



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E CIÊNCIAS
ECONÔMICAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

MARIANA MAGRE MACHADO

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

Goiânia

2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E CIÊNCIAS ECONÔMICAS

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação Tese Outro*: _____

*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

Exemplos: Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

2. Nome completo do autor

Mariana Magre Machado

3. Título do trabalho

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

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);
 - b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.
- O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Mariana Magre Machado, Discente**, em 05/09/2025, às 11:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alex Fabianne De Paulo, Professor do Magistério Superior**, em 05/09/2025, às 12:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5580501** e o código CRC **F9120872**.

MARIANA MAGRE MACHADO

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

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Ciências Econômicas (FACE) da Universidade Federal de Goiás (UFG) como requisito para obtenção do título de Mestra em Administração.

Área de concentração: Administração de Organizações.

Linha de pesquisa: Empreendedorismo, Estratégia e Inovação.

Orientador: Prof. Dr. Alex Fabianne de Paulo.

Goiânia

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Machado, Mariana Magre

Caracterização das redes colaborativas no desenvolvimento de tecnologias sobre sistemas solares híbridos térmico-fotovoltaicos [manuscrito] / Mariana Magre Machado. - 2025.

XCIX, 99 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Alex Fabianne de Paulo.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Ciências Econômicas (FACE), Programa de Pós-Graduação em Administração, Goiânia, 2025.

Bibliografia. Anexos.

Inclui siglas, abreviaturas, símbolos, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Energia renovável. 2. Inovação aberta. 3. Sistemas solares híbridos térmico-fotovoltaicos. 4. Cooperação tecnológica. 5. Patentes. I. de Paulo, Alex Fabianne, orient. II. Título.

CDU 005



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E CIÊNCIAS ECONÔMICAS

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº **23/2025** da sessão de Defesa de Dissertação de **MARIANA MAGRE MACHADO**, que confere o título de Mestra em Administração, na área de concentração em Administração de Organizações.

Aos dezoito dias do mês de junho do ano de dois mil e vinte e cinco, a partir das quatorze horas, por videoconferência (meet.google.com/jgk-pini-vww), realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada "Caracterização dos arranjos colaborativos no desenvolvimento de tecnologias sobre sistemas solares híbridos térmico-fotovoltaico". Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor Alex Fabianne de Paulo (Presidente/PPGADM/UFG)/Orientador, com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor Doutor Juliano Lima Soares (PPGADM/UFG), Membro Interno Titular/Examinador, e Professor Doutor Alexandre Aparecido Dias (PPGAO/FEARP/USP), Membro Externo Titular/Examinador. Durante a arguição os membros da banca fizeram sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido a candidata aprovada pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor Alex Fabianne de Paulo, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata, assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos dezoito dias do mês de junho do ano de dois mil e vinte e cinco.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA

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



Documento assinado eletronicamente por **Alex Fabianne De Paulo, Professor do Magistério Superior**, em 20/08/2025, às 14:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Daniela Rosim, Coordenadora**, em 10/09/2025, às 14:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Juliano Lima Soares, Professor do Magistério Superior**, em 23/09/2025, às 11:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5580491** e o código CRC **247A1DBC**.

Referência: Processo nº 23070.019564/2025-54

SEI nº 5580491

AGRADECIMENTOS

Agradeço de coração ao meu orientador, Dr. Alex Fabianne, pelo apoio, paciência, orientação e incentivo durante toda a realização desta dissertação. Sua experiência e dedicação foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico e pessoal. Seu apoio foi primordial para que eu chegasse até aqui. Sempre digo que o sonho de me tornar mestre só será possível por tê-lo como orientador. Paciente e sempre respeitando o meu tempo e os contratempos que a vida me trouxe nesses últimos anos.

Aos meus pais, Pedro e Leila, pela constante presença, amor incondicional e por sempre acreditarem em mim. Agradeço por todo o apoio, por me ouvirem, por confiarem nas minhas decisões e por sempre estarem comigo, não importa como, não importa onde. Amo vocês. À minha irmã, Júlia, por ser minha companheira de jornada, sempre me motivando com seu carinho e confiança. Por sempre me entender tão bem, mesmo quando as palavras não são utilizadas. Ao Rodrigo, por seu amor, apoio inabalável e por ser uma fonte constante de força e inspiração em minha vida. Obrigada pela compreensão e pelo carinho dedicados ao longo desta jornada.

Ao meu colega Emanuel, pela ajuda valiosa e colaboração em diversos momentos deste processo. Seu olhar criterioso e a sua contribuição foram essenciais para que esta dissertação se tornasse realidade. Aos colegas Rafael, Diná, Patrick, Thiago, Carlos, Sérgio, Daniel e Bruno, pela parceria, amizade e pelos momentos de aprendizado compartilhados ao longo desta jornada. Agradeço pela troca de experiências e pelo apoio em todos os momentos. Ao professor Juliano, que desde o início da minha jornada no Mestrado viu um potencial em mim que eu não enxergava. Agradeço pelo apoio e direcionamento necessários, que foram fundamentais para minha evolução acadêmica. Também sou grata a todos os professores que contribuíram para a minha formação: Profa. Dra. Daniela, Profa. Dra. Salete, Prof. Dr. Alex, Prof. Dr. Limongi, Prof. Dr. Thiago, Profa. Dra. Josiane e Prof. Dr. Alexandre Dias, pelas considerações de extrema relevância para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao PPGADM da Universidade Federal de Goiás - UFG e ao Gilson por todo o suporte institucional e pela oportunidade de fazer parte de um programa de alta qualidade, que contribuiu enormemente para o meu desenvolvimento acadêmico e profissional.

E, especialmente, a Deus, pela benção de ter colocado essas pessoas maravilhosas em meu caminho, me guiando e me fortalecendo a cada passo desta trajetória.

Sem cada um de vocês, esta conquista não seria possível. Muito obrigada!

RESUMO

As tecnologias voltadas à geração de energia renovável e à mitigação das mudanças climáticas têm avançado rapidamente, com destaque para a energia solar fotovoltaica como alternativa limpa e eficiente. Este estudo analisa as redes de colaboração tecnológica no desenvolvimento de sistemas de energia solar híbrida, a partir da perspectiva da inovação aberta. Para isso, foram utilizadas como base de dados as patentes extraídas da plataforma Derwent Innovation, que serviram de fundamento para a análise e interpretação dos resultados. Através do uso do Gephi, foi possível mapear as interações entre indivíduos, instituições de pesquisa e empresas, revelando estruturas de cooperação tecnológica, como a protagonizada pela State Grid Corporation of China (SGCC). Também foi considerado o panorama brasileiro, com foco nos avanços, desafios e oportunidades da adoção dessas tecnologias no país. Os resultados mostraram que o código IPC H02S004044 foi o mais frequente. A China lidera tanto em volume de patentes quanto no número de patentes com colaboração. Das patentes analisadas, apenas 8% envolveram algum tipo de colaboração, indicando que, apesar do aumento nas inovações, o trabalho conjunto entre instituições ainda é limitado.

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

ABSTRACT

Technologies aimed at renewable energy generation and climate change mitigation have rapidly advanced, with solar photovoltaic energy standing out as a clean and efficient alternative. This study analyzes technological collaboration networks in the development of hybrid solar energy systems from the perspective of open innovation. For this purpose, patents extracted from the Derwent Innovation platform were used as the primary data source, serving as the basis for analysis and interpretation of the results. Through the use of Gephi, it was possible to map interactions among individuals, research institutions, and companies, revealing technological cooperation structures, such as the one led by the State Grid Corporation of China (SGCC). The Brazilian context was also considered, focusing on the advances, challenges, and opportunities related to the adoption of these technologies in the country. The results showed that IPC code H02S004044 was the most frequent. China leads both in the volume of patents and in the number of collaborative patents. Among the patents analyzed, only 8% involved some form of collaboration, indicating that, despite the growth in innovation, joint efforts among institutions remain limited.

Keywords: Renewable energy; Open innovation; Technological cooperation; Hybrid thermal-photovoltaic solar systems; Patents.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - A Estrutura De Um Coletor Híbrido PVT.....	17
FIGURA 2 - Evolução Anual da Aplicação de Patentes.....	34
FIGURA 3- Evolução da Aplicação de Patentes por Décadas.....	35
FIGURA 4- Análise de Aplicações de Patentes por Classificação IPC.....	36
FIGURA 5- Análise de Aplicações de Patentes por País.....	37
FIGURA 6- Análise de Aplicações de Patentes Oriundas de Cooperação.....	40
FIGURA 7- Redes de cooperação geral de titulares de patentes.....	41
FIGURA 8- Rede de cooperação de titulares de patentes – Cluster State Grid Corp of China.....	43
FIGURA 9- Rede de cooperação entre países – Países com maior centralidade de intermediação.....	47
FIGURA 10- Rede de cooperação entre países – Sub-redes.....	49
FIGURA 11- Rede de cooperação entre IPCs.....	51
FIGURA 12- Divisão da Produção Energética no Brasil em 2023.....	55
FIGURA 13- Crescimento Anual da Produção Energética Solar no Brasil.....	56
FIGURA 14- Produção de Energia no Brasil em 2023 (Hidráulica, Fotovoltaica e Térmica).....	14
FIGURA 15- Geração de Energia Solar Fotovoltaica em 2021.....	57
FIGURA 16- Repartição da Oferta Interna de Energia em 2023.....	58
FIGURA 17- O Brasil Inserido na Rede de Colaboração.....	61

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Dados Coletados.....	28
TABELA 2- IPCs ao longo das décadas (ativas).....	36
TABELA 3- Organizações e quantidades de aplicações.....	38
TABELA 4- Laboratório de dados.....	42
TABELA 5- Frequência de participação.....	44
TABELA 6- Relação de Grau e Centralidade entre os Países.....	48
TABELA 7- Relação de Grau e Pagerank dos IPCs Conectados.....	52
TABELA 8- Título da classificação dos IPCs da Rede de Colaboração.....	52
TABELA 9- Países Com o Maior Índice de Utilização do IPC H02S004044.....	53
TABELA 10- Número de Aplicações por País.....	59
TABELA 11- Número de Patentes Desenvolvidas com a Colaboração do Brasil.....	60

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

AY (Application Year) – Intervalo de anos de publicação

BRI (Belt and Road Initiative) – Iniciativa do Cinturão e Rota

CABR (China Academy of Building Research) – Academia Chinesa de Pesquisa em Construção

CIP (International Patent Classification) – Classificação Internacional de Patentes (forma traduzida)

DI (Derwent Innovation) – Plataforma Derwent Innovation

DPIs (Intellectual Property Rights) – Proteção de direitos de propriedade intelectual

EP (European Patent Office) – Escritório Europeu de Patentes

ESS (Energy Storage Systems) – Sistemas de armazenamento de energia

GEI (Global Energy Interconnection) – Iniciativa Global de Energia Interconectada

GI (Green Inventory) – Inventário Verde

GIP (Green Intellectual Property) – Propriedade Intelectual Verde

HT (Triple Helix) – Hélice Tríplice

IA (Open Innovation) – Inovação aberta

IES (Interconnected Energy Systems) – Energia em sistemas interligados

INPADOCs (International Patent Documentation) – Documentação Internacional de Patentes

IPC (International Patent Classification) – Classificação Internacional de Patentes

IPC – GI (IPC Green Inventory) – Inventário Verde da Classificação Internacional de Patentes

OCDE (Organisation for Economic Co-operation and Development) – Organização para a

Cooperação e o Desenvolvimento Econômico

ODS (Sustainable Development Goals) – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

OMPI (World Intellectual Property Organization) – Organização Mundial da Propriedade Intelectual

ONU (United Nations Organization) – Organização das Nações Unidas

P&D (Research and Development) – Pesquisa e Desenvolvimento

PI (Intellectual Property) – Propriedade Intelectual

PVT (Photovoltaic Term) – Termo fotovoltaico

SGCC (State Grid Corporation of China) – Corporação Estatal de Rede Elétrica da China

SSHTF (Solar Thermal-Photovoltaic Hybrid Systems) – Sistemas solares híbridos térmico-fotovoltaicos

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) – Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima

WIPO (World Intellectual Property Organization) – Organização Mundial da Propriedade Intelectual

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivo Geral.....	13
1.2 Objetivos Específicos	14
1.3 Estrutura do trabalho	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Desenvolvimento Sustentável e Matriz Energética	15
2.2 Sistemas Fotovoltaicos Híbridos.....	18
2.3 Inovação e Propriedade Intelectual.....	21
2.4 Cooperação para o desenvolvimento tecnológico.....	24
2.5 Proximidade e Desenvolvimento Tecnológico Colaborativo.....	26
3. ASPECTOS METODOLÓGICOS	29
3.1 Tipo de Pesquisa.....	29
3.2 Coleta e Preparação de Dados.....	29
3.3 Análise de Dados	32
3.3.1. Estatística descritiva	33
3.3.2. Análise em três dimensões	33
3.3.3. Análise de redes sociais	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
4.1 Análise Exploratória dos Dados das Patentes	38
4.2 Análise das Redes de Cooperação.....	44
4.2.1. Dimensão organizacional - Redes cooperação entre titulares.....	44
4.2.2. Dimensão geográfica - Redes cooperação entre países e regiões	51
4.2.3. Dimensão tecnológica - Redes de interrelação de tecnologias	55
4.3 Participação do Brasil no Desenvolvimento de Sistemas Solares Híbridos Térmico-Fotovoltaicos	59
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
REFERÊNCIAS	71
ANEXO A.....	96
ANEXO B.....	97

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). Lopes (2016) afirma que é necessário que sejam implementadas políticas ambientais que promovam práticas econômicas mais sustentáveis, reduzindo o impacto ambiental das atividades econômicas. Por isso, o autor afirma que a sustentabilidade entrou nos objetivos da ONU e, conseqüentemente, as pesquisas sobre políticas energéticas, meio ambiente e energias renováveis se tornam cruciais para promover o desenvolvimento sustentável, equilibrando o crescimento econômico com a preservação dos recursos naturais.

Considerando o sétimo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável da ONU, que trata da energia limpa e acessível, há um destaque para a importância de garantir o acesso a fontes de energia confiáveis, sustentáveis e modernas para todos. Nesse contexto, Cunha (2016) enfatiza a relevância da energia solar fotovoltaica como uma forma de produzir energia limpa. Ele explica que essa tecnologia converte a luz solar em eletricidade por meio do efeito fotovoltaico, um processo identificado pela primeira vez em 1839 por Edmond Becquerel. 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. Essa tecnologia, em desenvolvimento desde os anos 1970, mostra potencial como opção sustentável na matriz global de energias renováveis (Ramos, 2020).

O sistema híbrido destaca-se por seus painéis solares que funcionam como coletores e geradores de energia simultaneamente, oferecendo vantagens como a produção de eletricidade e água quente. Observa-se que a temperatura afeta significativamente o desempenho dos

painéis fotovoltaicos, resultando na diminuição da potência de saída com o aumento da temperatura. Patenteado na Espanha e reconhecido como uma fonte de energia renovável, o painel solar híbrido utiliza células fotovoltaicas de silício e converte radiação solar em calor para otimizar o desempenho em temperaturas ideais, garantindo eficiência máxima (Algarín, 2011).

Rodríguez (2016) acredita que os sistemas híbridos apresentam uma abordagem única para lidar com a correlação temporal de fontes intermitentes de energia renovável. Segundo o autor, os sistemas híbridos abrem uma nova perspectiva para lidar com a intermitência das fontes de energia renovável, por ter como destaque o custo reduzido e por não estar limitado a uma zona geográfica específica. Braga et al. (2024) afirmam que o avanço das tecnologias e inovações em sistemas híbridos de energia fotovoltaica vai além de atender à demanda ou reduzir a poluição. Segundo os autores, essas fontes renováveis se destacam pela acessibilidade e pela capacidade de oferecer maior autonomia ao ser humano. A energia solar, por exemplo, é uma fonte renovável e abundante, e as inovações na conversão desse recurso em energia já estão presentes em vários dispositivos.

Comumente, grandes empresas geram inovações por meio de laboratórios internos, investindo em pesquisa e desenvolvimento (P&D). O modelo, conhecido como inovação fechada, envolvia proteção por patentes para recompensar esforços e impedir a concorrência. No contexto da inovação aberta (IA), definida por Chesbrough (2003) como a colaboração entre diferentes fontes, o foco está em aproveitar as competências internas da organização com as suas especialidades, para explorar oportunidades externas, em outras instituições que possam colaborar e compartilhar conhecimento e tecnologia. Esse modelo enfatiza redes sistemáticas de colaboração para gerar novos produtos e processos (Stal, 2014).

A IA é um paradigma de gestão que viabiliza a colaboração no desenvolvimento tecnológico. West (2006) afirma que a IA não só consiste em práticas para lucrar com a inovação, mas também representa um modelo cognitivo para conceber, interpretar e explorar essas práticas. Algumas delas não são novas, como o financiamento de pesquisas científicas por agências governamentais e fundações sem fins lucrativos ao longo de mais de 50 anos (West, 2006). Diante da crescente adoção da IA e da relevância cada vez maior da colaboração tecnológica, Paulo (2017) destaca a importância da busca por parcerias no desenvolvimento tecnológico. O autor ressalta que essa abordagem pode ser aplicada em uma ampla gama de contextos, desde colaborações simples até iniciativas complexas envolvendo diversos atores, como empresas, clientes, fornecedores, instituições científicas e intercâmbios globais de ideias.

A frequência crescente da cooperação entre indústrias, conforme observado por Britto (2001), tem motivado a investigação dos fatores que influenciam as interconexões entre empresas. A análise, focada no conceito de "redes de empresas", destaca a capacidade de gerar e disseminar conhecimento internamente, promovendo um processo de "aprendizado coletivo". Esse fenômeno não apenas fortalece as competências tecnológicas, mas também amplia o potencial inovador das empresas dentro do arranjo estruturado (Britto, 2001). A escolha de trabalhar com diferentes parceiros externos no desenvolvimento de uma inovação provavelmente vai depender do comportamento do principal responsável pela decisão estratégica (Classen, 2012).

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). Esse modelo propõe que universidade, empresa e governo atuem como parceiros independentes e ligados, estabelecendo uma colaboração para promover o crescimento econômico regional, que pode ser planejado e gerido de forma estratégica (Da Costa *et al.*, 2020).

Vários países têm promovido ativamente a colaboração internacional para compartilhar conhecimento, gerar projetos e participar de pesquisa (Zheng, 2014). É percebido que, dentro dos estudos a respeito de cooperação, pesquisadores utilizaram dados de patentes para analisar essa colaboração, observando como ela influencia a inovação tecnológica e os fluxos de conhecimento (Xu, 2010).

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). Os registros de patentes desempenham um papel importante como indicadores de inovação tecnológica, oferecendo uma variedade de usos que vão desde a avaliação do progresso tecnológico até a análise da dinâmica do processo de inovação por meio de estudos de cooperação ou trajetórias tecnológicas. A vasta quantidade de informações sobre tecnologias contida nessas patentes é acessível a toda a sociedade,

impulsionando assim o avanço do conhecimento e a criação de novas tecnologias (Gomes *et al.*, 2019).

Trabalhos como o de Ullah *et al.* (2024) investigam a aplicação de metodologias inovadoras para promover o comércio cooperativo de energia em microrredes, focando no equilíbrio entre oferta, demanda e armazenamento de energia. A pesquisa destaca o uso de sistemas de armazenamento de energia (ESS) para otimizar a distribuição de energia, abordando também as flutuações de demanda e as restrições do sistema. Já o estudo de Zhang *et al.* (2024) propõe um modelo cooperativo para otimizar a distribuição de energia em sistemas interligados (IES) e redes de energia múltiplas dentro de uma mesma região. Eles apresentam uma abordagem que coordena de forma mais flexível essas redes, superando dificuldades de comunicação e lidando com as incertezas das fontes renováveis de energia. A pesquisa de Kim e Lee (2021) analisa como a colaboração afeta o desempenho de patentes, considerando os diferentes tipos de redes de cooperação. Os autores observam que a contagem de citações futuras de patentes pode variar de acordo com o campo tecnológico, devido às diferenças no tamanho do mercado de propriedade intelectual, que depende da intensidade do desenvolvimento tecnológico.

Dessa maneira, 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.

1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é: **Caracterizar as redes de colaboração para o desenvolvimento de tecnologias sobre sistemas solares híbridos térmico-fotovoltaicos (SSHTF) a partir da análise das patentes**

1.2 Objetivos Específicos

A partir do objetivo geral derivam os seguintes objetivos específicos:

- a) Realizar análise exploratória das patentes SSHTF entre o período de 1984 até 2023;
- b) Analisar as redes de colaboração a partir de 3 perspectivas distintas: tecnologias, organizações e geografia;
- c) Avaliar a participação do Brasil no contexto de desenvolvimento de inovações em SSHTF.

1.3 Estrutura do trabalho

Este estudo se organiza em três seções principais. Na introdução, são apresentados os fundamentos e a relevância do tema, delineando o contexto da pesquisa e destacando a importância da cooperação no desenvolvimento de tecnologia para sistemas híbridos de energia solar. Em seguida, o referencial teórico fornece uma base literária vinda de diferentes autores, explorando conceitos-chave como sustentabilidade, inovação e desenvolvimento de tecnologia em energia solar híbrida, necessários para compreender os arranjos colaborativos neste contexto. Logo após, os aspectos metodológicos detalham os procedimentos adotados para a realização da pesquisa, incluindo abordagens de coleta e análise de dados, visando alcançar a caracterização dos arranjos colaborativos de tecnologia no desenvolvimento desses sistemas. Por fim, a análise dos resultados permite identificar tendências e padrões, e as referências bibliográficas listam as fontes consultadas e citadas ao longo da pesquisa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção será discutido o conceito de desenvolvimento sustentável, que busca equilibrar a preservação ambiental com as demandas humanas, integrando aspectos sociais, econômicos e ambientais. A seção abordará temas como: sustentabilidade, inovação e a importância das energias renováveis, especialmente os Sistemas Fotovoltaicos Híbridos, para mitigar o aquecimento global e promover benefícios econômicos e ambientais. Além disso, será tratado também o tema Cooperação e Desenvolvimento Tecnológico, destacando a importância da cooperação entre empresas e instituições para o desenvolvimento de novas tecnologias, enfatizando a troca de conhecimentos e recursos como essenciais para a inovação e a competitividade. Serão discutidos os modelos de arranjos colaborativos, os desafios e benefícios da cooperação e como ela pode acelerar a inovação tecnológica, especialmente em países em desenvolvimento. Por fim, será discutida a Inovação e a Propriedade Intelectual, abrangendo a proteção de direitos de propriedade intelectual (DPIs) no estímulo à inovação. A seção explora a evolução dos DPIs, os desafios enfrentados por países em desenvolvimento, e como a inovação em tecnologias ambientais pode ser incentivada por meio de patentes verdes e outras medidas.

2.1 Desenvolvimento Sustentável e Matriz Energética

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).

Aprofundando na discussão a respeito do desenvolvimento sustentável, Feil (2017) explora as analogias entre sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, ressaltando sua conexão como componentes de um único sistema composto por atividades humanas e ambientais. Essa compreensão visa satisfazer as necessidades da humanidade e manter os sistemas que sustentam a vida no planeta. Essa institucionalização do conceito, segundo Barbieri (2010), tanto em nível global quanto em organizações e empresas, é notável e sem

precedentes, evidenciando seu impacto e alcance. Portanto, é necessário enxergar o desenvolvimento sustentável como uma força significativa nos movimentos contemporâneos (Moreira, 2008).

O desenvolvimento sustentável é frequentemente considerado como retórica simbólica, sujeita a diferentes interpretações políticas (Jabareen, 2008). Dentre essa multiplicidade de conceitos, Barbieri (2010) traz para a discussão críticas que revelam debates fundamentais em torno da eficácia e da compreensão de desenvolvimento sustentável. Essas críticas questionam a viabilidade do crescimento econômico, além de ressaltar preocupações sobre aspirações empresariais por trás da agenda da sustentabilidade. Mesmo assim, Veiga (2005) ressalta a ótica de que uma comunidade que escolhe proteger um ecossistema, ao invés de construir algo temporário e superficial, está pensando além de seus interesses locais, considerando valores morais e estéticos mais amplos. Apesar das críticas e preocupações com as intenções empresariais, o desenvolvimento sustentável tornou-se uma força significativa nos movimentos contemporâneos, estabelecendo-se como um ponto central de discussão e ação em um curto espaço de tempo (Barbieri, 2010).

Enquanto isso, o crescente interesse global no enfrentamento do aquecimento global, como destacado por Moreira (2008), revela a urgência de ações concretas para reduzir as emissões de gases de efeito estufa. O desenvolvimento sustentável, considerado o acesso para alcançar a sustentabilidade, é um processo que requer habilidades técnicas, financeiras e estratégicas para elevar o nível de qualidade sustentável. Afinal, é necessário atingir o desenvolvimento sustentável a nível global, saudável e adaptável às mudanças (Feil, 2017). Nesse contexto, o Protocolo de Quioto, ao estabelecer metas e mecanismos para combater as mudanças climáticas, oferece uma oportunidade para os países em desenvolvimento se engajarem na busca pelo desenvolvimento sustentável, promovendo projetos de energia limpa e cooperação internacional (Moreira, 2008).

Diante dessa dedicação de esforços a nível global, Shayani (2006) destaca a urgência em reduzir a emissão de gases para a atmosfera, especialmente em relação ao aquecimento global, enfatizando a importância de fontes de energia sustentáveis para mitigar a degradação ambiental. Na sociedade industrial moderna, há um fluxo unidirecional de matéria e energia que não se integra aos ciclos naturais. Isso torna o modelo insustentável (Brüseke, 1994). Portanto, é necessário se concentrar na produção de energia limpa, como a energia solar, que, além de promover benefícios ambientais, também apresenta vantagens econômicas em comparação com fontes convencionais de energia (Shayani, 2006).

Segundo Alcoforado (2024), os países da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) lideram o consumo global de energia. No anexo B são descritos os países pertencentes ao grupo, seguidos por China, Rússia e outras nações asiáticas. O petróleo e o carvão são os principais agentes na emissão de CO₂, com os países industrializados da OCDE figurando entre os maiores emissores (Alcoforado, 2024). Para resolver esse problema, subsídios são utilizados para reduzir custos de produção de combustíveis fósseis ou incentivar energias mais avançadas. Essa tática é essencial para a transição rumo a energias renováveis e para alcançar metas climáticas, podendo reduzir as emissões de carbono de 6% a 10%. Contudo, essa mudança enfrenta desafios, especialmente em países em desenvolvimento, onde os subsídios estão profundamente enraizados nos sistemas econômicos e políticos (Bastos & Gubert, 2024).

Com o aumento da população global e a crescente demanda por recursos, especialmente energéticos, surgem preocupações ambientais globais. Isso tem impulsionado a pesquisa em tecnologias sustentáveis, visando reduzir os custos de geração e promover o desenvolvimento sustentável (Santana, 2020). Apesar dos desafios ambientais e sociais, a construção de grandes hidrelétricas continua, impulsionada pela escassez de recursos e pelo valor econômico dos combustíveis fósseis. Embora alguns países estejam adotando energias renováveis, como eólica e solar, a disseminação dessas práticas em escala global enfrenta resistência devido a interesses econômicos e obstáculos institucionais e profissionais (Bursztyn, 2020). Mesmo assim, a utilização de fontes de energia renováveis tem se tornado cada vez mais relevante, dada a crescente emissão de CO₂ pelas centrais elétricas (Shayani, 2006).

O uso adequado de recursos renováveis, como energia eólica, hidráulica e solar, pode substituir fontes de energia poluentes, reduzindo danos ao meio ambiente. Além disso, esses recursos são inesgotáveis, contribuindo para a diversificação da oferta de energia, criação de empregos, preservação da biodiversidade e redução da poluição, entre outros benefícios (Santana, 2020). As fontes de energia renovável têm sido fundamentais para os seres humanos desde o início da civilização. Se aplicadas de forma moderna, essas fontes são consideradas altamente responsivas às diretrizes gerais de política energética e ambiental (Turkenburg, 2000). Diante disso, pesquisadores propõem três estratégias: melhorar a eficiência dos sistemas convencionais, desenvolver tecnologias limpas e adotar energias renováveis. O uso dessas energias vem crescendo rapidamente, com projetos em larga escala em todo o mundo (Sayed, 2023). Segundo Herrando *et al.* (2023), uma forma de mitigar os efeitos do carbono é com a utilização de sistemas híbridos, como os coletores termo fotovoltaicos (PVT), que combinam a geração de eletricidade e o aproveitamento de calor. Esses sistemas não só aumentam a

eficiência das células fotovoltaicas ao resfriá-las, mas também permitem o autoconsumo de energia, tornando-se uma solução econômica e sustentável.

2.2 Sistemas Fotovoltaicos Híbridos

Tecnologias de geração de energia renovável e de mitigação das mudanças climáticas estão crescendo rapidamente, especialmente em comparação com outras inovações (Hašič, 2015). Para exemplificar, o crescimento da produção global de células fotovoltaicas é impulsionado por melhorias tecnológicas, programas de introdução ao mercado e incentivos governamentais. A indústria solar global tem previsão de crescimento na medida em que os custos de fabricação diminuem (Zahedi, 2006). Com o rápido avanço das fontes renováveis, elas se tornam opções mais viáveis do que as convencionais. Fontes como energia solar fotovoltaica, eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas tornam-se opções mais interessantes que as convencionais, no contexto em regiões onde não é possível estabelecer uma rede de transmissão (Carneiro, 2009).

A energia solar é amplamente utilizada em diversas aplicações, como a geração de eletricidade por meio de células fotovoltaicas (Makki, 2015). A tecnologia fotovoltaica é uma das mais difundidas para geração de energia renovável, convertendo a luz solar em eletricidade. Essa tecnologia de energia renovável, livre de poluentes durante a operação, ajuda a reduzir os problemas de aquecimento global, diminuir os custos operacionais e oferece manutenção mínima e alta densidade de potência em comparação com outras tecnologias de energia renovável (Siecker, 2017). Contudo, as fontes de energia renovável, embora promissoras, são principalmente intermitentes e exigem integração com outras fontes renováveis e/ou sistemas de armazenamento de energia adequados (Sayed, 2023).

Visando atingir o ponto de máxima transferência entre fontes de energia renovável, como a fotovoltaica e a eólica, um sistema híbrido pode fornecer energia de uma forma maximizada (Caneppele, 2007). A combinação dessas fontes forma sistemas híbridos de geração de energia que oferecem benefícios como complementaridade, aumentando a confiabilidade e potencialmente reduzindo custos operacionais e de manutenção (Carneiro, 2009). Esses sistemas são combinações de dispositivos de conversão de energia ou combustíveis que, quando integrados, superam as limitações individuais de cada um (Manwell, 2004).

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

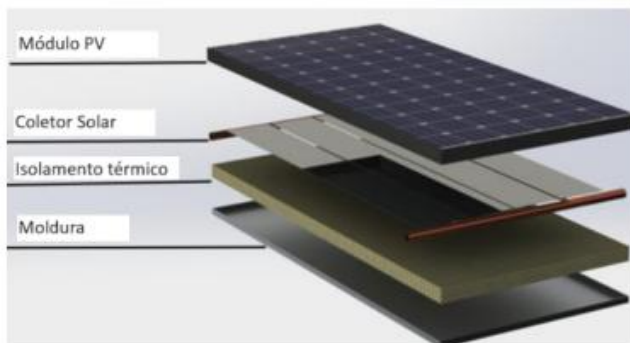
(Sinha & Chandel, 2015). Esses sistemas podem usar um ou mais recursos energéticos e funcionar de forma independente ou conectados à rede. As técnicas de dimensionamento e otimização são essenciais para garantir a eficiência e a confiabilidade desses sistemas, e várias ferramentas de simulação são usadas para esse fim. Encontrar uma combinação de parâmetros satisfatória é importante para evitar custos excessivos ou fornecimento insuficiente de energia (Sinha & Chandel, 2015).

O fornecimento de eletricidade em áreas remotas é difícil e caro apenas com a extensão da rede elétrica. Portanto, uma outra grande vantagem dos sistemas híbridos, que combinam energia solar, eólica, diesel e, às vezes, micro-hidro, com armazenamento de bateria, é a possibilidade de oferecer uma solução fora da rede. 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). Para efeito de comparação, é útil considerar os sistemas de energia convencionais usados onde um sistema híbrido poderia ser aplicado. Existem três tipos principais: grandes redes de serviços públicos, redes isoladas e pequenas cargas elétricas com gerador dedicado. As grandes redes de serviços públicos consistem em usinas de energia, linhas de transmissão, distribuição e consumidores elétricos, operando com corrente alternada e frequência constante (Manwell, 2004).

Sistemas híbridos de geração de energia combinam múltiplas fontes para atender demandas, gerenciados por um bloco inteligente. Oferecem vantagens como otimização de recursos, confiabilidade e redução de custos. Geralmente incluem fontes renováveis intermitentes, complementadas por grupos geradores a combustão, com configuração dependente da escolha dos recursos locais. Além das fontes, possuem subsistemas para fornecimento, armazenamento e qualidade da energia (Cardim, 2012). Um sistema híbrido de geração de energia opera de forma eficiente e com custos mínimos, adaptando-se à disponibilidade de recursos e fornecendo energia para cargas específicas ou redes elétricas isoladas ou interconectadas (Baracco, 2015). A partir desses sistemas, existem estudos que exploram configurações híbridas que combinam duas tecnologias convencionais para criar sistemas de aquecimento com desempenho superior. Um exemplo é a integração de coletores fotovoltaicos-térmicos, que possibilita o aproveitamento simultâneo de energia elétrica e térmica (Rosales-Pérez, 2023). A Figura 1 ilustra a estrutura de um coletor híbrido PVT, no qual um coletor solar plano está integrado a um módulo fotovoltaico (Maximo *et al.*, 2024).

Figura 1

A Estrutura De Um Coletor Híbrido PVT



Fonte: Maximo *et al.*, 2024.

Os sistemas PVT combinam tecnologias fotovoltaicas e térmicas para gerar energia elétrica e térmica a partir do sol (Chow, 2012). A tecnologia fotovoltaica/térmica (PVT) busca maximizar a utilização da mesma área para gerar eletricidade e calor, resultando em maior eficiência global na utilização da energia solar. Para resfriar os sistemas fotovoltaicos, diversos métodos podem ser aplicados, variando de acordo com a tecnologia fotovoltaica e as condições climáticas (Noro, 2016). Estudos sobre PVT datam dos anos 1970, mas têm ganhado mais relevância com o passar dos anos, permanecendo com foco contínuo em melhorias de desempenho e eficiência energética (Chow, 2012). A partir do aprofundamento desses estudos, foram propostas configurações híbridas que combinam diferentes tecnologias para criar sistemas de aquecimento mais eficientes (Rosales-Pérez, 2023).

A eficiência elétrica do coletor híbrido PVT (η_E) é determinada como a razão entre a potência máxima (P_{max}) e o produto da área útil do módulo fotovoltaico (A_m) pela irradiância solar incidente (GT) e pode ser expressa pela equação (Maximo *et al.*, 2024):

$$\eta_E = \frac{P_{max}}{A_m \cdot GT} = \frac{I_{mp} \cdot V_{mp}}{A_m \cdot GT}$$

Onde:

η_E é a eficiência do módulo fotovoltaico;

P_{max} é a potência máxima fornecida pelo módulo fotovoltaico (em watts, W);

I_{mp} é a corrente máxima do módulo fotovoltaico (em amperes, A);

V_{mp} é a tensão máxima do módulo fotovoltaico (em volts, V);

A_m é a área útil do módulo fotovoltaico (em metros quadrados, m²);

GT é a irradiância solar incidente sobre o módulo fotovoltaico (em watts por metro quadrado, W/m^2) (Maximo *et al.*, 2024).

Essa tecnologia tem o potencial de não apenas fornecer energia para a rede elétrica e reduzir o uso de combustíveis fósseis, mas também de levar eletrificação a áreas rurais remotas, especialmente nos países em desenvolvimento com acesso limitado ou inexistente à rede elétrica (Herrando *et al.*, 2023). Os sistemas fotovoltaicos têm evoluído significativamente, tornando-se uma alternativa cada vez mais popular para a geração de eletricidade. Esse avanço é impulsionado pela melhoria nas tecnologias de fabricação, redução dos custos de produção e pela crescente conscientização ambiental (Paixão *et al.*, 2024). Portanto, as inovações tecnológicas tornam-se essenciais para um futuro energético sustentável, ajudando a ampliar o uso de fontes renováveis de energia (Rocha *et al.*, 2023).

2.3 Inovação e Propriedade Intelectual

A inovação implica na introdução de algo novo, podendo envolver tanto criatividade quanto aplicação prática. Inovar significa aplicar soluções criativas para problemas detectados, sem uma fórmula prévia, e exige mudanças significativas (Rubbo, 2002). 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).

Segundo Dos Santos (2011), em seu estudo sobre a evolução do conceito de inovação a partir de Schumpeter, a inovação pode se dividir em dois grandes grupos: inovação fechada e IA. Na inovação fechada, o processo ocorre exclusivamente dentro da organização, utilizando seus próprios conhecimentos e tecnologias. Já a IA inclui conhecimentos e tecnologias externas, envolvendo universidades, organizações parceiras, consumidores, fornecedores e canais de distribuição para impulsionar a inovação (Dos Santos *et al.*, 2011). Porém, a estrutura da inovação fechada está mudando com a concorrência de empresas que não realizam pesquisas

internamente. Agora, é essencial não apenas gerar, mas também absorver inovações de diversas fontes para criar novos produtos (Stal, 2014). A partir desse movimento se desenvolveu o conceito de IA, que reconhece a necessidade de buscar ativamente conhecimento externo para inovar. Isso marca uma mudança do modelo tradicional de P&D fechado para um modelo mais aberto e colaborativo, enfatizando a importância das interações entre organizações para impulsionar a inovação (Chesbrough, 2003).

A ideia de IA vai além de simples parcerias pontuais entre organizações. Ela exige uma comunicação aberta tanto dentro da empresa quanto com parceiros externos, estabelecendo um ambiente de confiança. Ao mesmo tempo, é essencial preservar a confidencialidade e os direitos de propriedade intelectual, que são ativos valiosos da empresa (Stal, 2014). Segundo a Convenção da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI), a propriedade intelectual abrange uma ampla gama de direitos sobre obras criativas e descobertas, incluindo direitos autorais, patentes, marcas registradas e proteção contra concorrência desleal (Barbosa, 2013). A Propriedade Intelectual (PI) oferece mecanismos para proteger direitos exclusivos de uso e comercialização, salvaguardando a criação e a inovação. O conhecimento e a inovação são essenciais para a sustentabilidade, promovendo o desenvolvimento e capacitação dos profissionais, além de estimular a ousadia e o empreendedorismo para impulsionar a inovação e a propriedade intelectual (Pietrobon-Costa, 2012).

Empresas que investem em inovação enfrentam o desafio de maximizar os retornos desses investimentos. Uma estratégia comum é utilizar patentes, que oferecem direitos exclusivos sobre uma invenção (Holgersson, 2013). A patente é um direito temporário concedido pelo Estado a instituições ou titulares, permitindo-lhes proibir terceiros de utilizar, produzir ou comercializar sua invenção sem autorização. A tendência das empresas em patentear tem sido amplamente estudada, considerando que as patentes podem ser usadas para várias finalidades além da proteção, incluindo incentivos, colaboração, negociação e planejamento tributário (Holgersson, 2013). As patentes têm se destacado dentre os instrumentos formais no que tange à proteção das atividades inovadoras. Nesse cenário, as patentes têm se tornado cada vez mais presentes na formulação de avanços tecnológicos (Haaze, 2005). As patentes são essenciais como uma proxy para investimentos em inovação, ao lado dos gastos em P&D e outras propriedades intelectuais. Empresas que investem mais nessa área geralmente alcançam maior sucesso e melhor desempenho futuro (Adriano, 2023).

Com a sua estreia em 1968, a Classificação Internacional de Patentes (CIP ou IPC, na sigla em inglês) é um sistema utilizado para organizar informações técnicas de produção e documentos de patentes. Funciona para localizar documentos de patentes e divide o

conhecimento tecnológico em oito grandes áreas, sendo: Seção A – Necessidades Humanas; Seção B – Operações de Processamento, Transporte; Seção C – Química e Metalurgia; Seção D – Têxteis e Papel; Seção E – Construções Fixas; Seção F – Engenharia Mecânica, Iluminação, Aquecimento, Armas, Explosão; Seção G – Física; Seção H – Eletricidade (Menezes, 2016). Com base nos critérios de tecnologias sustentáveis da ONU, a Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI, do inglês WIPO – *World Intellectual Property Organization*) desenvolveu um Green Inventory, para classificar patentes (Bretas, 2018). As patentes deste inventário são chamadas de Patentes Verdes, que se referem às solicitações de patentes que se concentram em tecnologias ambientalmente sustentáveis (Richter, 2014). A relação entre sustentabilidade e meio ambiente ganhou impulso a partir de 2003 com a introdução global das Patentes Verdes (Gomes & Ferreira, 2018).

Thorstensen (2021) afirma que a inovação é relevante para enfrentar as mudanças climáticas e outros desafios ambientais, além de acelerar a transição para o crescimento sustentável, enfatizando a importância da inovação ambiental. A inovação ambiental ocorre dentro das organizações e gera benefícios para o meio ambiente, reduzindo os impactos operacionais. Assim como a inovação tradicional, ela está ligada aos processos de aprendizagem organizacional, mas também inclui fatores relacionados à sustentabilidade (Jacomossi & Demajorovic, 2017). Os dados de patentes são uma ferramenta valiosa para medir a inovação ambiental, pois oferecem uma descrição detalhada das tecnologias, permitindo uma caracterização precisa das invenções e suas aplicações. Isso é importante para direcionar a inovação para soluções mais sustentáveis e para o desenvolvimento de tecnologias ambientais (Hašič, 2015).

Nos últimos anos, tem havido um aumento na importância da gestão de inovações verdes, tanto na prática quanto na academia. Apesar de disciplinas de engenharia já dedicarem pesquisa significativa a soluções sustentáveis, o campo da gestão tem sido menos explorado nesse sentido (Schiederig, 2012). Uma forma de viabilizar essa pesquisa é através das patentes, pois incentivam a inovação e desempenham um papel eficaz na promoção da sustentabilidade. Essa relação ficou mais nítida ainda a partir da "*Green Intellectual Property (GIP) Project*" em Genebra, que destacou a relação entre o crescimento econômico, desenvolvimento tecnológico e controle da degradação ambiental identificada por meio da análise das patentes (Gomes & Ferreira, 2018). Essas tecnologias verdes estão atualmente dispersas em diversas áreas técnicas do International Patent Classification (IPC). O IPC Green Inventory (IPC – GI) da WIPO facilita a recuperação de informações de patentes que abrangem tecnologias verdes (Léon, 2023).

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 inovação em tecnologia verde é fundamental para promover o crescimento econômico e proteger o meio ambiente. Países estão adotando políticas de Mitigação e Redução de Emissões para impulsionar essa inovação através de desenvolvimento tecnológico. O principal foco é alcançar benefícios tanto econômicos quanto ambientais (Qu *et al.* 2022). E na ausência de apoio financeiro de projetos nacionais de P&D para o desenvolvimento dessas tecnologias, países como a Coreia do Sul, por exemplo, têm recorrido às colaborações (Kim & Lee, 2021).

2.4 Cooperação para o desenvolvimento tecnológico

As escolas de Administração, Economia e Negócios começaram a estudar a cooperação no século XX, ressaltando sua importância no desenvolvimento científico e tecnológico pós-guerra (Paulo, 2019). A cooperação em P&D envolve alianças estratégicas para compartilhar custos e riscos na busca de objetivos comuns de inovação. Ela surge devido aos altos custos de produção e disseminação de conhecimento técnico, bem como à necessidade de gestão estratégica frente às forças competitivas (Tumelero, 2019). Uma empresa precisa ser inovadora e se adaptar a mercados globais dinâmicos para crescer e sobreviver. O conhecimento necessário pode ser encontrado tanto internamente quanto além dos limites da empresa. A tendência atual é buscar conhecimento externo por meio de cooperação para evitar limitações internas e promover a inovação (Tojeiro-Rivero, 2019).

A interação entre universidade, indústria e governo é essencial para a inovação e o crescimento em uma economia baseada no conhecimento (Etzkowitz, 2010). A Hélice Tríplice, que inicialmente surgiu como uma metáfora para um sistema de inovação em Boston, tornou-se um modelo fundamental para analisar e melhorar as interações entre universidades, indústrias e governos, com o objetivo de desenvolver estratégias de inovação e fortalecer o desenvolvimento socioeconômico baseado no conhecimento (Etzkowitz & Zhou, 2017). A

Hélice Tripla é uma estratégia empírica que explica transformações não apenas por forças econômicas e regulamentação governamental, mas também por inovações científicas (Leydesdorff & Meyer, 2003).

Empresas de alta tecnologia valorizam o desenvolvimento dessas parcerias, caracterizando-se por alta capacidade de absorção de conhecimento e investimento em inovação (Paulo, 2019). A inovação e a cooperação são essenciais para a produção ágil, pois as empresas ágeis devem inovar para competir em mercados altamente personalizados e em constante mudança. A colaboração com fornecedores ou centros de P&D é necessária para manter atualizados os processos de produção, tecnologia e conhecimento da empresa (Sánchez, 2019). Empresas escolhem parceiros com base na complexidade tecnológica, visando a integração em várias interfaces do sistema tecnológico (Tumelero, 2019). Pois, a cooperação com fornecedores estratégicos pode impulsionar o desempenho e os esforços inovadores (Sánchez, 2019).

Kurniawan (2013) especifica que a cooperação entre cidades em questões urbanas é mais eficaz do que a cooperação entre países devido à similaridade dos desafios sociais decorrentes de características sociodemográficas comuns, evitando assim conflitos de interesses nacionais maiores. Diante disso, Tojeiro-Rivero (2019) diz que o conhecimento codificado pode ser facilmente compartilhado e adquirido nos mercados de tecnologia, e que a limitação está no conhecimento tácito, que é mais difícil de transferir e beneficia-se de interações próximas. No entanto, enquanto a cooperação pode se beneficiar de um ambiente rico em conhecimento local, a terceirização pode ser vantajosa para empresas em regiões com menos conhecimento, pois dependem menos dos vazamentos locais e enfrentam menos concorrência (Tojeiro-Rivero, 2019).

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. A relação sinérgica entre a orientação empreendedora, o desenvolvimento de redes colaborativas e as capacidades internas de aprendizado resulta em produtos, processos e organizações mais sustentáveis e de maior valor (Sánchez-García, 2022).

Apesar dos benefícios ressaltados no parágrafo anterior, o papel da cooperação tecnológica e do fluxo de conhecimento entre países desenvolvidos e em desenvolvimento no processo de inovação ainda é pouco explorado (Silva, 2022). Mesmo assim, Segatto e Mendes

(2006) afirmam que a colaboração entre universidades e empresas tem se intensificado, impulsionada pela revolução tecnológica. Porém, os autores reforçam que ainda ocorre de as multinacionais impedirem suas subsidiárias de interagir com organizações locais em pesquisas, com receio de que suas tecnologias e conhecimentos estratégicos sejam compartilhados com concorrentes. Segundo Gomes *et al.* (2024), a cooperação é estimulada em diversos países do mundo e é um dos modos mais comuns para incentivar a pesquisa científica. Para justificar esse estímulo, Almeida e Silva (2023) ressaltam os benefícios da relação entre universidade e organização, por exemplo, tais como o acesso a conhecimentos práticos, novas informações, às atividades de ensino e pesquisa e obtenção de recursos financeiros.

2.5 Proximidade e Desenvolvimento Tecnológico Colaborativo

A proximidade envolve semelhanças entre atores em vários aspectos e o uso de fatores de proximidade entre dimensões pode aumentar a eficiência da cooperação e a vantagem competitiva. Essas dimensões vão além do geográfico, pois são fatores que se interligam, mostrando a interação e o acoplamento de espaços com mais de uma dimensão (Liu *et al.*, 2022). Pesquisas recentes têm ampliado o estudo da influência da proximidade geográfica no desempenho da co-inovação interorganizacional, destacando a importância de outros tipos de proximidade, como organizacional e institucional, por exemplo (Xu, 2023). As características organizacionais, como a distância geográfica, a estrutura tecnológica e o perfil da organização, têm um papel significativo no desempenho da inovação colaborativa. Investigar o impacto da proximidade entre dimensões pode orientar a escolha de parceiros e atividades de inovação. Além disso, a avaliação do grau de abertura à inovação pode aprimorar a compreensão do papel da proximidade na eficácia da inovação colaborativa (Weiwei, 2023).

As formas de proximidade estão interligadas e têm um impacto complexo nas redes de inovação, com ênfase especial na geográfica, técnica e organizacional. A proximidade geográfica facilita a interação face a face entre inovadores, mas distâncias muito distantes ou próximas podem limitar a eficácia da inovação colaborativa (Liu *etl al.*, 2023). Gomes (2017) diz que embora as formações no mesmo território geográfico ofereçam vantagens, em redes muito conectadas podem resultar em conhecimento redundante. O autor continua afirmando que para enriquecer e diversificar os recursos, é importante buscar conexões em outros nichos de conhecimento. Oliveira (2018) afirma que quanto mais próximos estão os atores, maior é a interação, o aprendizado e a inovação. O autor explica que essa proximidade é necessária para o compartilhamento de conhecimento específico e tácito, que exige contato frequente.

A proximidade tecnológica refere-se à semelhança no conhecimento técnico, que pode promover a colaboração, mas também pode restringir a introdução de novas ideias (Liu *et al.*, 2023). Somente ao longo do desenvolvimento do projeto e com o reconhecimento das metodologias que serão aplicadas ao longo da colaboração é que ocorrem avanços rumo à proximidade tecnológica (Ramírez, 2015). Gonçalves (2011) traz a hipótese de que além da proximidade geográfica, a similaridade tecnológica entre instituições é necessária para promover a inovação. Assim, a proximidade tecnológica também desempenha um papel importante na influência sobre a atividade tecnológica.

A proximidade organizacional diz respeito à semelhança nas características organizacionais, facilitando o compartilhamento de valores e normas (Liu *et al.*, 2023). Esse tipo de proximidade é determinante para a criação de novos conhecimentos, pois depende da capacidade de compartilhar ideias entre indivíduos de uma ou mais empresas. Essa proximidade varia de baixa, sem vínculos entre os atores, passando por uma rede com vínculos fracos (proximidade média), até alta, com vínculos muito fortes (Tartaruga, 2017). A proximidade organizacional facilita a coordenação e o aprendizado interativo, mesmo a longas distâncias, ao fornecer regras, rotinas e um sistema comum de incentivos e crenças (Garcia, 2021).

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. É importante ressaltar que os autores afirmam que a estabilidade da rede é definida pela manutenção do número de parceiros cooperativos ao longo do tempo. Portanto, conclui-se que há maior estabilidade quando os entes de uma rede de colaboração exercem a proximidade institucional. 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. Porém, os autores ressaltam que quando a rede de colaboração dentro da organização é ineficiente, a proximidade geográfica perde um pouco de seu efeito positivo, já que a troca de informações fica mais lenta. No entanto, essa ineficiência

pode ajudar a gerar diversidade de conhecimento, o que fortalece os efeitos positivos da proximidade cognitiva e institucional.

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Nesta seção, será apresentada a metodologia utilizada na pesquisa. Serão detalhados os métodos específicos de coleta e análise de dados que foram empregados para alcançar os objetivos do estudo. Serão explicadas as razões para a escolha dos métodos de pesquisa, destacando como essa abordagem permite uma compreensão mais abrangente e clara das relações entre as patentes. Além disso, serão descritas as técnicas analíticas que foram utilizadas para garantir a validade e a confiabilidade dos resultados.

3.1 Tipo de Pesquisa

Esta pesquisa se configura como exploratória e descritiva em termos de objetivos, de natureza aplicada e com abordagem metodológica quantitativa, afinal, a pesquisa quantitativa é empregada quando trata-se de um trabalho que faz uso de uma amostra representativa estatisticamente (Manzato, 2012). Foram trabalhados dados numéricos, permitindo análises estatísticas e a identificação de padrões mensuráveis. A natureza da pesquisa é a aplicada, afinal, a pesquisa aplicada, como definida por Schwartzman (1979), é aquela voltada para gerar soluções práticas, com impacto direto e utilidade concreta, seja econômica ou funcional.

No tratamento dos dados, optou-se pela análise descritiva, pois possibilita identificar, descrever e quantificar os atributos analisados (Minim *et al.*, 2010). Dessa forma, a estratégia metodológica adotada é a análise de rede, pois trata-se de sistemas dinâmicos conectados e sem uma figura hierárquica, com graus variados de formalidade, densidade e centralidade (Souza, 2008).

3.2 Coleta e Preparação de Dados

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). A importância dessa ferramenta é destacada pelo seu uso tanto por equipes de P&D das empresas quanto por especialistas em propriedade intelectual e diversos escritórios de patentes ao redor do mundo (Firrincieli, 2023). O trabalho realizado por Huang *et al.* (2023) utilizou o Derwent devido à sua capacidade de fornecer dados detalhados sobre patentes, permitindo a análise das tecnologias emergentes em captura, utilização e armazenamento de carbono ao longo dos anos. Através desses dados, os autores conseguiram

mapear a evolução do conteúdo tecnológico e aplicar modelos para prever o desenvolvimento e a maturidade das principais inovações na área.

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 classe H de Energia Alternativa, representada pela subclasse H02 para Sistemas de Geração de Energia, encontramos patentes que exploram inovações em fontes renováveis de energia, especialmente a solar. Essas patentes abrangem uma variedade de áreas, desde dispositivos de transmissão de energia solar (H02S 10/00 a H02S 30/00) até sistemas híbridos que geram eletricidade e calor simultaneamente (subclasse 40/44), com foco em eficiência e sustentabilidade. Além disso, na classe H01 - Produção de Energia Elétrica, também há tecnologias relacionadas à geração de energia renovável e melhorias na eficiência de geração e transmissão de energia, incluindo subcategorias como 31/00 para Produção de Energia Elétrica por Meios Térmicos, que consideram o uso de energia térmica associada a células fotovoltaicas (Мищенко, 2018).

Foi considerado o intervalo de anos de publicação (AY) entre 1984 e 2023; esse espaço de tempo que contempla várias décadas é necessário para o acompanhamento do desenvolvimento das redes e melhor entendimento da sua formação. A base abrange diversas autoridades patentárias, cujas siglas e funções são detalhadas no Anexo A. Nesse anexo, estão explicitadas todas as entidades envolvidas neste estudo. Com o objetivo de compreender o panorama dessas inovações tecnológicas, foram considerados os seguintes dados coletados apresentados na tabela abaixo:

Tabela 1*Dados Coletados*

Variáveis	Tipo	Explicação
Publication Number	Numérico	Identificador único da patente publicada, atribuído pelo escritório de patentes ao divulgar o pedido.
Title	Textual	Título da invenção, geralmente descreve de forma breve o conteúdo técnico da patente.
Application Date	Data	Data em que o pedido de patente foi submetido ao escritório de patentes.
Publication Date	Data	Data em que o pedido foi oficialmente publicado e tornou-se visível ao público.
Dead/Alive	Indeterminate Dead Alive	Indica o status atual da patente: "Alive" (ativa), "Dead" (expirada, abandonada ou rejeitada), "Indeterminate" (indeterminada) não foi possível identificar o status.
Claims (English)	Textual	Parte da patente que define a extensão da proteção legal da invenção. Lista os elementos protegidos.
IPC - Current	Alfanumérico	Classificação internacional de patentes (International Patent Classification) que categoriza a tecnologia da invenção.
Inventor (Latin Characters)	Nominal	Nome(s) do(s) inventor(es) da patente, transliterados para o alfabeto latino, quando necessário.
Assignee - Original (Latin Characters)	Nominal	Empresa ou indivíduo que detém os direitos sobre a patente originalmente (ex.: empregador do inventor).
Application Year	Ano	Ano em que a patente foi depositada.
Publication Year	Ano	Ano em que a patente foi publicada.
Publication Country Code	Sigla do País	Código do país (geralmente em formato ISO 2 letras) onde a patente foi publicada (ex.: US, BR, EP).
Cited Refs - Patent	Alfanumérico	Lista de outras patentes que foram citadas como referência no exame técnico do pedido.
INPADOC Family Members	Alfanumérico	Lista de documentos relacionados à mesma invenção depositados em diferentes países (família de patentes).

Abstract	Textual	Resumo técnico da invenção, com foco nos pontos principais e aplicações.
Relevancy	Numérico	Grau de relevância da patente para os critérios de busca ou análise. Pode ser determinado por algoritmos ou curadoria.

Fonte: Elaborada pela autora.

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.

Todo esse processo de tratamento e refinamento dos dados resultou em um conjunto final de patentes únicas, International Patent Documentation (INPADOCs), para a análise, partindo de base inicial com 5.946 patentes e resultando em uma base final 2.521 patentes válidas para este estudo.

3.3 Análise de Dados

Nesta parte da pesquisa serão apresentados os métodos de análise de dados adotados, com foco em três abordagens complementares: análise em três dimensões, análise de redes sociais e estatística descritiva. Cada uma dessas técnicas foi escolhida por sua capacidade de identificar padrões, agrupamentos, relações e características relevantes no conjunto de dados estudado.

3.3.1. *Estatística descritiva*

Para alcançar o objetivo desta pesquisa, optou-se pela utilização da estatística descritiva. A estatística descritiva trata basicamente da descrição resumida dos dados trabalhados. Tem como principal objetivo viabilizar uma análise a partir de uma série de valores de natureza semelhante, proporcionando a compreensão da variação desses mesmos valores. Para que isso ocorra, o método organiza e apresenta os dados através de três métodos principais: tabelas, gráficos e medidas descritivas (Guedes *et al.*, 2005). A pesquisa descritiva exige que o pesquisador reúna informações detalhadas sobre o que pretende estudar. Esse tipo de estudo visa descrever fatos e fenômenos de uma realidade específica (Triviños, 1987). A pesquisa descritiva pode utilizar técnicas padronizadas de coleta de dados e, até mesmo, trabalhar em conjunto com outras abordagens. O objetivo principal é fornecer descrições precisas, geralmente por meio de instrumentos padronizados que resultam em dados quantitativos (Gil, 2007).

A estatística descritiva é utilizada para fornecer informações sobre a tendência central e a dispersão dos dados, destacando medidas como valor mínimo, máximo, soma, contagens, média, moda, mediana, variância e desvio padrão (Morais, 2005). Para a construção desta análise, adotou-se uma abordagem descritiva exploratória, utilizando da estatística descritiva, através de gráficos e tabelas, com o intuito de oferecer uma visão geral do panorama tecnológico e colaborativo. A escolha desse método baseia-se na necessidade da descrição do objeto de estudo por meio de técnicas estatísticas aplicadas na coleta e análise dos dados (dos Santos *et al.*, 2024). A estatística descritiva tem como principal função resumir e organizar dados semelhantes, oferecendo uma visão geral de sua variação. Para isso, utiliza três formas principais de apresentação: tabelas, que sintetizam as observações; gráficos, que facilitam a visualização rápida e clara dos dados; e medidas descritivas, que ajudam a interpretar os resultados (Guedes *et al.*, 2005).

3.3.2. *Análise em três dimensões*

Para alcançar uma visão mais detalhada e completa da rede de colaboração de patentes, foi aplicada a análise da proximidade em três dimensões diferentes, com o objetivo de fomentar a cooperação entre os participantes (Liu *et al.*, 2023). Portanto, será analisada neste estudo a construção da estrutura de cooperação entre os entes participantes a partir de três dimensões: geográfica, tecnológica e organizacional. Omobhude *et al.* (2019) acreditam que o crescente interesse em inovação e tecnologia sustentável tem levado a análises sobre o impacto da

proximidade, tanto geográfica quanto de outros tipos, no desenvolvimento de tecnologias. Segundo os autores, embora a proximidade seja frequentemente vista como geográfica, outras formas também são consideradas importantes para o progresso tecnológico sustentável, e os efeitos da proximidade variam conforme fatores específicos.

A utilização do conceito de proximidade na análise foi utilizada para viabilizar a compreensão das dinâmicas de colaboração entre organizações envolvidas em inovação tecnológica. Balland et al. (2022) demonstram que diferentes tipos de proximidade influenciam diretamente na formação e manutenção de redes colaborativas. Para operacionalizar essa abordagem, foi adotada a estrutura proposta por Hardeman et al. (2015), que distingue dois modos de interação: no Modo 1, os atores estão fisicamente próximos; no Modo 2, a colaboração ocorre de maneira distribuída, mas ainda depende de algum grau de proximidade para ser viável. A decisão por incorporar essa perspectiva na análise foi motivada pela compreensão de que, mesmo em contextos distribuídos, como os das colaborações internacionais em patentes, há indícios de que a proximidade, organizacional ou geográfica, facilita o desenvolvimento conjunto de inovações. Romijn e Albu (2002) reforçam essa escolha ao destacar que a proximidade geográfica contribui para o fortalecimento de conexões entre empresas, enquanto Rallet e Torre (1999) argumentam que, apesar das tecnologias permitirem a troca de conhecimento codificado à distância, o conhecimento tácito, fundamental em P&D, requer interação presencial. Diante disso, o conceito de proximidade foi adotado para interpretar as conexões observadas nas redes colaborativas extraídas das patentes analisadas.

Boschma (2005) acredita que o conhecimento está espalhado entre diferentes organizações, e o desenvolvimento desse conhecimento depende de combinar as capacidades complementares de diversos agentes. Porém, o autor alerta que a competência das organizações em absorver esse conhecimento depende da proximidade cognitiva, ou seja, da identificação entre o conhecimento prévio das empresas e o novo conhecimento. Portanto, se a distância cognitiva for muito grande, as empresas terão dificuldade em estabelecer essa colaboração. A proximidade entre organizações é um fator importante para explicar essas conexões, e pode ser observada em cinco formas: cognitiva (compartilhamento de conhecimento), organizacional (controle hierárquico comum), social (relações amistosas), institucional (mesmas regras e normas) e geográfica (distância física ou tempo de viagem). Essas proximidades ajudam a entender como as redes interorganizacionais são formadas e como funcionam (Boschma & Frenken, 2010).

Kim e Lee (2021) acreditam que embora haja incentivos para criar sistemas de inovação, a expansão da energia alternativa enfrenta desafios, principalmente devido aos altos

custos de produção. No entanto, esses custos têm diminuído com os avanços tecnológicos. Segundo os autores, o avanço tecnológico das energias alternativas é impulsionado pela promoção de sistemas de inovação globais e sofre grande influência dos sistemas de inovação nacionais. Ou seja, é inovação providenciando inovação. Du *et al.* (2024) afirmam que através da solicitação e co-propriedade de patentes, as instituições podem combinar suas forças em P&D, acelerar a inovação tecnológica e avançar mais rapidamente na aplicação dos resultados. Segundo os autores, a colaboração em patentes é fundamental no desenvolvimento de inovações.

Para este estudo, a dimensão tecnológica foi examinada por meio da análise dos códigos IPC (Classificação Internacional de Patentes) atribuídos pelos titulares dos documentos patentários. A dimensão organizacional foi investigada através dos titulares das patentes (*assignees*), ou seja, as entidades ou organizações por trás do desenvolvimento e detenção das inovações. Por fim, a dimensão geográfica foi explorada considerando os países onde as patentes foram depositadas, evidenciando os locais onde a inovação está sendo protegida.

3.3.3. *Análise de redes sociais*

Atualmente, a análise de redes sociais tem a sua popularidade reconhecida no campo metodológico (Higgins, 2018). Contudo, a análise de redes sociais não é um conceito novo, o tema tem sido explorado nas ciências administrativas desde os anos 1950. No entanto, suas aplicações foram limitadas até o surgimento dos computadores de segunda geração, devido às dificuldades metodológicas em lidar com grandes redes em organizações complexas (Nelson, 1984). As redes sociais são sistemas dinâmicos e complexos formados por indivíduos ou organizações com valores ou metas compartilhadas, conectados horizontalmente e geralmente sem uma estrutura hierárquica centralizada. Suas principais características incluem graus variados de formalidade, densidade e centralidade, que refletem a presença e o nível de regras e procedimentos padronizados de interação (Souza, 2008).

A análise de redes sociais se concentra nos relacionamentos entre as variáveis, uma alternativa à abordagem tradicional. Essa abordagem baseia-se no entendimento de que os padrões de conexão social têm consequências significativas para os itens envolvidos, buscando identificar e compreender esses padrões e suas implicações (Freeman, 2004). Esse tipo de análise é amplamente aplicável a diversas áreas empíricas. Três áreas de destaque incluem o estudo dos efeitos da centralidade dos agentes no comportamento, a identificação de subgrupos na rede e a compreensão das relações entre organizações (Mizruchi, 2006). A análise de redes

sociais não é uma teoria autônoma, mas sim uma ferramenta que se integra a várias teorias. Ela exige dados concretos para entender como a estrutura da rede contribui para explicar diferentes fenômenos. Cada relação dentro de uma rede é moldada pela posição estrutural dos participantes, o que afeta seu conteúdo e função. Dessa forma, uma rede não é apenas uma soma de conexões individuais, mas sim uma entidade complexa na qual a forma da rede influencia profundamente cada interação (Marteleto, 2001).

Existem várias abordagens e técnicas para análise de redes sociais (ARS), que se concentram nos diferentes tipos de interações entre os atores e na estrutura das redes, classificando-as com base em propriedades como densidade, estabilidade e centralização (Nelson, 1984). Segundo Laranjeira e Cavique (2018), a teoria de Grafos é amplamente utilizada na análise de redes sociais por sua simplicidade e capacidade de representação. Um grafo é composto por nós (n) e arestas (l ou E), que conectam os nós. Os autores afirmam que em redes sociais, essa representação é chamada de sociograma, em que os nós representam atores ou eventos e as conexões indicam as relações entre eles, geralmente em um formato bidimensional.

A análise de redes utiliza métricas baseadas em algoritmos para avaliar a posição dos atores e a estrutura da rede (Recuero, 2018). Para analisar as propriedades gerais das redes, foram utilizadas estatísticas de análise de redes sociais que permitem compreender a estrutura e a relevância dos atores nas colaborações. Foram consideradas as seguintes métricas: pagerank, betweenness, grau, modularidade, e closeness centrality. Em ARS, o Pagerank é empregado para destacar os nós mais significativos na rede, levando em conta tanto o número de conexões que possuem quanto a importância das conexões com outros nós relevantes (da Costa *et al.*, 2024). O conceito de betweenness descreve a posição de um nó (ou região) no controle do fluxo de conhecimento na rede, com regiões centrais atuando como "porteiros" e influenciando a transferência de conhecimento (Wanzenboeck *et al.*, 2014). O grau é uma variável chave que representa numericamente a média de arestas conectadas a um nó específico (da Costa *et al.*, 2024). A modularidade é responsável por medir a divisão de uma rede em clusters ou grupos (Neto *et al.*, 2017). Já a closeness centrality (centralidade de proximidade) mede a distância de um nó para os outros, revelando sua centralidade global (Liu *et al.*, 2017). Essas métricas ajudam a entender como os entes estão interligados, permitindo identificar participantes centrais e associações frequentes, demonstrando possíveis padrões (Recuero, 2018).

Para estabelecer essa análise foi utilizado o software Gephi, que possui código aberto e independente, usado para análise visual e de redes. Ele oferece recursos avançados para

representar dados e mineração de texto por meio de *plugins*. Embora tenha algumas limitações, como tempo de resposta lento para tarefas simples, sua capacidade de lidar com grandes conjuntos de dados é uma vantagem significativa (Majeed, 2020).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

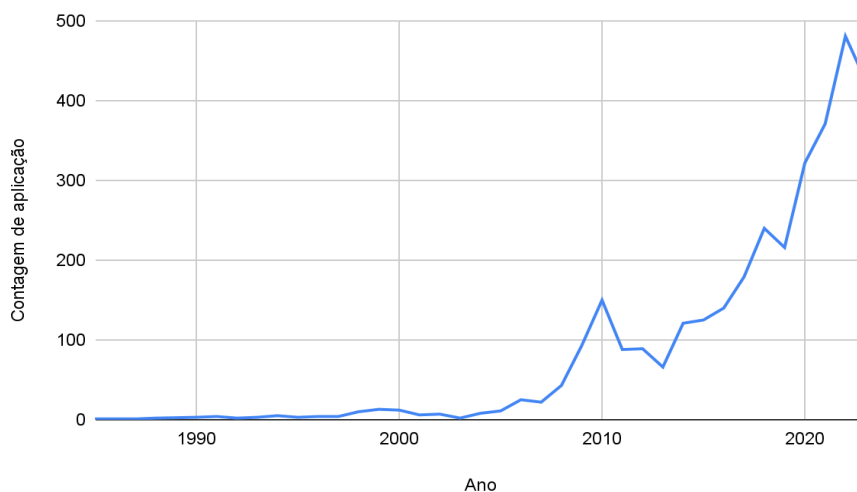
Este capítulo apresenta os principais resultados da pesquisa, organizados em três partes. Inicialmente, realiza-se a análise exploratória dos dados de patentes, com foco em padrões e tendências observados. Em seguida, são examinadas as redes de cooperação, considerando os níveis organizacional, geográfico e tecnológico, com base nas interações entre titulares, países, regiões e classificações internacionais de patentes. Por fim, discute-se a participação do Brasil no desenvolvimento de sistemas solares híbridos térmico-fotovoltaicos, avaliando sua relevância no contexto internacional.

4.1 Análise Exploratória dos Dados das Patentes

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 2. Importante ressaltar que os dados das figuras 2 e 3 estão considerando as patentes ativas e inativas, apenas para a análise histórica dos depósitos.

Figura 2

Evolução Anual dos Depósitos de Patentes

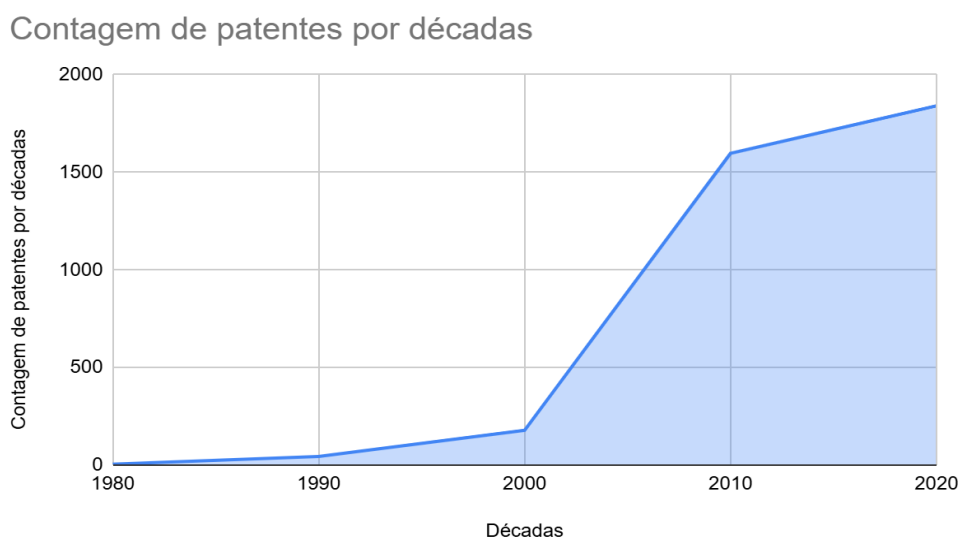


Fonte: Elaborada pela autora.

Na figura 3 é possível conferir a evolução da aplicação das patentes por décadas. É observado que entre o ano 2000 e o ano de 2010, houve um aumento importante no número das aplicações de patentes. Na análise desse período foi possível identificar um forte crescimento da China nas aplicações de patentes, totalizando mais de 50% da quantidade total de aplicações nessa década.

Figura 3

Evolução dos Depósitos de Patentes por Décadas



Fonte: Elaborada pela autora.

Esse movimento, ilustrado nas figuras anteriores, está em consonância com o que foi discutido por Schuman e Lin (2012), que destacam que a China registrou um avanço acelerado no setor de energias renováveis com a implementação da Lei de Energia Renovável em 2005, que foi posteriormente revisada em 2009. Essa implementação impulsionou significativamente o setor ao estabelecer metas nacionais, mecanismos de financiamento e estratégias de compartilhamento de custos. Como resultado, a China se consolidou como uma das nações com maior capacidade instalada e geração de energia renovável, o que contribuiu para explicar sua liderança nas redes de colaboração tecnológica observadas neste estudo.

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 4), 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, como identificado na tabela 2, apesar de o IPC H01L00310525 ter iniciado com menor relevância, ao longo das décadas, foi assumindo uma maior frequência nas aplicações.

Tabela 2 - IPCs ao longo das décadas (ativas)

Código	1980-1999	2000-2010	2011-2023
H02S004044	0	29	2158
H01L0031052	0	14	211
H01L0031048	0	0	89
H01L00310525	0	7	163

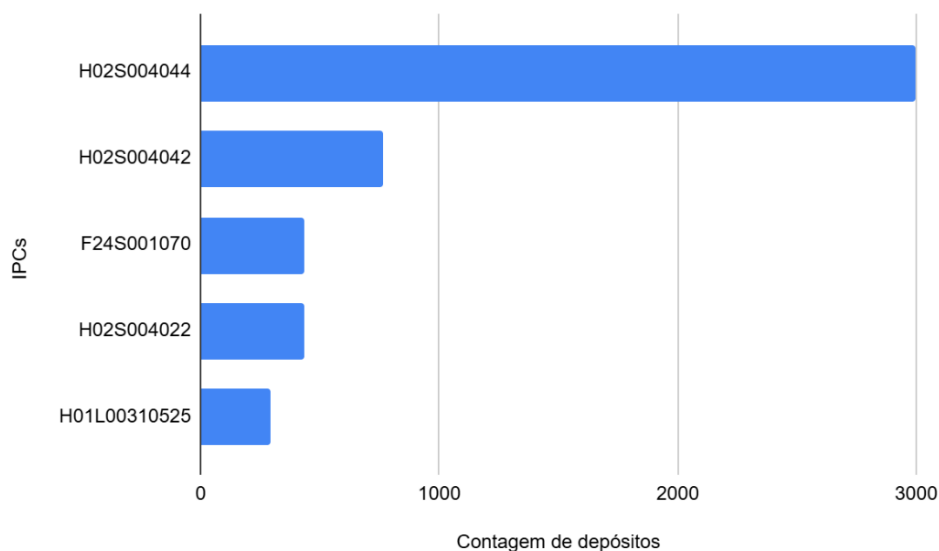
Fonte: Elaborada pela autora.

Na tabela acima foi possível identificar a relevância quantitativa do IPC H01L0031052, referente às células fotovoltaicos individuais, p. ex. células solares (dispositivos eletrolíticos sensíveis à luz, p. ex. células solares de corante) e o IPC H01L0031048, que aborda

encapsulamentos ou recipientes para dispositivos integrados, ou conjuntos de múltiplos dispositivos com células fotovoltaicas.

Figura 4

Análise dos Depósitos de Patentes por Classificação IPC

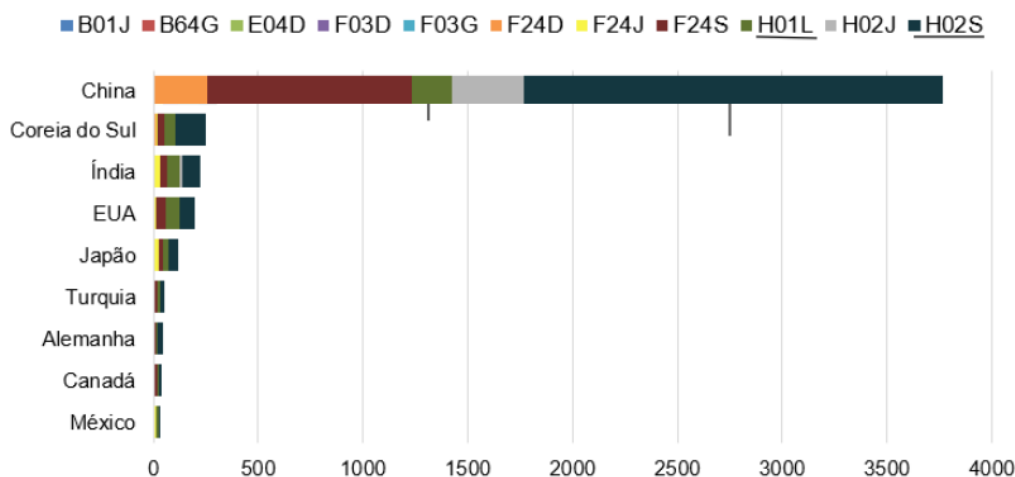


Fonte: Elaborada pela autora.

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 2022 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 5.

Figura 5

Análise de Aplicações de Patentes por País



Fonte: Elaborada pela autora.

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. A figura 5 reforça a predominância da China no desenvolvimento de tecnologias sustentáveis na geração de energia.

O número relevante de patentes aplicadas pela China pode ser justificado pela constatação de Paixão (2018) ao afirmar que o país tem testemunhado um avanço significativo no setor industrial e econômico, consolidando sua posição como líder em emissões de gases de efeito estufa (GEE). Em resposta a essa situação, o país implementou políticas para promover o uso de fontes renováveis, como evidenciado pela promulgação da Lei dos Renováveis em 2006. Esse desenvolvimento não apenas reflete a busca por alternativas sustentáveis diante das emissões expressivas, mas também indica um compromisso crescente com a transição para fontes de energia mais limpas e ambientalmente responsáveis (Paixão & Miranda, 2018). Ao longo das últimas três décadas, a China tem se destacado por seus esforços na redução da intensidade energética de sua economia. Apesar de melhorias significativas na eficiência, notadamente no setor de comércio, os números ainda superam a média global. Paralelamente, houve um aumento nas emissões de carbono per capita. A estratégia chinesa de investir em pesquisas e inovações tecnológicas para eficiência energética e energias limpas consolida sua

liderança global nesse setor, oferecendo potencial para reduzir a dependência de energia externa e de recursos como petróleo e gás natural no mercado global (Junior, 2013).

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. Na tabela 3 é possível identificar a quantidade de patentes por cada organização mencionada.

Tabela 3

Organizações e quantidades de aplicações

Rank	Titular	País	Quantidade de patentes	
1	STATE GRID CORP OF CHINA	China	80	2,57%
2	CHINESE ACADEMY OF SCIENCE	China	37	1,19%
3	XIAN THERMAL POWER RES INST CO LTD	China	36	1,16%
4	XI'AN JIATONG UNIVERSITY	China	35	1,12%
5	UNIV SOUTHWEST JIAOTONG	China	34	1,09%
6	SHANGHAI BOYON NEW ENERGY TECHNOLOGY CO	China	21	0,67%
7	BOLYMEDIA HOLDINGS CO LTD	China	20	0,64%
8	GCL SYSTEM INTEGRATION TECHNOLOGY CO LTD	China	20	0,64%
9	SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY	China	18	0,58%
10	UNIV CHANGZHOU	China	17	0,55%

Fonte: Elaborada pela autora.

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).

4.2 Análise das Redes de Cooperação

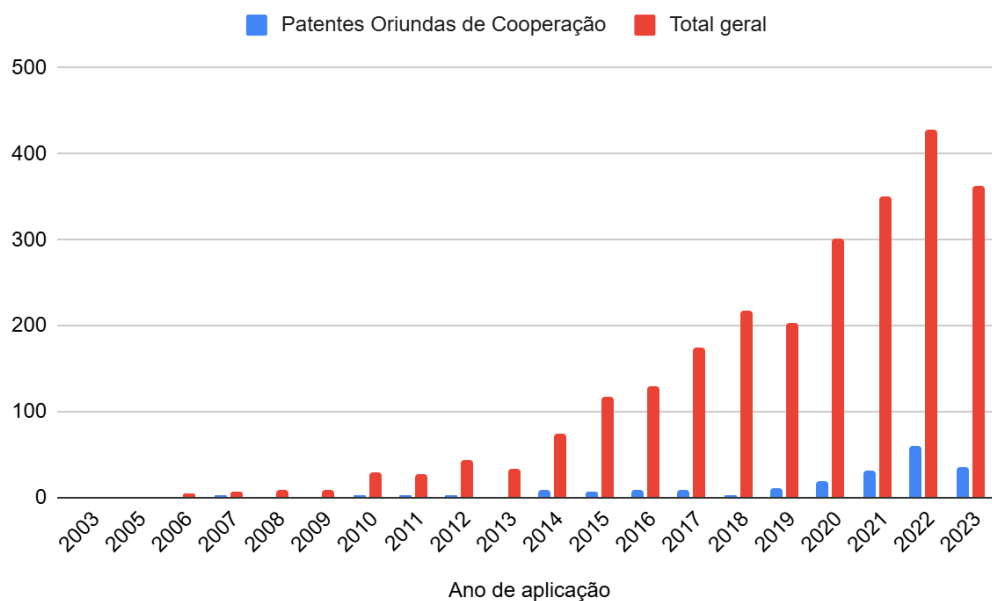
Para compreender a estrutura das redes estudadas e suas conexões, foi utilizada a análise de dados por meio do *software* Gephi, que permite visualizar as relações entre os diferentes atores do desenvolvimento tecnológico. A partir disso, foi possível identificar os vínculos mais fortes e destacar organizações com maior influência no processo de cooperação tecnológica.

4.2.1. Dimensão organizacional - Redes cooperação entre titulares

É possível identificar a partir da análise da base que foram estabelecidas redes de cooperação entre as organizações, governo, indivíduos e instituições de pesquisas. A figura 6 apresenta o total dessas patentes publicadas com cooperação que ainda estão ativas (*alive*), por isso a relação se inicia no ano de 2003, período em que foi publicada a primeira patente que ainda permanece em vigência.

Nos primeiros anos do período analisado (2003–2007), o número total de patentes publicadas era reduzido, sem registro de colaborações. A partir de 2008, observa-se um crescimento gradual tanto no volume total de patentes quanto naquelas desenvolvidas em parceria, embora com variações anuais. Esse crescimento se acentua especialmente a partir de 2014, momento em que se inicia uma tendência mais clara de aumento das colaborações no desenvolvimento dessas tecnologias. O número total de publicações atinge seu pico em 2022 e 2023, com 538 patentes publicadas em cada ano. Apesar disso, a proporção de patentes colaborativas não cresce na mesma intensidade, mantendo-se instável ao longo do tempo. Em anos como 2008 e 2012, a colaboração representou 22% e 20% das publicações, respectivamente, mas na maioria dos anos esse percentual ficou abaixo de 10%.

Entre 2021 e 2023, houve um aumento no número absoluto de patentes colaborativas, chegando a 71 em 2022. No entanto, em termos percentuais, a participação caiu de 13% para 10% em 2023, o que sugere que, embora as colaborações tenham aumentado em números absolutos, o crescimento das patentes individuais foi ainda mais acelerado. Do total de patentes ativas, apenas 241 envolveram algum tipo de colaboração, representando 8% do total. Isso demonstra que, apesar do avanço geral no número de registros, a colaboração ainda constitui uma parcela relativamente pequena do cenário analisado. A China se destaca nesse contexto, sendo responsável por 79% das patentes desenvolvidas em parceria, consolidando-se como o país com maior volume de colaborações no setor.

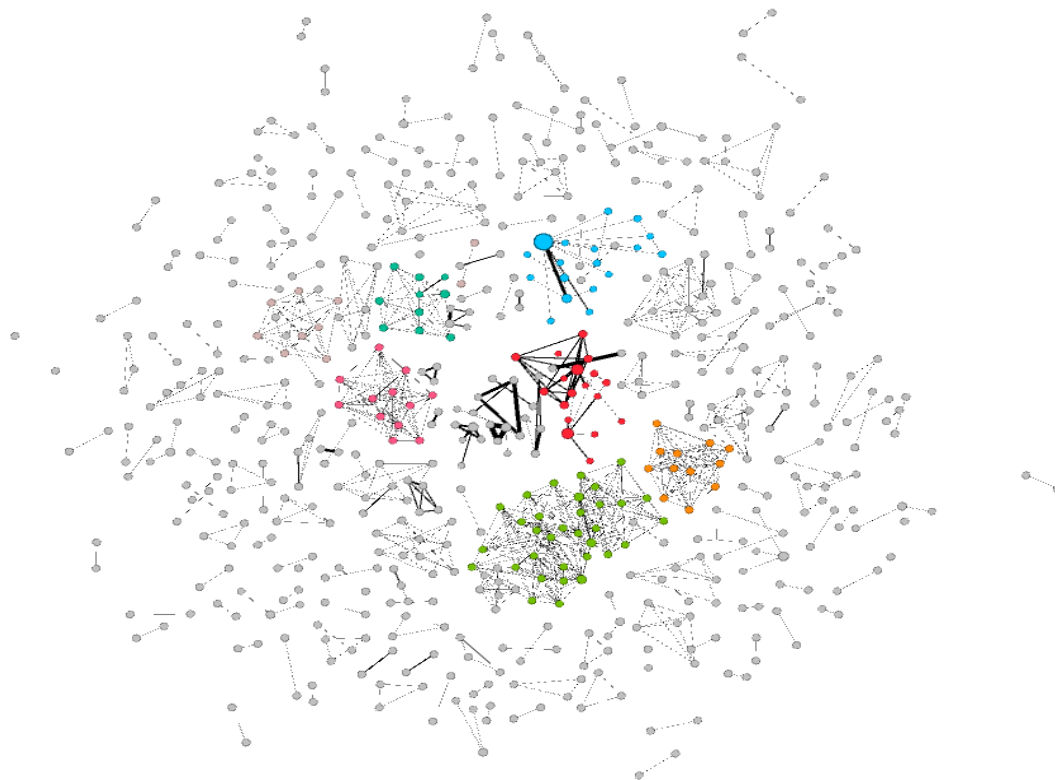
Figura 6*Análise do Número de Depósitos de Patentes Oriundas de Cooperação*

Fonte: Elaborada pela autora.

Esses resultados demonstram uma condução individualizada no desenvolvimento dessas tecnologias, já que apenas 8% das patentes envolvem cooperação. Dentre as patentes desenvolvidas com cooperação, foi criado um grafo para compreender como essas redes estão estabelecidas e visualizar os titulares envolvidos. A construção do grafo foi realizada através do sistema Gephi, como veremos na Figura 7.

Figura 7

Redes de cooperação geral de titulares de patentes



Fonte: Elaborada pela autora.

Na Figura 7, é possível visualizar as redes que possuem os vínculos mais fortes. Esses vínculos são representados pelas arestas, que aparecem como os traços mais robustos entre os nós. Os nós, representados pelos círculos do gráfico, correspondem às organizações que participaram da rede. Quanto mais espessas as arestas, mais significativa é a relação entre as instituições, indicando um maior número de colaborações. A análise da rede entre titulares revela uma estrutura centralizada, com destaque para a State Grid Corp Of China (SGCC), que apresenta os maiores valores de PageRank e Betweenness Centrality, evidenciando-se como ator e articulador central das colaborações. Outros atores importantes são Xi'an Thermal Power Research, Gupta Lakshmana K E Yadav Surendra Kumar, que também possuem altos índices de centralidade e grau de conexões. A partir da Figura 8, é possível ter claro as métricas que confirmam a relevância da SGCC na rede, como PageRank, Closeness, Betweenness e Grau.

Tabela 4*Métricas Consideradas na Análise*

Id	Label	Interval	Modularity Class	PageRank	Closeness Centrality	Betweenness Centrality	Grau
STATE GRID CORP OF CHIN...	STATE GRID CORP OF CHIN...	45		0,009659	0,85	124,0	14
XIAN THERMAL POWER RE...	XIAN THERMAL POWER RE...	162		0,004626	0,73913	100,0	11
XI'AN JIATONG UNIVERSITY	XI'AN JIATONG UNIVERSITY	162		0,004476	0,62963	80,0	7
GCL SYSTEM INTEGRATION ...	GCL SYSTEM INTEGRATION ...	85		0,003212	1,0	5,0	4
SHANGHAI JIAO TONG UNI...	SHANGHAI JIAO TONG UNI...	183		0,003212	1,0	5,0	4
MIN SUNG GI	MIN SUNG GI	103		0,003194	1,0	3,0	3
CHINA ACAD BUILDING RE...	CHINA ACAD BUILDING RE...	45		0,002952	0,566667	31,0	4
VADDI RAMESH	VADDI RAMESH	157		0,002878	0,761905	231,0	22
GUPTA LAKSHMANA K	GUPTA LAKSHMANA K	157		0,002722	0,744186	105,0	21
YADAV SURENDRA KUMAR	YADAV SURENDRA KUMAR	157		0,002722	0,744186	105,0	21
UNIV FUJIAN TECHNOLOGY	UNIV FUJIAN TECHNOLOGY	186		0,00248	1,0	14,0	9
SHANDONG HI-SPEED GR...	SHANDONG HI-SPEED GR...	50		0,002441	1,0	2,0	3
TSINGHUA UNIVERSITY	TSINGHUA UNIVERSITY	141		0,002441	1,0	2,0	3
BEIJING HUANNENG HAIC...	BEIJING HUANNENG HAIC...	19		0,002429	1,0	1,0	2
CHINA GEN NUCLEAR POW...	CHINA GEN NUCLEAR POW...	46		0,002429	1,0	1,0	2
CHOHU SEISAKUSHO KK	CHOHU SEISAKUSHO KK	52		0,002429	1,0	1,0	2
NINGBO RADI-COOL NEW ...	NINGBO RADI-COOL NEW ...	107		0,002429	1,0	1,0	2
UNIV CHONGQING	UNIV CHONGQING	148		0,002429	1,0	1,0	2
UNIV HEBEI TECHNOLOGY	UNIV HEBEI TECHNOLOGY	146		0,002429	1,0	1,0	2
UNIV KONGJU NAT IND AC...	UNIV KONGJU NAT IND AC...	147		0,002429	1,0	1,0	2
ZHEJIANG UNIVERSITY	ZHEJIANG UNIVERSITY	182		0,002429	1,0	1,0	2
UNIV QINGDAO TECHNOL...	UNIV QINGDAO TECHNOL...	45		0,002207	0,548387	16,0	3
HUANENG MINGTAI ELECT...	HUANENG MINGTAI ELECT...	162		0,002081	0,5	0,0	6
SICHUAN HUANENG BAOXI...	SICHUAN HUANENG BAOXI...	162		0,002081	0,5	0,0	6

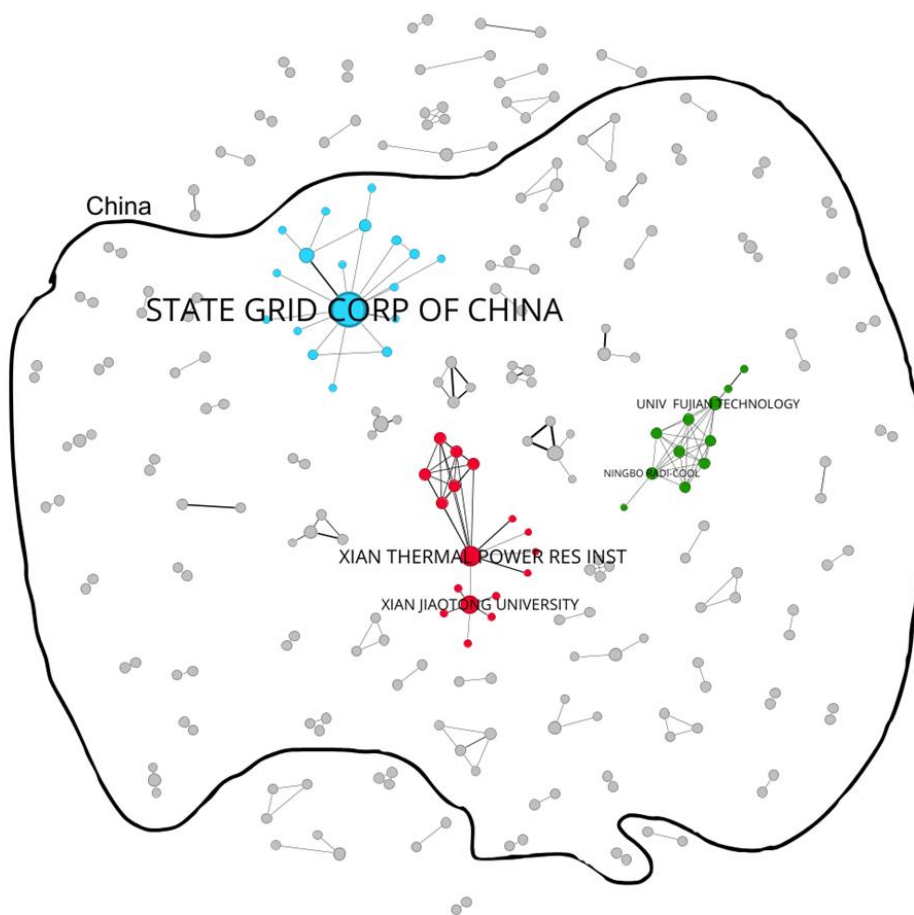
Fonte: Elaborada pela autora.

Diante da análise da tabela 4, foi possível identificar que a SGCC se destaca como o ator mais central, com o maior PageRank (0,0096), demonstrando uma maior quantidade e qualidade de conexões, Closeness com o valor mais alto (0,85), demonstrando o quão próximo está de todos os outros nós da rede. Vaddi Ramesh, embora com apenas cinco conexões, apresenta um PageRank de 0,0028, Closeness de 0,76, segundo mais alto da análise e Betweenness com o maior índice 231, indicando uma maior capacidade de atuar como ponte ou intermediário entre diferentes partes da rede, facilitando fluxos de informação e colaboração. Além desses, destaca-se também a Xian Thermal Power Research, com um PageRank de 0,0046, Closeness de 0,739 e Betweenness de 100, combinando uma boa capacidade de influência, acesso relativamente rápido aos demais nós da rede e papel intermediário relevante. De maneira complementar, a Xi'an Jiaotong University apresenta um PageRank de 0,0044, Closeness de 0,629 e Betweenness de 80, revelando-se igualmente relevante, embora com uma atuação um pouco mais periférica em termos de mediação.

Através da rede desenvolvida, também foi possível identificar sub-redes com interações centrais, observadas pela espessura da aresta (Figura 7). A sub-rede desenvolvida a partir da SGCC obteve um grau importante de relações identificadas no gráfico (figura 8). A SGCC é uma das empresas estatais mais prósperas da China e uma das maiores do mundo no setor de serviços públicos, desempenhando um papel significativo nos investimentos em energia vinculados à Iniciativa do Cinturão e Rota (BRI) e à Iniciativa Global de Energia Interconectada (GEI). Possui uma receita anual de cerca de US\$ 400 bilhões e uma força de trabalho de pelo menos um milhão de pessoas (Camba, 2021).

Figura 8

Rede de cooperação de titulares de patentes – Cluster State Grid 48orpo f China



Fonte: Elaborada pela autora.

Além da importância da SGCC na sub-rede (figura 8) 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. Essa colaboração é percebida como benéfica para ambas as partes, ocorrendo de diversas formas e com o apoio de mecanismos internos nas instituições de ensino para facilitar a aproximação e atendimento às expectativas das empresas (Gazzetta, 2020). Como foi possível identificar no gráfico, esse tipo de cooperação entre universidades e empresas está se tornando mais proeminente, possivelmente impulsionada por

cortes nos orçamentos governamentais para ciência e tecnologia e a necessidade do desenvolvimento regional e dos sistemas nacionais de inovação (Rampersad, 2015).

Além da forte relação com as universidades, também é possível identificar que a rede é predominantemente chinesa. A proximidade física pode ser um dos fatores que levaram a essa predominância, afinal Newlands (2003) afirma que a proximidade física entre os parceiros ajuda no desenvolvimento da cooperação. O autor ressalta que a confiança se constrói ao longo do tempo por meio de interações repetidas, em que as empresas e outros atores estabelecem e reforçam contratos, fazem acordos e colaboram em momentos de crise. Esse processo de aprendizado baseado na experiência permite que os atores confiem uns nos outros, sendo facilitado pela proximidade física. Muitos estudos abordaram amplamente o papel da proximidade geográfica na inovação. Além disso, essa predominância também pode ser justificada pelo fato de a proximidade facilitar a transferência de conhecimento entre empresas, contribuindo para a inovação e a competitividade das indústrias especializadas (Geldes *et al.*, 2015).

Para compreender melhor a relevância dessas relações, foi desenvolvida a tabela 5 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 5

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 pela autora.

A tabela 5 ilustra as interações entre diferentes categorias de entidades no desenvolvimento de patentes para sistemas híbridos de energia fotovoltaica. Cada linha da tabela representa uma categoria de interação, como "Independente -> Independente", neste caso, pessoa física cooperando com pessoa física, ou "Academia -> Indústria", ou seja, universidade e empresa, destacando as dinâmicas de colaboração nesse contexto. Os indicadores considerados são as métricas de frequência absoluta, que mostram o número total de interações observadas para cada tipo, e a frequência relativa, que revela a proporção que cada interação representa no conjunto total. 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%.

Na distribuição inicial, destaca-se a predominância da interação "Independente -> Independente", que corresponde a 68,60% do total, sugerindo uma forte tendência de colaboração interna ou autônoma entre essas entidades. Outras interações relevantes incluem "Indústria -> Indústria" (13,23%), representando colaborações dentro do setor industrial, e "Academia -> Indústria" (9,88%), que evidenciam trocas de conhecimento entre o meio acadêmico e o setor produtivo.

Considerando novamente a rede estabelecida a partir da State Grid Corp of China (figura 8), é possível identificar a relação estabelecida entre os entes: indústria, academia e governo. Apesar da frequente relação identificada entre instituições independentes, na sub-rede analisada, é possível perceber que a relação dominante é entre indústria - academia, governo - indústria e academia - indústria. Como podemos ver também na sub-rede protagonizada pela Xi'an Jiaotong University e pela Xian Thermal Power (figura 8), com relações de indústria - academia em maior frequência.

Dentro da análise foi possível identificar, também, os nós independentes que cooperam com outros entes independentes. A rede estabelecida com esse padrão tendo os nós com maiores participações é a rede estabelecida a partir da Vaddi Ramesh, Ydav Suredra Kumar e Gupta Lakshimana K. Trata-se de uma rede totalmente estabelecida a partir da relação independente - independente. Essa rede destaca uma dinâmica diferente, em que os principais agentes são indivíduos, sugerindo uma colaboração mais descentralizada e pessoal, em contraste com redes dominadas por grandes empresas ou instituições. Os participantes registrados nessa sub-rede aparentam ser da Índia, com base nos nomes pessoais que indicam origem indiana.

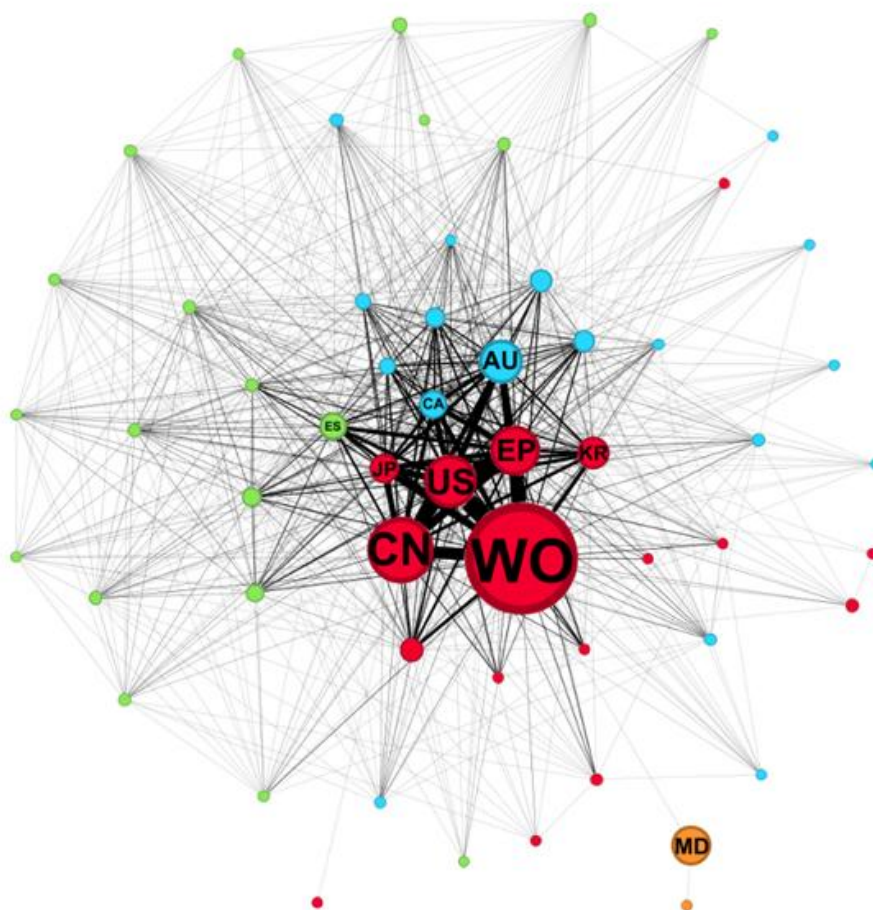
Também foi possível identificar clusters compostos por empresas e instituições acadêmicas, como a UNIV Fujian Technology. Os nós maiores, como Fujian Joy Solar Technology Corp, sugerem maior influência devido a um número maior de conexões. As empresas presentes, como Ningbo Ruiling Energy Saving and Environmental Protection CO LTD, Yuanze Fujian CO LTD, Fujian Zhongxse Yongxing Group CO LTD, Fujian Pengwei Construction Group CO LTD, e outras, formam subgrupos de colaboração intensa, muitas vezes envolvendo parceiros do mesmo setor, como energia solar, construção e tecnologia ambiental. A interação entre setores industriais e a universidade, como a UNIV Fujian Technology, reforça a integração entre academia e indústria, indicando um ecossistema conectado. Além disso, a espessura das linhas entre entidades, como entre Zhongke Yunzhi Fujian Construction Technology CO LTD e Fujian Joy Solar Technology CORP, sugere colaborações mais frequentes. Todas as instituições identificadas no subgrupo abaixo são de origem chinesa.

4.2.2. *Dimensão geográfica - Redes cooperação entre países e regiões*

Através da análise da colaboração entre países, evidenciada pela interconexão dos nós (representando os países e organizações) e arestas (relações de colaboração), foi possível identificar como principal mediadora global a China (CN), seguida dos Estados Unidos (US). Austrália (AU), Japão (JP), Coreia do Sul (KR), Canadá (CA) e Espanha (ES) também ocupam posições centrais na rede, desempenhando papéis na mediação de fluxos colaborativos, como ilustrado na figura 9. Em torno desse núcleo denso, países periféricos como Filipinas, Arábia Saudita e Vietnã possuem menos conexões, mas ainda integram a rede por meio de vínculos com os atores mais conectados. Para fins de análise, as patentes da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WO) serão interpretadas como patentes que poderão ser depositadas em diferentes países, demonstrando uma maior preocupação dos titulares dessas tecnologias em gerar proteção em várias localizações, provavelmente por entenderem que a relevância daquela tecnologia deverá extrapolar os limites geográficos do país responsável pelo seu desenvolvimento.

Figura 9

Rede de cooperação entre países – Países com maior centralidade de intermediação



Fonte: Elaborada pela autora.

O subgrupo central da rede é composto por nós altamente conectados, representando os principais mediadores globais da colaboração. Destacam-se países como China (CN) e Estados Unidos (US), além da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WO), que aparece como o maior nó da rede, indicando sua forte centralidade e papel de mediação entre diferentes atores. Segundo o International Energy Agency (IEA), em seu relatório de Renewables 2024, entre janeiro e agosto de 2024, a China registrou um aumento de quase 30% na instalação de energia solar fotovoltaica em comparação com o mesmo período de 2023, apesar dos desafios persistentes, reforçando e justificando seu destaque na sub-rede.

Dentro do subgrupo ainda é possível identificar países como Japão (JP), Coreia do Sul (KR) e o Escritório Europeu de Patentes (EP), que ocupam posições centrais. As conexões mais espessas entre China, Estados Unidos, WO, EP e Japão evidenciam colaborações intensas. A presença de países como Austrália (AU), Espanha (ES) e Canadá (CA) em posições intermediárias reforça a amplitude da rede de cooperação. Há presença também de países periféricos como a Moldávia (MD) que aparece conectada indiretamente.

Tabela 6*Relação de Grau e Centralidade entre os Países*

Rank	País/organização	Grau	Centralidade de intermediação
1	CN China	51	0,0689
2	US Estados Unidos da América	51	0,0518
3	AU Austrália	50	0,0406
4	MD Moldávia	2	0,0357
5	KR Coreia do Sul	42	0,0266
6	JP Japão	46	0,0227
7	CA Canadá	46	0,0208
8	ES Espanha	45	0,0205

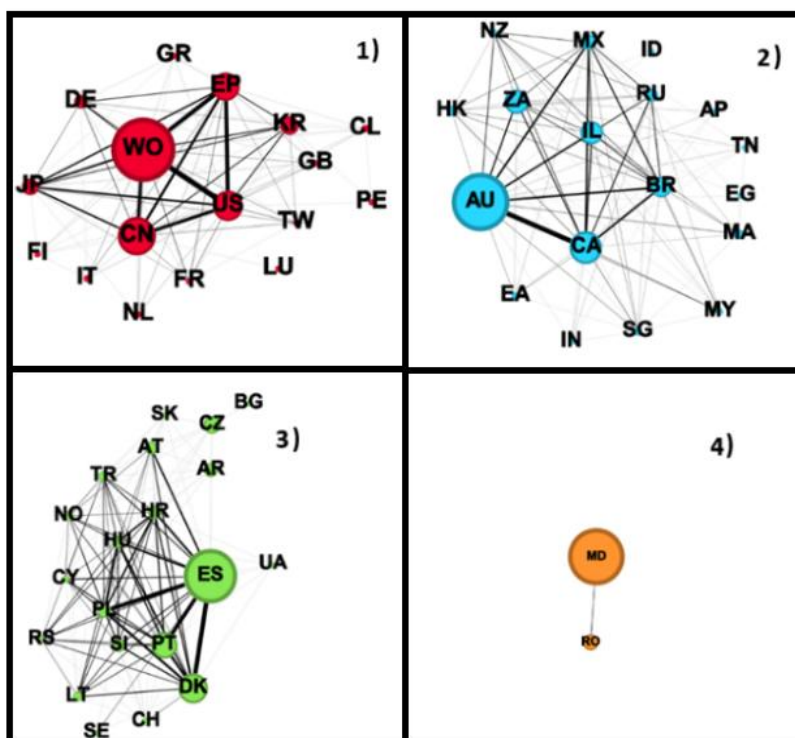
Fonte: Elaborada pela autora.

O maior subgrupo da rede, responsável por 47,14% das conexões, apresenta um padrão de colaboração que concentra os principais atores globais. Na análise, a China (CN) se destaca como o principal nó da rede, ocupando maior centralidade de intermediação (0,1249). Na sequência, Estados Unidos (US) também se destaca apresentando o mesmo grau (51 conexões) e elevada centralidade de intermediação. Esses atores formam o núcleo denso da rede, onde as interações são mais intensas e frequentes.

Dentre os 10 países citados acima, que representam uma alta relevância na sub-rede de nações que estabeleceram cooperação, destacam-se aqueles com maior investimento em P&D: Estados Unidos, China, Japão, e Coreia. Isso se deve ao fato de que a intensidade de P&D impulsiona a inovação no setor elétrico, e essa inovação, por sua vez, estimula o crescimento da produção. Já existem vários estudos que confirmam a relação positiva entre investimentos em P&D, aumento da produtividade e crescimento do valor agregado nos países (Nascimento, 2024). O alto índice de investimento energético da China, América do Norte e União Europeia é identificado na representatividade da sub-rede de colaboração entre países. Como vemos na centralidade dos nós formados na figura 10.

Figura 10

Rede de cooperação entre países – Sub-redes



Fonte: Elaborada pela autora.

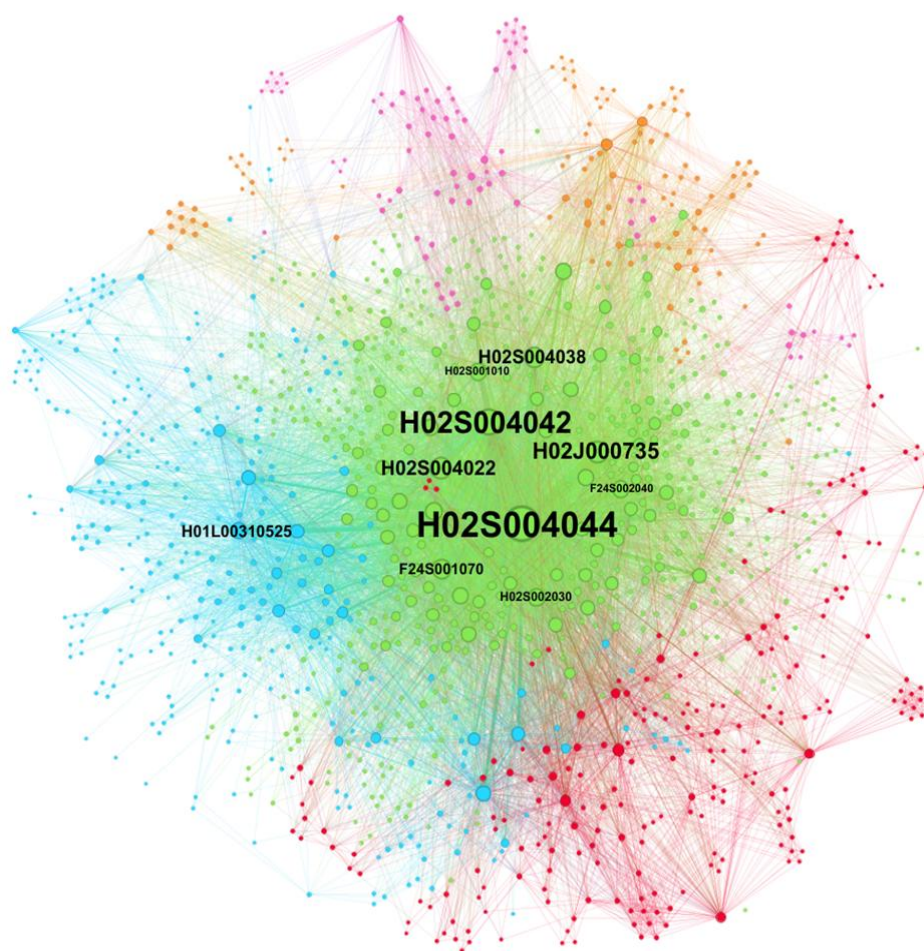
A análise das sub-redes de colaboração ilustra a formação de quatro agrupamentos distintos, evidenciando diferentes padrões de interação entre países e organizações, com base nas métricas de grau, centralidade de intermediação e nos tipos de tecnologias desenvolvidas. A sub-rede mais centralizada é liderada pela WIPO (WO), que apresenta o maior grau de conexões (52) e a mais alta centralidade de intermediação (0,1249). Essa sub-rede (representada na cor vermelha) conecta-se a países como China (grau: 51, centralidade: 0,0689), Estados Unidos (grau: 51, centralidade: 0,0518), Escritório Europeu de Patentes (grau: 51, centralidade: 0,0472) e Japão (grau: 46, centralidade: 0,0227), além da Coreia do Sul (grau: 42, centralidade: 0,0266). Esse núcleo caracteriza-se pelo foco em tecnologias do tipo H02S (geração de energia elétrica por conversão de radiação infravermelha, luz visível ou luz ultravioleta).

A segunda sub-rede é protagonizada por Austrália (grau: 50, centralidade: 0,0406) e Canadá (grau: 46, centralidade: 0,0208), interagindo com países como Brasil, Israel, África do Sul, México e Singapura. Essa sub-rede (cor azul) caracteriza-se pela colaboração focada principalmente em tecnologias energéticas e ambientais, como as classes também H02S, F03G (motores a mola, peso, inércia ou similares; dispositivos ou mecanismos produtores de energia

mecânica que utilizam fontes de energia não previstos de outra forma) e F24S (coletores de calor solar; sistemas solares térmicos). Em seguida, a sub-rede europeia destaca-se pela forte concentração regional, liderada por Espanha (grau: 45, centralidade: 0,0205), Portugal e Dinamarca. Essa sub-rede (cor verde) possui interações mais restritas geograficamente, envolvendo ainda países como Áustria, Croácia, Eslovênia e Lituânia, com foco em tecnologias de construção e eficiência energética, como E04D (coberturas de telhados; claraboias; calhas; ferramentas para telhados) e F24D (sistemas de aquecimento doméstico ou de ambientes). Por fim, a quarta e menor sub-rede é composta por Moldávia (grau: 2, centralidade: 0,0357) e Romênia, formando uma conexão periférica em relação à rede global. Essa sub-rede (cor laranja) tem a sua atuação em nichos tecnológicos específicos, sobretudo na classe B64G (veículos espaciais).

4.2.3. Dimensão tecnológica - Redes de interrelação de tecnologias

Foi desenvolvida uma sub-rede de IPCs que apresentou uma estrutura interconectada, com destaque para a classificação H02S004044, que ocupa uma posição central e de maior relevância na rede, tanto pelo maior grau de conexões (1.540) quanto pelo mais elevado PageRank (0,0405), indicando sua centralidade nas interações tecnológicas mapeadas. Essa configuração pode ser visualizada na Figura 11.

Figura 11*Rede de cooperação entre IPCs*

Fonte: Elaborada pela autora.

Outras classificações tecnológicas também se destacam, como H02S/00 (sistemas de energia solar), com subclasses específicas como H02S004042, H02S004022 e H02S004038, bem como as classes H02J000735 (circuitos ou sistemas para fornecimento ou distribuição baterias com células sensíveis à luz), H01L00310525 (dispositivos semicondutores fotovoltaicos) e F24S001070 (aspectos de controle ou monitoramento de sistemas de aquecimento solar). Essas classificações possuem elevados graus de conexão e os maiores valores de PageRank, o que significa que estão fortemente integradas ao núcleo da rede de colaboração.

Tabela 7*Relação de Grau e Pagerank dos IPCs Conectados*

Rank	IPC	Grau	Pagerank
1	H02S004044	1540	0,0405
2	H02S004042	600	0,0129
3	H02J000735	494	0,0109
4	H02S004022	392	0,0082
5	H02S004038	374	0,0078
6	H01L00310525	300	0,0073
7	F24S001070	335	0,0069
8	H02S002030	277	0,0056
9	F24S002040	263	0,0053

Fonte: Elaborada pela autora.

A presença da H01L00310525, classificada como relevante pelo grau (300) e PageRank (0,0073), indica a conexão com tecnologias de dispositivos semicondutores, ampliando o escopo tecnológico da rede. Já IPCs como F24S001070, H02S002030 e F24S002040 mantêm-se como pontos intermediários, atuando na articulação entre o núcleo denso e as áreas mais periféricas. Por fim, a classificação H02S001010, mesmo com um grau menor, integra o grupo central, contribuindo para a conectividade da rede. A distribuição das conexões revela uma forte concentração em torno de tecnologias voltadas para meios de utilização de energia do calor. A descrição completa dos IPCs mencionados pode ser consultada na tabela 8.

Tabela 8*Título da classificação dos IPCs da Rede de Colaboração*

Rank	IPC	Título da Classificação
1	H02S 40/44	Meios para utilizar energia do calor, p. ex. sistemas híbridos produzindo água aquecida e eletricidade ao mesmo tempo
2	H02S 40/42	Meios de resfriamento (meios de resfriamento diretamente associados ou integrados à célula fotovoltaica)

3	H02J 7/35	Circuitos ou sistemas para fornecimento ou distribuição de baterias com células sensíveis à luz
4	H02S 40/22	Meios para reflexão da luz ou para concentração da luz (diretamente associados às células fotovoltaicas ou integrados às células PV)
5	H02S 40/38	Meios para armazenamento de energia, p. ex. baterias, estruturalmente associados a módulos fotovoltaicos
6	H01L 31/0525	Dispositivos semicondutores fotovoltaicos, incluindo estruturas específicas das células solares
7	F24S 10/70	Aspectos de controle ou monitoramento de sistemas de aquecimento solar
8	H02S 20/30	Arranjos ou sistemas de rastreamento solar para módulos fotovoltaicos
9	F24S 20/40	Sistemas de aquecimento solar com detalhes de armazenamento de calor ou energia

Fonte: Elaborada pela autora.

O país que mais utilizou o IPC H02S004044 em suas patentes foi a China, seguida da Coreia do Sul e dos Estados Unidos, como podemos ver na tabela 9.

Tabela 9

Países Com o Maior Índice de Utilização do IPC H02S004044

País de publicação	%
China	71%
Coreia do Sul	5%
Estados Unidos	3%

Fonte: Elaborada pela autora.

A predominância da China e da Coreia do Sul no desenvolvimento de patentes relacionadas ao IPC H02S004044 pode ser justificada pelo fato de a Ásia apresentar um expressivo número de coautorias em pesquisas sobre esse tema, com 23% das colaborações impulsionadas especialmente pela China e pela Coreia do Sul (Rocha, 2024).

A análise da rede dos IPCs evidencia uma estrutura conectada e centralizada, com núcleos densos. O centro da rede é dominado por classes relacionadas a tecnologias de energia solar e sistemas elétricos, especialmente a H02S004044 e a H02S004042, que apresentam os maiores tamanhos de nó, indicando elevados graus de conexão (graus de 1540 e 600,

respectivamente) e centralidade na rede (Pagerank de 0,0405 e 0,0129). A alta presença de conexões de vínculos demonstra que essas duas classificações são frequentemente combinadas em pedidos de patentes, sugerindo um movimento híbrido de tecnologia no campo das energias renováveis. Além delas, outras classificações próximas ao núcleo também são: H02J000735 (grau de 494; Pagerank 0,0109), relacionada à distribuição e armazenamento de energia elétrica; H02S004022 (grau de 392; Pagerank 0,0082) e H02S004038 (grau de 374; Pagerank 0,0078), que complementam o núcleo ao lidar com aspectos da conversão e utilização de energia solar; e F24S001070 (grau de 335; Pagerank 0,0069), associada a sistemas de aquecimento com energia solar. A presença dessas classes indica que os esforços estão concentrados em soluções para a transição energética, envolvendo captação, armazenamento e distribuição eficiente de energia limpa. Por outro lado, algumas classificações como H01L00310525 (grau de 300; Pagerank 0,0073), relacionada a dispositivos semicondutores fotovoltaicos, não estão exatamente no centro da rede de colaboração, mas se posicionam próximas ao núcleo, ou seja, em uma zona intermediária. Isso indica que, mesmo não sendo a central ou altamente conectada, ela desempenha um papel de conexão entre o núcleo e outras áreas menos centralizadas.

4.3 Participação do Brasil no Desenvolvimento de Sistemas Solares Híbridos

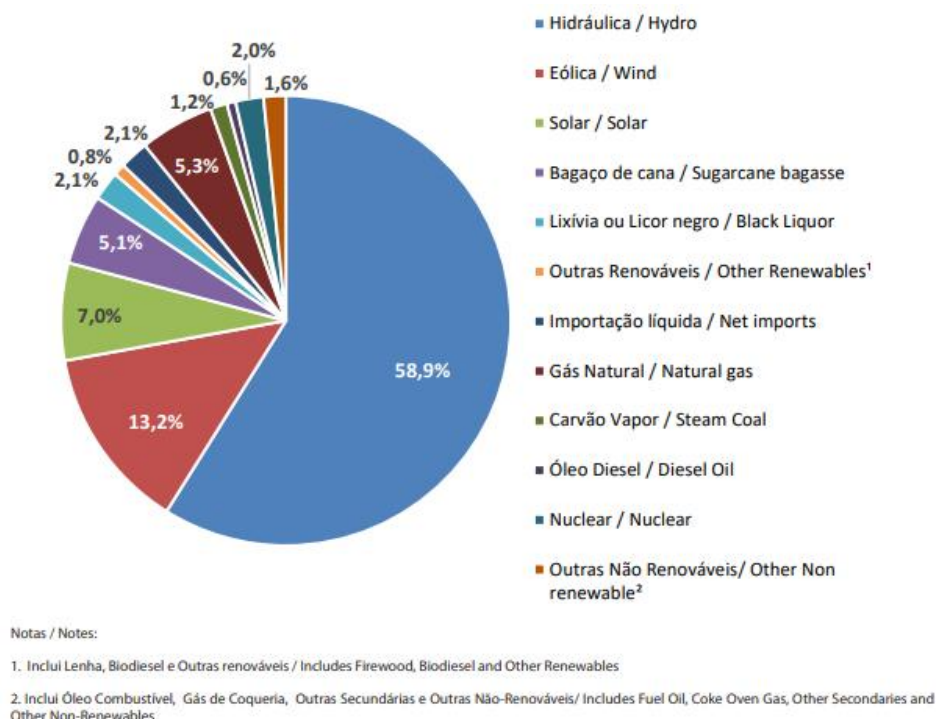
Térmico-Fotovoltaicos

A matriz elétrica brasileira ainda depende majoritariamente da geração hidrelétrica, responsável por 58,9% da produção nacional em 2024, conforme dados da EPE (Miranda, 2021). Embora essa fonte de energia seja historicamente consolidada no país, sua predominância traz vulnerabilidades estruturais, sobretudo diante da crescente escassez hídrica e dos impactos socioambientais associados, como a alteração de ecossistemas e o deslocamento de comunidades (Miranda, 2021; Soeira, 2024). Diante desse cenário, torna-se urgente a diversificação da matriz energética, priorizando fontes limpas e sustentáveis. A energia solar fotovoltaica, por exemplo, apresenta baixos impactos socioambientais e contribui diretamente para o cumprimento das metas climáticas (Forlin & Rossi, 2025). Apesar disso, sua presença no campo da inovação tecnológica, especialmente no desenvolvimento de sistemas híbridos, ainda é tímida. O Brasil, mesmo com elevado potencial solar devido à sua localização subtropical (Machado, 2022), ocupa apenas a 22ª posição entre os países com maior volume de depósitos de patentes relacionados a essas tecnologias, o que revela uma lacuna entre o potencial técnico e o investimento em inovação. Considerando o protagonismo das

hidrelétricas no Brasil, será apresentada a partir da figura 12 como a produção energética é dividida no país.

Figura 12

Divisão da Produção Energética no Brasil em 2023

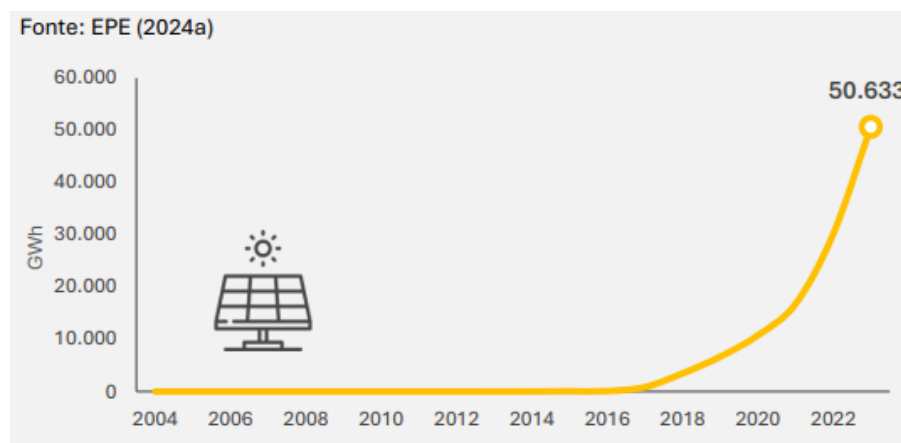


Fonte: EPE (2024).

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).

Figura 13

Crescimento Anual da Produção Energética Solar no Brasil

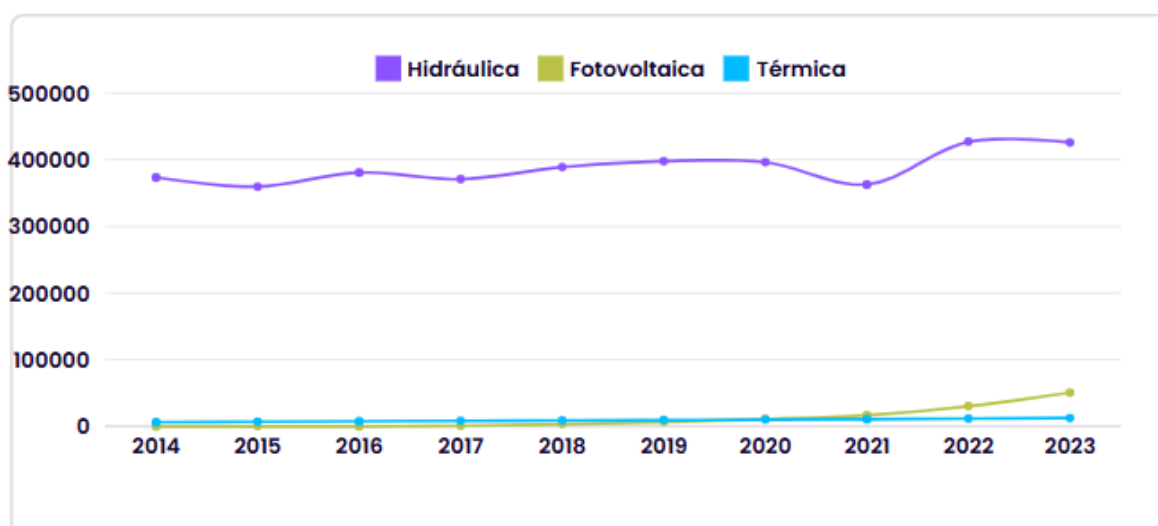


Fonte: EPE (2024).

A partir dos dados fornecidos no relatório da EPE (2024), foi construído o seguinte gráfico (figura 14) sobre a produção de energia no Brasil.

Figura 14

Produção de Energia no Brasil em 2023 (Hidráulica, Fotovoltaica e Térmica)



Nota: Ano por GWh - eq

Fonte: Relatório da EPE (2024).

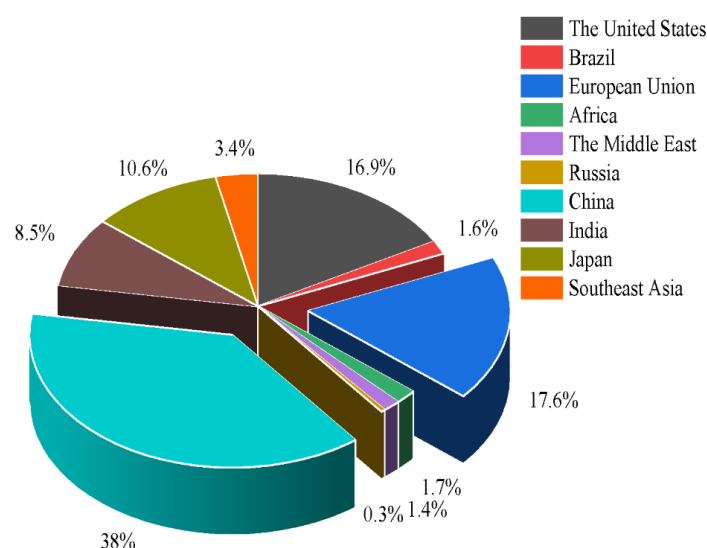
O gráfico acima apresenta o crescimento anual da produção de energia no Brasil entre 2015 e 2023 para três fontes: hidráulica, fotovoltaica e térmica. Esses dados foram colhidos a partir do Balanço Energético Nacional 2024 (EPE, 2024). A energia fotovoltaica apresentou

um crescimento exponencial entre 2016 e 2017, passando de 85 GWh para 832 GWh, atingindo um pico superior a 800%. Após esse pico, o crescimento desacelerou, mas continuou positivo, atingindo 50.632 GWh em 2023, um aumento de 68,27% em relação ao ano anterior. A energia hidráulica manteve uma variação pequena ao longo dos anos, com crescimento próximo de 0% na maior parte do período. Em 2015, a produção foi de 359.743 GWh, com uma leve queda de -3,67%. Nos anos seguintes, o crescimento variou, com alguns períodos de retração, como em 2017 (-2,63%) e 2021 (-8,49%). No entanto, em 2022, houve um crescimento de 17,74%, atingindo 427.114 GWh, seguido por uma queda de -0,26% em 2023, chegando a 425.996 GWh. Já a energia térmica apresentou um crescimento estável e baixo, sem grandes variações. Em 2015, a produção foi de 6.973 GWh, crescendo gradualmente até alcançar 12.484 GWh em 2023, com um aumento de 7,32% em relação ao ano anterior. O crescimento anual variou entre 6,6% e 11,64%.

Apesar do seu potencial solar, o Brasil ainda depende fortemente das hidrelétricas, como detalhado na figura 15. E esse cenário fica ainda mais claro quando comparamos a produção energética a partir de fonte solar com a de outros países (De Carvalho Dias, 2017). Essa discrepância é possível encontrar comparando com países europeus com menor variação anual de irradiação, como Alemanha, Suíça, Holanda e Áustria, que aproveitam melhor os recursos solares (Santos, 2023).

Figura 15

Geração de Energia Solar Fotovoltaica em 2021

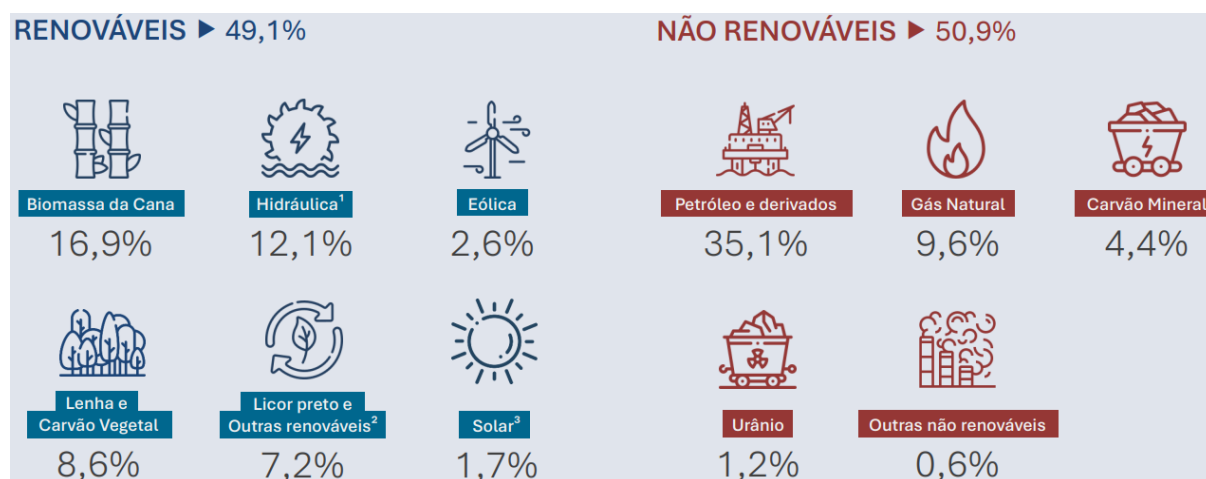


Fonte: Tan *et al.*, 2023.

Segundo o IEA, o crescimento anual do volume de energia solar fotovoltaica na América Latina deve diminuir após 2027, na medida em que a distribuição no Brasil encolhe devido à redução dos incentivos. Além da produção de energia hidráulica, outras fontes renováveis, como a eólica e a biomassa, têm maior destaque na capacidade de geração instalada, enquanto a solar permanece em um patamar significativamente inferior (De Carvalho Dias, 2017).

Figura 16

Repartição da Oferta Interna de Energia em 2023



Fonte: EPE (2024).

A autora Santos (2023) afirma que existe uma necessidade de aproveitar o grande potencial solar no Brasil. Porém, a eficiência dos painéis fotovoltaicos varia entre 14% e 22% da radiação solar transformada em energia elétrica, com o restante sendo refletido ou convertido em calor. Para mitigar esse efeito, uma opção válida é a utilização de uma solução emergente, o Sistema Híbrido Fotovoltaico/Térmico (PV/T), que aproveita a energia térmica dissipada e aumenta a eficiência, utilizando o calor residual para diversas aplicações (Pessoti, 2024). Diante disso, os sistemas híbridos surgem como uma opção para melhorar a eficiência energética e o desempenho das instalações de cogeração (Fantini, 2021).

O país precisa urgentemente de políticas públicas e subsídios a fim de reduzir a dependência de fontes externas e avançar no desenvolvimento dessa tecnologia (Paulo, 2019). Essa ausência de desenvolvimento tecnológico está clara na análise da base extraída de patentes do Derwent Innovation. Foi constatado que o Brasil aplicou um total de 6 patentes que abrangem os sistemas híbridos de geração de energia PVT, tornando-se o vigésimo segundo país na escala, sendo a primeira patente registrada em 2010 e a última em 2022 (tabela 10).

Tabela 10*Número de Aplicações por País*

Rank	Mercado	Região	Quantidade de patentes	
1	China	Ásia	2110	67,74%
	Organização Mundial da Propriedade			
2	Intelectual	Internacional	194	6,23%
3	Índia	Ásia	154	4,94%
4	Coreia do Sul	Ásia	154	4,94%
		América do		
5	Estados Unidos da América	Norte	127	4,08%
6	Japão	Ásia	61	1,96%
7	Alemanha	Europa	32	1,03%
8	Turquia	Europa	31	1,00%
		América do		
9	Canadá	Norte	25	0,80%
		América do		
10	México	Norte	25	0,80%
11	Singapura	Ásia	19	0,61%
12	Polônia	Europa	18	0,58%
13	Hong Kong	Ásia	17	0,55%
14	Itália	Europa	15	0,48%
15	Espanha	Europa	12	0,39%
16	República da Moldávia	Europa	10	0,32%
17	Escritório Europeu de Patentes	Europa	9	0,29%
18	Países Baixos	Europa	8	0,26%
19	Taiwan	Ásia	8	0,26%
20	França	Europa	7	0,22%
21	África do Sul	África	6	0,19%
		América do		
22	Brasil	Sul	6	0,16%

Fonte: Elaborado pela autora.

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. A patente BR102014017818B1 está classificada com os IPCs H01L0031042, H01L0031054, H02S004022 e H02S004044, enquanto a BRPI1004669A2 está associada aos IPCs H01L0031052, F24S005080 e H02S004044. Ambas possuem o IPC H02S004044 em comum. A patente BR102014017818B1 foi atribuída a uma empresa mineira chamada M G P ANDRADE & CIA LTD, localizada na cidade de Raul Soares. Já a patente BRPI1004669A2 foi atribuída à Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), cujo inventor identificado foi o professor da instituição, Dr. Newton Cesario Frateschi. Nenhuma das duas aplicações foram desenvolvidas com cooperação de outro ente. Apesar de o Brasil possuir somente duas aplicações ativas e não estabelecer cooperação para o desenvolvimento delas, o país colaborou com o desenvolvimento de outras aplicações, apoiando outros países nesse desenvolvimento, como podemos ver na tabela 11.

Tabela 11

Número de Patentes Desenvolvidas com a Colaboração do Brasil

Países (Origem da aplicação)	Número de patentes
Canadá	6
Estados Unidos	2
Portugal	1

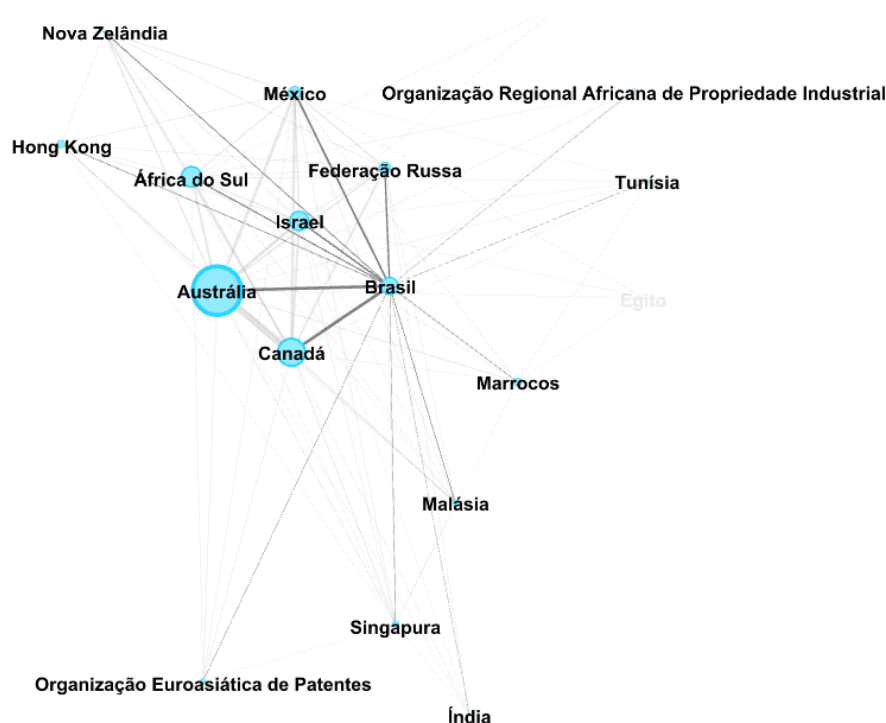
Fonte: elaborada pela autora.

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. Essa proximidade pode ser um aspecto positivo para o estabelecimento de cooperação no desenvolvimento de uma inovação, como dito por Oliveira (2019) ao afirmar que o conhecimento tácito é um componente chave para a inovação que possui como aspecto determinante, a proximidade geográfica dos entes. Além do aspecto geográfico, é importante ressaltar também o idioma, visto que Portugal também se encontra na relação de países que tiveram o Brasil no estabelecimento da cooperação. Sanches (2014) supõe que aspectos socioculturais, principalmente o idioma, torna a interação mais estreita e intensa, quando se trata de ciência, tecnologia e inovação. Apesar de não ser o mesmo idioma, o português de Portugal e o português Brasileiro possuem uma série de semelhanças que aproximam a comunicação.

Figura 17

O Brasil Inserido na Rede de Colaboração



Fonte: Elaborada pela autora.

O Brasil também está na mesma rede de colaboração que os seguintes países: África do Sul, Austrália, Canadá, China, Coreia do Sul, Croácia, Dinamarca, Escritório Asiático de Patentes, Escritório Europeu de Patentes, Espanha, Hong Kong, Hungria, Índia, Israel, Japão,

Malásia, México, Marrocos, Nova Zelândia, Organização Euroasiática de Patentes, Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WO), Organização Regional Africana de Propriedade Industrial, Polônia, Portugal, Reino Unido, Rússia, Singapura, Tunísia, Ucrânia e Estados Unidos. Na figura 17 é possível visualizar essas relações de cooperação que possuem arestas mais espessas, ou seja, são caracterizadas por terem uma relação mais intensa no desenvolvimento das patentes.

Segundo o portal do Ministério de Minas e Energia (MME), o governo brasileiro desenvolve ações e programas para promover a eficiência energética, a sustentabilidade e a transição para uma matriz energética mais limpa e diversificada. Entre as principais iniciativas está o RenovaBio, a Política Nacional de Biocombustíveis, instituída pela Lei nº 13.576/2017, que visa fornecer uma contribuição para o cumprimento dos compromissos assumidos pelo Brasil no âmbito do Acordo de Paris, promover a expansão adequada dos biocombustíveis na matriz energética e assegurar previsibilidade para o mercado, induzindo ganhos de eficiência e redução das emissões de gases de efeito estufa. Destaca-se também o Programa Nacional de Hidrogênio (PNH2), que trabalha na transição energética e neutralidade de carbono até 2050, possibilitando o desenvolvimento de projetos com abordagens tecnológicas e novos modelos de negócios. O PNH2 visa utilizar o hidrogênio para gerar a baixa emissão de carbono. Além disso, a sanção da Lei do Combustível do Futuro (Lei nº 14.993/24), em outubro de 2024, gerando legislação para o desenvolvimento de indústrias de biocombustíveis como o combustível sustentável de aviação (SAF) e o diesel verde. O programa prevê investimentos de R\$ 260 bilhões até 2037. O país tem ampliado sua atuação internacional por meio da Aliança Global para Biocombustíveis (GBA) e parcerias desenvolvidas com países como Índia e Chile, além de aderir a iniciativas globais de captura de carbono. Embora o governo tenha uma ampla gama de programas voltados para a descarbonização e a promoção de energia limpa, não há uma iniciativa voltada diretamente para a geração e desenvolvimento de sistemas solares híbridos térmico-fotovoltaicos.

O apoio do governo no desenvolvimento de uma tecnologia como a de sistemas solares híbridos térmico-fotovoltaicos é primordial até para atrair investimentos privados no setor de energia, afinal, Ferreira (2021) diz que é fundamental que o Estado ofereça um ambiente estável e confiável, onde as regras sejam claras e consistentes. No Brasil, entretanto, desde os anos 2000, a participação dos investimentos públicos e privados no PIB permanece equilibrada, pois o crescimento do setor privado ainda é impulsionado pelo investimento governamental (Ferreira, 2021). Por isso, as políticas governamentais e outros instrumentos podem representar tanto barreiras quanto oportunidades para a transição energética (Leonhardt *et al.*, 2022),

reforçando a necessidade do apoio governamental no desenvolvimento de tecnologias de sistemas solares híbridos térmico-fotovoltaicos, como forma de reduzir a dependência de combustíveis fósseis e aumentar o uso de recursos locais (Blohm, 2021).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

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. A partir da análise de redes, foi possível estruturar e identificar as colaborações, possibilitando trazer uma visão sobre como se configuram os processos inovativos nesse campo.

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, devido aos maiores valores de PageRank e Betweenness Centrality. 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.

No cenário internacional, a análise da colaboração entre países e organizações internacionais destacou a China como principal mediadora global, seguida pelos Estados Unidos e pelo Escritório Europeu de Patentes. Outros países como Austrália, Japão, Coreia do Sul, Canadá e Espanha também desempenham papéis centrais na mediação de fluxos colaborativos. 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. Os resultados obtidos oferecem informações para organizações que desejam investir, colaborar ou atuar nesse setor. O mapeamento das tecnologias centrais e dos principais centros de inovação pode orientar decisões sobre formação de parcerias, desenvolvimento de competências e alocação de recursos em P&D.

No entanto, o trabalho apresenta algumas limitações. A análise baseou-se exclusivamente em dados de patentes, que, embora representem uma importante fonte de informação sobre inovação, não abrangem todas as formas de colaboração e desenvolvimento tecnológico, como aquelas não formalizadas por registros patentários ou realizadas em ambientes de código aberto. Como possibilidades para trabalhos futuros, sugere-se ampliar a análise para incluir outras fontes de dados, como artigos científicos, relatórios técnicos e projetos de cooperação internacional, o que pode revelar outras dimensões das colaborações. Estudos comparativos entre diferentes tecnologias emergentes no campo das energias renováveis podem oferecer novos padrões colaborativos e estratégias de inovação. Além disso, pesquisas que aprofundem o papel específico do Brasil nesse ecossistema, considerando as políticas públicas recentes e os desafios enfrentados, podem contribuir para o crescimento da participação brasileira no cenário tecnológico energético global, especialmente no desenvolvimento de sistemas solares híbridos, em que ainda há uma lacuna de iniciativas e investimentos estruturados.

REFERÊNCIAS

- Adriano, N. D. A. (2023). *Persistência da inovação empresarial: explorando os sistemas institucionais à luz das variedades de capitalismo.*
- Alcoforado, F. (2024). *Produção E Consumo De Energia Da Pré-História À Era Contemporânea E Sua Evolução Futura.*
- Algarín, C. A. R. (2011). Sistemas híbridos: una estrategia para mejorar la eficiencia en los paneles solares. *Ingeniería Solidaria*, 7(13), 62-67.
- Alkire, S., Roche, J. M., Ballon, P., Foster, J., Santos, M. E., & Seth, S. (2015). *Multidimensional poverty measurement and analysis.* Oxford University Press, USA.
- Al-Sarihi, A., & Mansouri, N. (2022). Renewable energy development in the Gulf cooperation council countries: Status, barriers, and policy options. *Energies*, 15(5), 1923.
- Antoniolli, A. F., de Freitas Moscardini, E., Gessner, E., & Paladini, E. P. (2018). Análise de serviço de energia solar fotovoltaica compartilhada no Brasil. *Revista Empreender e Inovar*, 1(1), 104-116.
- Audy, J. (2017). A inovação, o desenvolvimento e o papel da Universidade. *Estudos Avançados*, 31, 75-87.
- Balland, P. A., Boschma, R., & Frenken, K. (2022). Proximity, innovation and networks: A concise review and some next steps. *Handbook of proximity relations*, 70-80.
- Barbieri, J. C., Vasconcelos, I. F. G. D., Andreassi, T., & Vasconcelos, F. C. D. (2010). Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições. *Revista de Administração de Empresas*, 50, 146-154.
- Barbosa, C. (2013). *Propriedade intelectual: introdução à propriedade intelectual como informação.* Elsevier Brasil.

- Barbosa, D. B., & Wachowicz, M. (Eds.). (2016). *Propriedade intelectual: desenvolvimento na agricultura*.
- Barbosa, G. S., Drach, P. R., & Corbella, O. D. (2014). A conceptual review of the terms sustainable development and sustainability. *International Journal of Social Sciences*, 3(2).
- Barroso, A. C., & de Azevedo Filho, P. S. (2018). Viabilidade e sustentabilidade da energia solar fotovoltaica na habitação em Porto Velho. *Revista de Economia da UEG*, 14(2).
- Bastos, J., Menezes, D., & Gubert, V. (2024). *Impactos da redução de subsídios tributários de combustíveis fósseis para geração de energia elétrica: sumário de resumos*.
- Bazzo, K. C. (2010). *Redes de cooperação das multinacionais brasileiras: Um mapeamento a partir das patentes*.
- Bazzo, K. D. C. (2010). *Redes de cooperação das multinacionais brasileiras: um mapeamento a partir das patentes* (Tese de doutorado, Universidade de São Paulo).
- Blohm, M. (2021). An enabling framework to support the sustainable energy transition at the national level. *Sustainability*, 13(7), 3834.
- Borgatti, S. P., Mehra, A., Brass, D. J., & Labianca, G. (2009). Network analysis in the social sciences. *Science*, 323(5916), 892-895.
- Boschma, R. (2005). Proximity and innovation: a critical assessment. *Regional studies*, 39(1), 61-74.
- Boschma, R., & Frenken, K. (2010). The spatial evolution of innovation networks: a proximity perspective. *The handbook of evolutionary economic geography*. Edward Elgar Publishing.
- Braga, M. R., da Silva, W. N., Almeida, A. F. L., Freire, F. N. A., & Rocha, P. A. C. (2024, September). Análise Bibliométrica Das Inovações Em Tecnologias De Geração De

- Energia Solar Na Base Scopus. In *Anais Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS*.
- Bretas, W., Morais, A., Hora, H., Ferronato, M., & Bretas, P. H. (2018). Roadmap tecnológico de patentes verdes como subsídio estratégico ao empreendedorismo sustentável. *Sustentabilidade e Responsabilidade Social em Foco*, 4.
- Britto, J. (2001). Cooperação tecnológica e aprendizado coletivo em redes de firmas: sistematização de conceitos e evidências empíricas. *Encontro Nacional de Economia*, 29.
- Bursztyjn, M. (2020). Energia solar e desenvolvimento sustentável no Semiárido: o desafio da integração de políticas públicas. *Estudos Avançados*, 34, 167-186.
- Camba, A. (2021). Sinews of politics: State Grid Corporation, investment coalitions, and embeddedness in the Philippines. *Energy Strategy Reviews*, 35, 100640.
- Caneppele, F. D. L. (2007). *Desenvolvimento de um modelo fuzzy para otimização da energia gerada por um sistema híbrido (solar-fotovoltaico e eólico)*.
- Cardim, O. B. (2012). *Energia fotovoltaica em estruturas híbridas*.
- Carneiro, D. L. C. (2009). *Supervisão e gerenciamento quase ótimo de sistemas híbridos de energia baseado em evolução diferencial para a região do Pantanal*.
- Chen, Y., & Puttitanun, T. (2005). Intellectual property rights and innovation in developing countries. *Journal of Development Economics*, 78(2), 474-493.
- Chesbrough, H. W. (2003). *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*. Harvard Business Press.
- China Academy of Building Research. (n.d.). China Academy of Building Research. *GlobalABC*. <https://globalabc.org/members/our-members/china-academy-buildings-research>

- Chow, T. T., Tiwari, G. N., & Menezes, C. (2012). Hybrid solar: A review on photovoltaic and thermal power integration. *International Journal of Photoenergy*.
- Classen, N., Van Gils, A., Bammens, Y., & Carree, M. (2012). Accessing resources from innovation partners: The search breadth of family SMEs. *Journal of Small Business Management*, 50(2), 191-215.
- Conejero, M. C., Calia, R. C., & Sauaia, A. C. A. (2015). Redes de inovação e a difusão da tecnologia solar no Brasil. *RAI Revista de Administração e Inovação*, 12(2), 90-109.
- Costa, C. A. A., Santos Freitas, D. G., Ribeiro, J. A. G., Santos, J. H. S., Pamplona, L. R. E., Galdino, L. F., ... & Mergulhão, R. A. C. (2023). Eficiência energética: Análise da viabilidade do uso de energia limpa em processos industriais no cumprimento do ODS 7 da agenda ESG. *Revista Mangaio Acadêmico*, 8(4), 11-11.
- 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.
- Cunha, S. K., Doliveira, S. L. D., Nascimento, T. C., Massuga, F., Barbosa, C. T., & Duarte, A. F. B. (2022). Intermediaries of transition to sustainability: Influences and perspectives. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 11(1), e21497-e21497.
- Da Costa, G. A. F., Gandolfi, P. E., Lopes, J. E. F., & de Paulo, A. F. (2024). Mapeamento e caracterização da cooperação científica baseado em análise de redes. *International Journal of Scientific Management and Tourism*, 10(3), e899-e899.
- Da Costa Mineiro, A. A., Souza, T. A., & De Castro, C. C. (2020). Desafios e Críticas ao Modelo de Hélice Tríplice: uma revisão integrativa. *Desenvolvimento em questão*, 18(52), 233-248.
- Da Paixão, J. L., Sausen, J. P., & da Rosa Abaide, A. (2024). *Energia fotovoltaica: avanços, potencialidades e desafios para uma transição sustentável*.

- De Almeida, M. B., & Silva, L. C. S. (2023). A cooperação para a inovação: uma análise da Universidade Federal da Grande Dourados. *Comunicação & Inovação*, 24, e20238972-e20238972.
- De Carvalho Dias, C. T., de Medeiros Silva, W. K., de Freitas, G. P., & do Nascimento, J. F. (2017). Energia solar no Brasil. *Revista InterScientia*, 5(1), 153-165.
- De Oliveira Schmitz, G. (2023). *Desenvolvimento à Vista? Análise Da Cooperação Chinesa No Sudeste Asiático De 1949 A 2023*.
- Dos Santos, A. B., Fazon, C. B., & De Meroe, G. P. (2011). Inovação: um estudo sobre a evolução do conceito de Schumpeter. *Caderno de Administração*, 5(1).
- Dos Santos, J. W., Netto, J. B., Santos, I. N., de Jesus Dias, L. V., de Farias Rezende, C. M., & dos Santos, M. J. C. (2024). Previsão tecnológica para uso de inteligência artificial generativa na redação de pedidos de patentes. *Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia*, 15(37), 41-55.
- Du, Y., Wang, M., & Yin, Y. (2024). Research on innovation cooperation network of Chinese universities based on patent data. *Journal of Engineering and Technology Management*, 71, 101784.
- Empresa de Pesquisa Energética. (2024). *Anuário 20 anos*. Empresa de Pesquisa Energética. <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublishingImages/Paginas/Forms/Publicaes/Anuario20anos.pdf>
- Empresa de Pesquisa Energética. (2024). *Balanço Energético Nacional 2024*. <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2024>
- Empresa de Pesquisa Energética. (2024). *Balanço Energético Nacional 2024*. <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2024>

- ESCAP, U. (2017). *Regional cooperation for sustainable energy in Asia and the Pacific*. United Nations.
- Esposito, A. S., & Fuchs, P. G. (2013). *Desenvolvimento tecnológico e inserção da energia solar no Brasil*. <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1421>
- 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.
- Fantini, D. G. (2021). *Estudo teórico de um sistema híbrido fotovoltaico térmico com concentrador refletor linear Fresnel*.
- Faria, P., Lima, F., & Santos, R. (2010). Cooperation in innovation activities: The importance of partners. *Research Policy*, 39(8), 1082-1092.
- 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>
- Ferreira, L. F. (2021). *Três ensaios sobre energia renovável e o financiamento público à pesquisa: uma análise a partir do fundo setorial de energia*.
- Ferreira, P. L. (2005). *Estatística descritiva e inferencial: breves notas*.
- Firincieli, S. (2023). *Environment Sound Technologies: Patent landscape report* (Doctoral dissertation, Politecnico di Torino).

- 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.
- Fortes Storti, D. R., & Martinelli Junior, O. (2022). Patentes em Energias Renováveis: Um estudo exploratório a partir de indicadores para países selecionados. *Estudios Económicos*, 39(78), 127-156.
- Freeman, L. (2004). The development of social network analysis. *A Study in the Sociology of Science*, 1(687), 159-167.
- Garcia, R. (2021). Geografia da inovação. *Economia e ciência, tecnologia e inovação: fundamentos teóricos e a economia global*, 1, 1-622.
- 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.
- Geldes, C., Felzensztein, C., Turkina, E., & Durand, A. (2015). How does proximity affect interfirm marketing cooperation? A study of an agribusiness cluster. *Journal of Business Research*, 68(2), 263-272. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2014.2002.2004>
- Gil, A. C. (2007). *Como elaborar projetos de pesquisa* (4ª ed.). Atlas.
- Giordano, D. M., Bruning, E., & Bordin, A. S. (2015). Uso do scriptlattes e gephi na análise da colaboração científica. *Anais do Computer on the Beach*, 6, 239-248.
- China Academy of Building Research. (n.d.). *Our members*. GlobalABC. <https://globalabc.org/members/our-members/china-academy-buildings-research>
- Gomes, A. M. F., Pivatto, M. P., Braga, M., do Nascimento, L. R., & Rütther, R. (2024). Impactos Da Cooperação Governo-Universidade-Indústria Na Inovação No Setor De Energia Solar Fotovoltaica: Estudo De Caso. *Revista Brasileira de Energia Solar*, 15(1), 64-72.

- Gomes, M. F., & Ferreira, L. J. (2018). Políticas públicas e os objetivos do desenvolvimento sustentável. *Direito e Desenvolvimento*, 9(2), 155-178.
- Gomes, R. C. (2017). *Redes de cooperação para desenvolvimento tecnológico dos biocombustíveis: mapeamento a partir de cotitularidade em patentes* (Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo).
- Gonçalves, E., & Fajardo, B. D. A. G. (2011). A influência da proximidade tecnológica e geográfica sobre a inovação regional no Brasil. *Revista de Economia Contemporânea*, 15, 112-142.
- Guedes, T. A., Martins, A. B. T., Acorsi, C. R. L., & Janeiro, V. (2005). Estatística descritiva. *Projeto de ensino aprender fazendo estatística*, 1-49.
- 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.
- 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.
- Haase, H., de Araújo, E. C., & Dias, J. (2005). Inovações vistas pelas patentes: exigências frente às novas funções das universidades. *Revista Brasileira de Inovação*, 4(2), 329-362.
- Hardeman, S., Frenken, K., Nomaler, Ö., and Ter Wal, A. J. (2015). Characterizing and comparing innovation systems by different “modes” of knowledge production: A proximity approach. *Science and Public Policy*, 42(4), 530–548
- Haščič, I., & Migotto, M. (2015). Measuring environmental innovation using patent data. *Environmental Economics and Policy Studies*, 17, 457-472.
- <https://doi.org/10.1007/s10018-014-0087-5>

- Herrando, M., Wang, K., Huang, G., Otanicar, T., Mousa, O. B., Agathokleous, R. A., Ding, Y., Kalogirou, S., Ekins-Daukes, N., Taylor, R. A., & Markides, C. N. (2023). A review of solar hybrid photovoltaic-thermal (PV-T) collectors and systems. *Progress in Energy and Combustion Science*, 97, 101072.
<https://doi.org/10.1016/j.pecs.2023.101072>
- Higgins, S. S., & Ribeiro, A. C. A. (2018). *Análise de redes em ciências sociais*.
- Holgersson, M. (2013). Patent management in entrepreneurial SMEs: A literature review and an empirical study of innovation appropriation, patent propensity, and motives. *R&D Management*, 43(1), 21-36. <https://doi.org/10.1111/radm.12014>
- Huang, L., Hou, Z., Fang, Y., Liu, J., & Shi, T. (2023). Evolution of CCUS technologies using LDA topic model and derwent patent data. *Energies*, 16(6), 2556.
- Instituto Nacional da Propriedade Industrial. (n.d.). *Classificação de patentes*.
<https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes/classificacao>
- International Energy Agency. (2024). *Renewables 2024*.
<https://www.iea.org/reports/renewables-2024>
- 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>
- Jacomossi, R. R., & Demajorovic, J. (2017). Fatores determinantes da aprendizagem organizacional para a inovação ambiental: Um estudo multicaso. *Revista de Administração Contemporânea*, 21(05), 685-709.
- Junior, A. O. P. (2013). A ascensão da China e as oportunidades para o Brasil no setor de energia e de transportes. *Boletim de Economia e Política Internacional*, 15, 105-123.

- 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.*
- Junior, E. E. B., & Rodrigues, L. J. (2018, December). Coletor Híbrido Térmico Fotovoltaico: Revisão de Simulações e Dimensionamentos. In *Anais Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS.*
- Kim, J. H., & Lee, Y. G. (2021). Factors of collaboration affecting the performance of alternative energy patents in South Korea from 2010 to 2017. *Sustainability, 13*(18), 10208.
- Kronemberger, D. (2019). *Desenvolvimento local sustentável: Uma abordagem prática.* Editora Senac São Paulo.
- Kuşkaya, S., Bilgili, F., Muğaloğlu, E., Khan, K., Hoque, M. E., & Toguç, N. (2023). The role of solar energy usage in environmental sustainability: Fresh evidence through time-frequency analyses. *Renewable Energy, 206*, 858-871.
- Laranjeira, P. A., & Cavique, L. (2018). *Métricas de centralidade em redes sociais.*
- 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.
- Lee, J., & Shin, J. (2023). The Economic Value of New Sustainable Products: The Case of Photovoltaic Thermal (PVT) Hybrid Solar Collectors. *Energies, 16*(14), 5473.
- Leonhardt, R., Noble, B., Poelzer, G., Fitzpatrick, P., Belcher, K., & Holdmann, G. (2022). Advancing local energy transitions: A global review of government instruments supporting community energy. *Energy Research & Social Science, 83*, 102350.
- 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, F., Zhang, N., & Cao, C. (2017). An evolutionary process of global nanotechnology collaboration: A social network analysis of patents at USPTO. *Scientometrics*, 111, 1449-1465.
- 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>
- Liu, W., Yao, J., & Bi, K. (2023). Drifting towards collaborative innovation: Patent collaboration network of China's nuclear power industry from multidimensional proximity perspective. *Progress in Nuclear Energy*, 164, 104851. <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2022.104851>
- Lopes, G. R. (2012). *Avaliação e recomendação de colaborações em redes sociais acadêmicas*.
- Lopes, M. C., & Taques, F. H. (2016). O desafio da energia sustentável no Brasil. *Revista Cadernos de Economia*, 20(36), 71-96.
- 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.
- Majeed, S., Uzair, M., Qamar, U., & Farooq, A. (2020, November). Social Network Analysis Visualization Tools: A Comparative Review. In *2020 IEEE 23rd International Multitopic Conference (INMIC)* (pp. 1-6). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/INMIC50851.2020.9378594>
- Makki, A., Omer, S., & Sabir, H. (2015). Advancements in hybrid photovoltaic systems for enhanced solar cells performance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *41*, 658-684. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.047>
- Mancuso, A. C. B., Castro, S. M. D. J., Guimarães, L. S. P., Leotti, V. B., Hirakata, V. N., & Camey, S. A. (2018). Estatística descritiva: perguntas que você sempre quis fazer, mas nunca teve coragem. *Clinical and biomedical research*. *38*(4), 414-418.
- Manhães, R. R., Lima, F. M. D. R. D. S., & Alvarado, L. M. T. (2022). *Uma breve revisão sobre energia eólica, sustentabilidade, reciclagem e suas relações*.
- Manwell, J. F. (2004). Hybrid energy systems. *Encyclopedia of Energy*, *3*, 215-229.
- Manzato, A. J., & Santos, A. B. (2012). A elaboração de questionários na pesquisa quantitativa. *Departamento de Ciência de Computação e Estatística–IBILCE–UNESP*, *17*, 1-17.
- Marteletto, R. M. (2001). Análise de redes sociais-aplicação nos estudos de transferência da informação. *Ciência da Informação*, *30*, 71-81.
- Martins, F. R., Pereira, E. B., & Echer, M. P. D. S. (2004). Levantamento dos recursos de energia solar no Brasil com o emprego de satélite geoestacionário: o Projeto Swera. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, *26*, 145-159.

- Matitz, Q. R. S., & Bulgacov, S. (2011). O conceito desempenho em estudos organizacionais e estratégia: um modelo de análise multidimensional. *Revista de Administração Contemporânea*, 15, 580-607. <https://doi.org/10.1590/S1415-65552011000400005>
- Maximo, A. A., Melo, E. I., Noé, Y. M., Braga, D. S., Santana, V. A. C., & Diniz, A. S. A. C. (2024, September). Análise De Desempenho De Protótipos De Coletores Híbrido Térmico-Fotovoltaico (Pvt). In *Anais Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS*.
- Messeni Petruzzelli, A., Albino, V., & Carbonara, N. (2007). Technology districts: proximity and knowledge access. *Journal of knowledge management*, 11(5), 98-114.
- Minim, V. P. R., Navarro, R. D. C. D. S., Silva, D., Milagres, M. P., Martins, E. M. F., Sampaio, S. C. S. A., & Vasconcelos, C. M. (2010). Análise descritiva: comparação entre metodologias. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, 65(374), 41-48.
- Miranda, M. O. L. (2021). *Análise do desempenho de um coletor solar híbrido em um sistema de produção simultânea de eletricidade e água quente*.
- Mizruchi, M. S. (2006). Análise de redes sociais: avanços recentes e controvérsias atuais. *Revista de Administração de Empresas*, 46, 72-86.
- Мищенко, П. О. (2018). Застосування технологій комп'ютерного конструювання при створенні відновлюваних джерел енергії [Application of computer-aided design technologies in the creation of renewable energy sources] (Master's thesis, Київ [Kyiv]).
- Mongin, R. M. (2021). *Análise estatística multivariada do monitoramento da qualidade da água: o caso da Estação Ecológica Águas Emendadas*.
- Morais, C. (2005). *Escalas de medida, estatística descritiva e inferência estatística*.
- Moreira, H. M., & Giometti, A. B. D. R. (2008). Protocolo de Quioto e as possibilidades de inserção do Brasil no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo por meio de projetos em energia limpa. *Contexto Internacional*, 30, 9-47.

- Nascimento, E. C. (2024). A Abordagem Evolucionária Da Inovação E Sua Relação Com A Trajetória Dos Investimentos Em P&D No Brasil Do Século Xxi: Uma Reflexão Sobre Os Nexos Com A Inovação E O Crescimento Econômico. *Revista Americana de Empreendedorismo e Inovação*, 6(1).
- Nelson, R. (1984). O uso da análise de redes sociais no estudo das estruturas organizacionais. *Revista de Administração de Empresas*, 24, 150-157.
- Neto, R. M., Souza, B. A., Almeida, T. G., Nakamura, F. G., & Nakamura, E. F. (2017, July). Uma Abordagem para Identificação de Entidades Influentes em Eventos Comentados nas Redes Sociais Online. In *Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos (SBSC)* (pp. 1314-1327).
- Newlands, D. (2003). Competition and cooperation in industrial clusters: The implications for public policy. *European Planning Studies*, 11(5), 521-532.
<https://doi.org/10.1080/0965431032000101715>
- Noro, M., Lazzarin, R., & Bagarella, G. (2016). Advancements in hybrid photovoltaic-thermal systems: Performance evaluations and applications. *Energy Procedia*, 101, 496-503. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.11.064>
- Noveli, M., & Segatto, A. P. (2012). Processo de cooperação universidade-empresa para a inovação tecnológica em um parque tecnológico: Evidências empíricas e proposição de um modelo conceitual. *RAI Revista de Administração e Inovação*, 9(1), 81-105.
<https://doi.org/10.5773/rai.v9i1.808>
- 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).
- Oliveira, A. B. (2019). A Importância Espacial Da Proximidade Geográfica Na Pesquisa Científica E Nos Processos De Inovação Tecnológica: The Space Importance Of

Geographical Proximity In Scientific Research And Technological Innovation Processes. *Boletim Goiano de Geografia*, 39, 1-22.

Oliveira, L. G. D., Suster, R., Pinto, A. C., Ribeiro, N. M., & Silva, R. B. D. (2005).

Informação de patentes: Ferramenta indispensável para a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico. *Química Nova*, 28, S36-S40.

<https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000700007>

Oliveira, V. P., de Castro Garcia, R., & Bacic, M. J. (2018). Fatores direcionadores da

cooperação de pequenas e médias empresas com a universidade: evidências a partir de quatro estudos de caso. *Revista Econômica*, 20(2).

Omobhude, C., & Chen, S. H. (2019). The roles and measurements of proximity in sustained technology development: A literature review. *Sustainability*, 11(1), 224.

Organização Mundial da Propriedade Intelectual. (2025). *International Patent Classification (IPC) – H02S 40/42*.

<https://ipcpub.wipo.int/?notion=scheme&version=20250101&symbol=H02S0040420000&menulang=en&lang=en&viewmode=f&fipcpc=no&showdeleted=yes&indexes=no&headings=yes¬es=yes&direction=o2n&initial=A&cwid=none&tree=no&searchmode=smart>

Organização das Nações Unidas. (2018). *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*.

<https://brasil.un.org/pt-br>

Pacagnan, M. N., & Rampazo, A. V. (2008). Competitividade no varejo: Desafio da

colaboração entre os pequenos empresários. *Revista da Micro e Pequena Empresa*, 2(2), 3-18.

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.

- Paixão, M. A. S., & de Miranda, S. H. G. (2018). Um comparativo entre a política de energia renovável no Brasil e na China. *Pesquisa & Debate Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Economia Política*, 29(1), 53.
- 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>
- Pessoti, A. V. (2024). *Desenvolvimento de um modelo por resistências térmicas de um sistema híbrido fotovoltaico/térmico com trocador de calor de polipropileno corrugado*.
- Petrobon-Costa, F., Fornari Junior, C. C. M., & Santos, T. M. R. D. (2012). Inovação & propriedade intelectual: Panorama dos agentes motores de desenvolvimento e inovação. *Gestão & Produção*, 19, 493-508. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2012000300011>
- Plonski, G. A. (1998). Cooperação empresa-universidade no Brasil: Um novo balanço prospectivo. *Interação universidade empresa*.
- Porto, G. S. (2000). *A decisão empresarial de desenvolvimento tecnológico por meio da cooperação empresa-universidade* (Tese de Doutorado), Universidade de São Paulo.
- Priyanta, S., Trisna, I. N. P., & Prayana, N. (2019). Social network analysis of Twitter to identify issuer of topic using PageRank. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10(1), 107-111.
<https://doi.org/10.14569/IJACSA.2019.0100114>

- Qu, F., Xu, L., & Chen, Y. (2022). Can market-based environmental regulation promote green technology innovation? Evidence from China. *Frontiers in Environmental Science*, 9, Article 823536. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.823536>
- Rallet, A., & Torre, A. (1999). Is geographical proximity necessary in the innovation networks in the era of global economy?. *GeoJournal*, 49(4), 373-380.
- Ramírez, B. A. V., & de Castro Garcia, R. (2015). Formas de proximidade entre empresas e universidades e a promoção do aprendizado interativo em aglomerações produtivas locais. *Revista Gestão & Saúde*, 1027-1042.
- 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.
- Rampersad, G. C. (2015). Developing university-business cooperation through work-integrated learning. *International Journal of Technology Management*, 68(3-4), 203-227. <https://doi.org/10.1504/IJTM.2015.070204>
- Recuero, R. (2018). Estudando discursos em mídia social: uma proposta metodológica. *Estudando cultura e comunicação com mídias sociais*, 1, 13-30.
- Richter, F. A. (2014). As patentes verdes e o desenvolvimento sustentável/Green patents and sustainable development. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, 7(3), 383-398.
- Ritchie, H., & Roser, M. (2024). Cars, planes, trains: where do CO₂ emissions from transport rosacome from?. *Our World in Data*.
- Rocha, Á. G., Neto, A. B., & de Oliveira, B. G. (2024). Conciliando crescimento energético sustentável e segurança alimentar: Desafios da implantação de energia fotovoltaica em terras agrícolas no Brasil. *Estudios Rurales*, 14(30).

- Rocha, J. V. P. A., Silva, S. E., Reis, L. P., Fernandes, J. M., & Silva, A. L. (2023). *Apresentação de um panorama geral das inovações tecnológicas em sustentabilidade: Uma análise de patentes*. Universidade Federal de Ouro Preto.
- Rodríguez, L. R., Lissén, J. M. S., Ramos, J. S., Jara, E. Á. R., & Domínguez, S. Á. (2016). Analysis of the economic feasibility and reduction of a building's energy consumption and emissions when integrating hybrid solar thermal/PV/micro-CHP systems. *Applied Energy*, 165, 828-838.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.12.011>
- Romijn, H., & Albu, M. (2002). Innovation, networking and proximity: Lessons from small high technology firms in the UK. *Regional Studies*, 36(1), 81-86.
- Rorato, G. D. (2019). *A construção do sistema de C, T&I de Israel*.
- Rosa, A. R. O., & Gasparin, F. P. (2016). Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil. *Revista Brasileira de Energia Solar*, 7(2), 140-147.
- Rosa, M. J. (2021). *Portfólio de P&D a partir de bases de patentes: uma adaptação da teoria de Markowitz para a indústria de petróleo e gás* (Tese de Doutorado), Universidade de São Paulo.
- Rosales-Pérez, J. F., Villarruel-Jaramillo, A., Romero-Ramos, J. A., Pérez-García, M., Cardemil, J. M., & Escobar, R. (2023). Hybrid system of photovoltaic and solar thermal technologies for industrial process heat. *Energies*, 16(5), Article 2220.
<https://doi.org/10.3390/en16052220>
- 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).
- Safir, Y. (n.d.). Perfil de Yakov Safir. *ResearchGate*.
<https://www.researchgate.net/profile/Yakov-Safir>

- Saito, T., & Takeda, S. I. (1990). Multidimensional scaling of asymmetric proximity: model and method. *Behaviormetrika*, *17*(28), 49-80. <https://doi.org/10.2333/bhmk.17.49>
- Sanches, I., Del Vecchio, R., & Matos, M. P. (2014). Evidências e Padrões de Cooperação em Ciência, Tecnologia e Inovação na América Latina. *Sistemas & Gestão*, *9*(4), 528-542.
- Sánchez, Á. M., Pérez-Pérez, M., & Vicente-Oliva, S. (2019). Agile production, innovation and technological cooperation: Overlapping priorities of manufacturing firms. *Baltic Journal of Management*, *14*(4), 597-615. <https://doi.org/10.1108/BJM-12-2018-0464>
- 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.
- Santana, J. C. S., de Oliveira Ribeiro, M. E., de Azevedo Souza, P. R., de Souza, J. P. S., & Peres, S. M. (2020). O uso e produção da energia limpa como método de preservação ambiental sustentável. *Epitaya E-books*, *1*(12), 99-111.
- Santos, N. D. S. (2023). *Análise da viabilidade do uso de um sistema híbrido fotovoltaico térmico em habitações de interesse social*.
- Saraiva, M. G. (2007). As estratégias de cooperação Sul-Sul nos marcos da política externa brasileira de 1993 a 2007. *Revista brasileira de política internacional*, *50*, 42-59.
- Sardinha, T. B. (2000). Análise multidimensional. *DELTA: Documentação de Estudos em Lingüística Teórica e Aplicada*, *16*, 99-127. <https://doi.org/10.1590/S0102-44502000000100005>
- Sartori, S., Latrônico, F., & Campos, L. (2014). Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura. *Ambiente & sociedade*, *17*, 01-22.

- Sayed, E. T., Olabi, A. G., Alami, A. H., Radwan, A., Mdallal, A., Rezk, A., & Abdelkareem, M. A. (2023). Renewable energy and energy storage systems. *Energies*, *16*(3), Article 1415. <https://doi.org/10.3390/en16031415>
- Schiederig, T., Tietze, F., & Herstatt, C. (2012). Green innovation in technology and innovation management—an exploratory literature review. *R&d Management*, *42*(2), 180-192. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2011.00677.x>
- Schipper, E. L. F. (2006). Conceptual history of adaptation in the UNFCCC process. *Review of European Community & International Environmental Law*, *15*(1), 82-92.
- Schumpeter, J. A. (1988). *Teoria do desenvolvimento econômico*. Editora Nova Cultural.
- Schwartzman, S. (1979). *Pesquisa acadêmica, pesquisa básica e pesquisa aplicada em duas comunidades científicas. Termos de referência de pesquisa*.
- Secretaria Especial de Comunicação Social. (2025). *ComunicaBR. Governo Federal*. <https://www.gov.br/secom/pt-br/aceso-a-informacao/comunicabr>.
- 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)
- Seixas, C. S., Prado, D. S., Joly, C. A., May, P. H., Neves, E. M. S. C., & Teixeira, L. R. (2020). Governança ambiental no Brasil: rumo aos objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS)?. *Cadernos Gestão Pública e Cidadania*, *25*(81).
- Segatto-Mendes, A. P., & Mendes, N. (2006). Cooperação tecnológica universidade-empresa para eficiência energética: um estudo de caso. *Revista de Administração Contemporânea*, *10*, 53-75.
- 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).

- Siecker, J., Kusakana, K., & Numbi, E. B. (2017). A review of solar photovoltaic systems cooling technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 192-203. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.154>
- Silva, F. M. D. (2022). *Conhecimento, cooperação tecnológica e desenvolvimento de tecnologias protegidas por patentes no segmento da bioinformática*.
- Silva, L. C. S., Caten, C. S., & Gaia, S. (2015). Technological Forecasting of Sustainable Products: Analysis of Eco-Innovations. In C. Quandt & Q. Souza (Eds.). *Business Transformation and Sustainability through Cloud System Implementation* (pp. 174-192). IGI Global.
- Silva, L. C. S., Kovalski, J. L., Gaia, S., Back, L., Spak, M. D. S., & Moretti, I. C. (2013). World scenario of green patents: Perspectives and strategies for the development of eco-innovations. *African Journal of Business Management*, 7(6), 472. <https://doi.org/10.5897/AJBM11.2603>
- 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*.
- Souza, E. P. (2015). Avaliação da sustentabilidade na geração híbrida solar e eólica. *Revista Espacios*, 36(15).
- Souza, Q., & Quandt, C. (2008). Metodologia de análise de redes sociais. In *O tempo das redes*. Perspectiva, (pp. 31-63).
- Stal, E., Nohara, J. J., & de Freitas Chagas Jr, M. (2014). Os conceitos da inovação aberta e o desempenho de empresas brasileiras inovadoras. *RAI Revista de Administração e Inovação*, 11(2), 295-320. <https://doi.org/10.11606/issn.2178-938X.v11i2p295-320>

- Suttmeier, R. P., Cao, C., & Simon, D. F. (2006). " Knowledge Innovation" and the Chinese Academy of Sciences. *Science*, 312(5770), 58-59.
- Tabrizian, S. (2019). Technological innovation to achieve sustainable development—Renewable energy technologies diffusion in developing countries. *Sustainable Development*, 27(3), 537-544.
- Tan, D., Wu, Y., Zhang, Z., Jiao, Y., Zeng, L., & Meng, Y. (2023). Assessing the life cycle sustainability of solar energy production systems: A toolkit review in the context of ensuring environmental performance improvements. *Sustainability*, 15(15), 11724.
- Tartaruga, I. (2017). Cooperação e inovação nos principais parques científicos e tecnológicos do Rio Grande do Sul (Brasil): Tecnopuc, Tecnosinos e Feevale Techpark. *Latitude (UFAL)*, 12, 547-587.
- Teichert, T., & Ernst, H. (1999, July). Assessment of R&D collaboration by patent data. In *PICMET'99: Portland International Conference on Management of Engineering and Technology. Proceedings Vol-1: Book of Summaries* (pp. 78-86). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/PICMET.1999.792510>
- Telefunken Electronics. (n.d.). *Telefunken Electronics*. <https://telefunkenelectronics.ie/>
- Teórico, R. (2000). Relação entre inovação tecnológica e patentes: o caso brasileiro. *Revista de Administração*, 35(1), 63-71.
- Thangaraj, M., & Amutha, S. (2018). Mgephi: Modified gephi for effective social network analysis. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, 1(1), 39-50.
- Thorstensen, V. H., & Thomazella, F. (2021). *A inovação verde na OCDE e no Brasil*.
- Tojeiro-Rivero, D., & Moreno, R. (2019). Technological cooperation, R&D outsourcing, and innovation performance at the firm level: The role of the regional context. *Research Policy*, 48(7), 1798-1808. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.04.015>

- Tomaél, M. I., & Marteleto, R. M. (2006). Redes sociais: posições dos atores no fluxo da informação. *Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação*, 75-91.
- Triviños, A. N. S. (1987). *Introdução à pesquisa em ciências sociais: A pesquisa qualitativa em educação*. Atlas.
- Tumelero, C., Sbragia, R., & Evans, S. (2019). Cooperation in R & D and eco-innovations: The role in companies' socioeconomic performance. *Journal of Cleaner Production*, 207, 1138-1149. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.273>
- Turkenburg, W. C., & Faaij, A. (2000). Renewable energy technologies. *UNDP/UNDESA/WEC: Energy and the Challenge of Sustainability. World Energy Assessment*. UNDP (pp. 219-272).
- Ullah, Z., Qazi, H. S., Alferidi, A., Alsolami, M., Lami, B., & Hasanien, H. M. (2024). Optimal energy trading in cooperative microgrids considering hybrid renewable energy systems. *Alexandria Engineering Journal*, 86, 23-33.
- United Nations. (2015). *World Population Prospects: The 2015 Revision*. United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
- Urban, F., Zhou, Y., Nordensvard, J., & Narain, A. (2015). Firm-level technology transfer and technology cooperation for wind energy between Europe, China and India: From North–South to South–North cooperation? *Energy for Sustainable Development*, 28, 29-40. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2015.08.006>
- Varanda, M. P. (2007). Ação colectiva entre pequenos empresários: uma análise de redes sociais. *Análise Social*, 207-230.
- Veiga, J. E. (2005). O prelúdio do desenvolvimento sustentável. In CAVC, *Economia brasileira: Perspectivas do desenvolvimento* (pp. 243-266).

- 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>
- Wanzenboeck, I., Scherngell, T., & Brenner, T. (2014). Embeddedness of regions in European knowledge networks: a comparative analysis of inter-regional R&D collaborations, co-patents and co-publications. *The Annals of Regional Science*, *53*, 337-368.
- WCED - World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future*. Oxford University Press.
- Weiwei, L., Yingzhe, J., & Kexin, B. (2023). Multidimensional proximity, innovation openness and cooperative innovation performance: A study from the perspective of network evolution. *Science Research Management*, *44*(8), 162.
- 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 coinovation performance: The roles of intraorganizational collaboration network inefficiency. *Frontiers in Psychology*, *14*, 1121908.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1121908>
- Yan, Y., Jiang, L., He, X., Hu, Y., & Li, J. (2022). Spatio-temporal evolution and influencing factors of scientific and technological innovation level: A multidimensional proximity perspective. *Frontiers in Psychology*, *13*, 920033.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.920033>
- 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.

- Yoshikawa, H., Weisner, T. S., Kalil, A., & Way, N. (2008). Mixing qualitative and quantitative research in developmental science: uses and methodological choices. *Developmental psychology*, 44(2), 344. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.44.2.344>
- Zhang, Z., Wang, C., Wu, Q., & Dong, X. (2024). Optimal dispatch for cross-regional integrated energy system with renewable energy uncertainties: A unified spatial-temporal cooperative framework. *Energy*, 292, 130433.
- Zheng, J., Zhao, Z. Y., Zhang, X., Chen, D. Z., & Huang, M. H. (2014). International collaboration development in nanotechnology: A perspective of patent network analysis. *Scientometrics*, 98, 683-702. <https://doi.org/10.1007/s11192-013-1166-6>

ANEXO A**Autoridades patentárias**

DWPI (Derwent World Patents Index); ARIPO (African Regional Intellectual Property Organization); Argentina; Armenia; Australia; Austria; Belarus; Belgium; Brazil; Bulgaria; Canada; China, Mainland; Colômbia; Costa Rica; Croatia; Cuba; Czech Republic; Czechoslovakia; Denmark; Estonia; Eurasian (EAPO); Europe (EP); Finland; France; Georgia; German Democratic Republic; Germany; Greece; Gulf Cooperation Council; Hong Kong; Hungary; Iceland; India; Indonesia; Ireland; Israel; Italy; Japan; Korea; Latvia; Lithuania; Luxembourg; Malaysia; Mexico; Moldova; Monaco; Mongolia; Morocco; Netherlands; New Zealand; Norway; OAPI - Organisation Africaine de la Propriété Intellectuelle (African Intellectual Property Organization); PCT (WO) - Patent Cooperation Treaty (World Intellectual Property Organization); Philippines; Poland; Portugal; Romania; Russia; Saudi Arabia; Serbia; Singapore; Slovakia; Slovenia; South Africa; Spain; Sweden; Switzerland; Taiwan; Thailand; Tunisia; Turkey; UK - United Kingdom Intellectual Property Office (Escritório de Propriedade Intelectual do Reino Unido); USSR - Union of Soviet Socialist Republics (União das Repúblicas Socialistas Soviéticas); Ukraine; United States; Uruguay; Vietnam; Other

ANEXO B**Membros da OCDE**

Alemanha, Andorra, Áustria, Bélgica, Brasil, Canadá, Chile, Colômbia, Costa Rica, Coreia do Sul, Dinamarca, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Estados Unidos, Estônia, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Islândia, Irlanda, Israel, Itália, Japão, Letônia, Lituânia, Luxemburgo, México, Noruega, Nova Zelândia, Países Baixos, Polônia, Portugal, Reino Unido, República Tcheca, Suécia e Suíça. E a OCDE também trabalha com outros países não membros em projetos específicos.