes que estão classificadas como ativas: a BR102014017818B1, refere-se ao desenvolvimento do painel solar fotovoltaico, e a BRPI1004669A2, relacionada ao sistema híbrido de aquecimento de água e geração fotovoltaica com melhor aproveitamento da energia solar. A primeira patente foi registrada em 18 de julho de 2014, e a segunda, em 24 de novembro de 2010. O Brasil colaborou com 29 aplicações de patentes, das quais 9 permanecem ativas. Das patentes ainda ativas, 6 vieram do Canadá, 2 dos Estados Unidos e 1 teve a sua origem de aplicação em Portugal. O Canadá e os Estados Unidos são países pertencentes à América, tal como o Brasil, apesar de ocupar o território da América do Sul, e os países citados anteriormente são parte do norte da América. Ainda assim, são países que possuem certa proximidade de território.

Conclusão

Este trabalho buscou apontar como é estabelecida a caracterização dos arranjos colaborativos no desenvolvimento de tecnologias relacionadas aos sistemas solares híbridos térmico-fotovoltaicos, por meio da análise em três dimensões, possibilitando a identificação dos principais titulares, países e a relação entre as tecnologias mapeadas. Os resultados da análise mostraram que a China lidera o número de registros para a classificação H02S004044, com um volume muito superior (76%) ao dos demais países. Já o IPC H01L00310525 apresentou uma distribuição mais equilibrada entre países como Coreia do Sul, Índia, Estados Unidos e Alemanha, mas ainda com números inferiores ao domínio chinês no H02S004044. Essa predominância foi reforçada pela análise das redes entre titulares, que revelou uma estrutura centralizada, tendo a State Grid Corp of China (SGCC) como destaque. Além da SGCC, destacaram-se outros atores, como Xi'an Thermal Power Research e Gupta Lakshmana K E Yadav Surendra Kumar, que desempenham papéis de mediação nas colaborações.

A análise das interações entre diferentes categorias de entidades demonstrou que a maioria dos participantes são independentes, ou seja, pessoas físicas, que representam 49,05% das colaborações. Em seguida, aparecem as indústrias (34,76%), a academia (13,81%) e, com a menor participação, o governo (2,38%). A interação mais predominante foi "Independente - > Independente", correspondendo a 68,60% do total, seguida por colaborações internas da indústria (13,23%) e interações entre academia e indústria (9,88%). Esses resultados indicam uma tendência de colaboração autônoma entre indivíduos e organizações. Já no cenário nacional, embora o governo brasileiro tenha programas voltados para a descarbonização e a promoção de energia limpa, como a RenovaBio, o Programa Nacional de Hidrogênio (PNH2)

e, mais recentemente, o Combustível do Futuro, não há ainda uma iniciativa direcionada especificamente para a geração e o desenvolvimento de sistemas solares híbridos térmico-fotovoltaicos. O apoio governamental no desenvolvimento de uma tecnologia como esta é primordial, inclusive para atrair investimentos privados no setor de energia. Do ponto de vista teórico, este estudo amplia o entendimento sobre os processos de colaboração e IA, reforçando a ideia de que a competitividade tecnológica, especialmente no campo das energias renováveis, é impulsionada por arranjos colaborativos entre diversos atores, como empresas, universidades, indivíduos e organizações internacionais. A predominância de colaborações autônomas e a liderança de determinados países pode impactar nas dinâmicas de difusão e adoção dessas tecnologias em nível global, por justamente estarem concentradas.

Referências

- Britto, J. (2001). Cooperação tecnológica e aprendizado coletivo em redes de firmas: sistematização de conceitos e evidências empíricas. *Encontro Nacional de Economia*, 29.
- Cunha Kemerich, P. D., Flores, C. E. B., de Borba, W. F., da Silveira, R. B., França, J. R., & Levandoski, N. (2016). Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 241-247.
- Etzkowitz, H. (2010). The triple helix. *University-Industry-Government Innovation in Action*, 15-22.
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (1995). The Triple Helix--University-industry-government relations: A laboratory for knowledge based economic development. *EASST review*, 14(1), 14-19.
- Etzkowitz, H., & Zhou, C. (2017). Hélice Tríplice: inovação e empreendedorismo universidade-indústria-governo. *Estudos avançados*, 31, 23-48.
- Favot, M., Vesnic, L., Priore, R., Bincoletto, A., & Morea, F. (2023). Green patents and green codes: How different methodologies lead to different results. *Resources, Conservation & Recycling Advances*, 18, 200132. <https://doi.org/10.1016/j.rcrap.2023.200132>

- Forlin, C. L., & Rossi, F. A. (2025). Estudo experimental sobre a influência teórica de módulos fotovoltaicos aplicados em fachadas em Curitiba, PR. *Ambiente Construído*, 25, e141460.
- Gazzetta, A. G. C., Kato-Cruz, E. M., & Endo, G. Y. (2020). Cooperação universidade-empresa: revisão sistemática integrativa em periódicos nacionais de 2009 a 2020. *South American Development Society Journal*, 6(18), 20.
- Guo, M., Yang, N., Wang, J., & Zhang, Y. (2021). Multi-dimensional proximity and network stability: the moderating role of network cohesion. *Scientometrics*, 126, 3471-3499.
- Guerra, F. C., & Zacharias, A. A. (2016). Mapeamento das áreas de riscos hidrológicos e as políticas públicas de sustentabilidade: o caso de Ourinhos/SP. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, 4(26), 223-243.
- Jabareen, Y. (2008). A new conceptual framework for sustainable development. *Environment, Development and Sustainability*, 10, 179-192. <https://doi.org/10.1007/s10668-006-9056-5>
- Júnior, C. V. M., de Sousa, M. R. C., de Souza Fernandes, M. Â., Rodrigues, R. C., & de Souza Antunes, A. M. (2023). *Panorama sobre tecnologias relacionadas à energia eólica offshore protegidas por patentes: Potencial estímulo à inovação*.
- Leal, C. I. S., & Figueiredo, P. N. (2021). Inovação tecnológica no Brasil: desafios e insumos para políticas públicas. *Revista de Administração Pública*, 55(3), 512-537.
- León, L. R., Bergquist, K., Wunsch-Vincent, S. A., Xu, N., & Fushim, K. (2023). Measuring innovation in energy technologies: Green patents as captured by WIPO's IPC green inventory. *SSRN*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4048828>
- Leydesdorff, L., & Meyer, M. (2003). The Triple Helix of university-industry-government relations. *Scientometrics*, 58, 191-203.

- Liu, J., Fang, Y., & Chi, Y. (2022). Evolution of innovation networks in industrial clusters and multidimensional proximity: A case of Chinese cultural clusters. *Heliyon*, 8(10), e08542. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08542>
- Liu, S., Yu, Q., Zhang, L., Xu, J., & Jin, Z. (2021). Does intellectual capital investment improve financial competitiveness and green innovation performance? Evidence from renewable energy companies in China. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021, Article ID 8897652, 1-13. <https://doi.org/10.1155/2021/8897652>
- Losekann, L., & Tavares, A. (2021). *Transição energética e potencial de cooperação nos BRICS em energias renováveis e gás natural*.
- Machado, P. L. O. (2022). *Sistema híbrido fotovoltaico/térmico para geração de energia elétrica e aquecimento de água utilizando termossifões* (Dissertação de mestrado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- Manwell, J. F. (2004). Hybrid energy systems. *Encyclopedia of Energy*, 3, 215-229.
- Miranda, M. O. L. (2021). *Análise do desempenho de um coletor solar híbrido em um sistema de produção simultânea de eletricidade e água quente*.
- OCDE. (2018). *Manual de Oslo: Directrices para la recogida e interpretación de datos sobre innovación* (4ª ed.). Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).
- Paiva, M. S. D., Cunha, G. H. D. M., Souza Junior, C. V. N., & Constantino, M. (2018). Innovation and the effects on market dynamics: a theoretical synthesis of Smith and Schumpeter. *Interações (Campo Grande)*, 19, 155-170.
- Paulo, A. F. D. (2019). *Cooperação e Rotas Tecnológicas para o desenvolvimento de tecnologias sobre energia solar fotovoltaica: Uma análise baseada em patentes*. (Tese de Doutorado), Universidade de São Paulo.

- Peng, D. X., Schroeder, R. G., & Shah, R. (2008). Linking routines to operations capabilities: A new perspective. *Journal of Operations Management*, 26(6), 730-748.
<https://doi.org/10.1016/j.jom.2008.01.001>
- Ramos, C. A. F., Alcaso, A. N., & Cardoso, A. J. M. (2020). Tecnologia solar híbrida. In *CIES2020-XVII Congresso Ibérico e XIII Congresso Ibero-americano de Energia Solar* (pp. 517-525). LNEG-Laboratório Nacional de Energia e Geologia.
- Rubbo, E., & Pinheiro, I. A. (2002). Fatores do clima organizacional que são motivadores para a inovação tecnológica em um centro de tecnologia. *Revista Eletrônica de Administração*, 8(5).
- Sánchez-García, E., Marco-Lajara, B., Seva-Larrosa, P., & Martínez-Falcó, J. (2022). Driving innovation by managing entrepreneurial orientation, cooperation and learning for the sustainability of companies in the energy sector. *Sustainability*, 14(24), 16978.
- Santos, N. D. S. (2023). *Análise da viabilidade do uso de um sistema híbrido fotovoltaico térmico em habitações de interesse social*.
- Sartori, S., Latrônico, F., & Campos, L. (2014). Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura. *Ambiente & sociedade*, 17, 01-22.
- Schumpeter, J. A. (1988). *Teoria do desenvolvimento econômico*. Editora Nova Cultural.
- Seeling-Hochmuth, G. C. (1997). A combined optimisation concept for the design and operation strategy of hybrid-PV energy systems. *Solar energy*, 61(2), 77-87.
[https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(97\)00081-0](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(97)00081-0)
- Shayani, R. A., Oliveira, M. D., & Camargo, I. D. T. (2006, June). Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais. In *Congresso Brasileiro de Planejamento Energético (V CBPE)* (p. 60).

- Sinha, S., & Chandel, S. S. (2015). Review of recent trends in optimization techniques for solar photovoltaic–wind based hybrid energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 755-769. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.023>
- Soeira, N. C. R. (2024). *Avaliação da implementação dos veículos elétricos na matriz energética brasileira*.
- Suttmeier, R. P., Cao, C., & Simon, D. F. (2006). " Knowledge Innovation" and the Chinese Academy of Sciences. *Science*, 312(5770), 58-59.
- Wang, X., Fan, L. W., & Zhang, H. (2023). Policies for enhancing patent quality: Evidence from renewable energy technology in China. *Energy Policy*, 180, 113660. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113660>
- WCED - World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future*. Oxford University Press.
- World Intellectual Property Organization. (n.d.). *Green inventory*. WIPO. <https://www.wipo.int/classifications/ipc/green-inventory/home>
- Xu, J., Wang, C., & Cui, Y. (2023). Multidimensional proximities and interorganizational coinnovation performance: The roles of intraorganizational collaboration network inefficiency. *Frontiers in Psychology*, 14, 1121908. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1121908>
- Yi-chong, X. (2019). The search for high power in China: State Grid Corporation of China. *Policy, Regulation, and Innovation in China's Electricity and Telecom Industries*, 221-61.