



## O ESTADO DA ARTE EM PATENTES VERDES RELATIVAS ÀS TECNOLOGIAS EÓLICA E SOLAR

*The state of the art in green patents related to wind and solar technologies*

**Recebido:** 14 jun. 2022

**Aprovado:** 08 dez. 2022

**Versão do autor aceita publicada online:** 08 dez. 2022

**Publicado online:** 08 mar. 2023

Como citar esse artigo - American Psychological Association (APA)

Rocha, J. A. S., Zattar, I. C., & Seleme, R. (out./dez. 2024). O estado da arte em patentes verdes relativas às tecnologias eólica e solar. *Exacta*, 22(4), p. 1100-1128.

<https://doi.org/10.5585/2023.22365>

---

Submeta seu artigo para este periódico

**Processo de Avaliação:** *Double Blind Review*

**Editor:** Dr. Luiz Fernando Rodrigues Pinto



Dados Crossmark



## O ESTADO DA ARTE EM PATENTES VERDES RELATIVAS ÀS TECNOLOGIAS EÓLICA E SOLAR

*The state of the art in green patents related to wind and solar technologies*

 **Josy Anne dos Santos Rocha**  **Izabel Cristina Zattar**  **Robson Seleme**

Universidade Federal do Paraná (UFPR) / Curitiba, PR - Brasil 

### Nota dos Autores

Autores declaram que não há conflitos de interesses.

Autor correspondente: Josy Anne dos Santos Rocha

### Resumo

As tecnologias verdes voltadas à geração de energias renováveis surgem como alternativa para mitigar os efeitos das mudanças climáticas e aumentar a eficiência energética. Em consonância, o exame prioritário de Patentes Verdes, visa agilizar o processo de concessão às tecnologias categorizadas como ambientalmente amigáveis. A análise das patentes verdes desencadeia interesse em diversos autores, e este artigo objetiva apresentar o estado da arte em patentes verdes relativas às tecnologias eólica e solar. Para tal foram analisados sistematicamente 362 documentos, entre 2012 e 2021, relacionados ao tema. Baseado nesta pesquisa concluiu-se que as legislações influenciam nas Patentes Verdes; as políticas ambientais incentivam a P&D de inovação verde impulsionando as atividades inovadoras em tecnologias ambientais, especialmente em energias renováveis solar e eólica. Verificou-se ainda que os dados de patentes são indicadores de inovação, e os programas de aceleração de patentes dão celeridade na difusão do conhecimento tecnológico em tecnologias verdes.

*Palavras-chave:* inovação, tecnologias verdes, patentes verdes, energia solar, energia eólica.

### Abstract

Green technologies aimed at renewable energy generation emerge as an alternative to mitigate the effects of climate change and increase energy efficiency. In line with the priority examination of Green Patents, aims to speed up the process of granting technologies categorized as environmentally friendly. The analysis of green patents triggers interest in several authors, and this article aims to present the state of the art in green patents related to wind and solar technologies. To this end, 362



documents related to the theme were systematically analyzed. Based on this research, it was concluded that the laws influence the Green Patents; environmental policies encourage green innovation R&D by driving innovative activities in environmental technologies, especially in solar and wind renewables. It was also found that patent data are indicators of innovation, and patent acceleration programs accelerate the dissemination of technological knowledge in green technologies.

*Keywords:* innovation, green technologies, green patents, solar energy, wind power.

### Introdução

À medida que a humanidade degrada a biodiversidade, ela se depara cada vez mais com a necessidade de investimentos em sustentabilidade e responsabilidade social. Investimentos em sustentabilidade passaram a fazer parte do crescimento econômico global, e acontecem de diversas maneiras, com ações empresariais específicas e, até mesmo, com esforços colaborativos internacionais (Winans, Dlott, Harris & Dlott, 2021).

Em se tratando de ações empresariais, a implementação de soluções inovadoras e ambientalmente responsáveis é indispensável para a promoção de uma distribuição de riqueza mais equitativa, bem como equidade social e preservação ambiental. As práticas sustentáveis podem determinar a capacidade de inovação. Este tipo de inovação impulsiona a otimização do processo produtivo, e promove a satisfação das partes interessadas, tanto as empresas quanto sociedade (Chege & Wang, 2020).

Neste sentido as tecnologias verdes surgem como resposta ao modelo convencional de produção e consumo pouco sustentável, pois colaboram para o desenvolvimento da economia verde. Essas tecnologias contribuem para suavizar os efeitos das mudanças climáticas e minimizar os impactos ambientais, o que, por sua vez, envolve diminuir a emissão de carbono e poluição, elevar a eficiência energética e conservar recursos naturais (Ali, Anufriev & Amfo, 2021).

Diferentes pesquisas têm sido realizadas para encontrar substituições ambientalmente corretas e eficientes para o mercado de energia convencional, esforços significativos têm sido realizados para melhorar a eficiência dos atuais sistemas de produção e conversão de energia. Destacam-se as fontes de energia renovável como a energia eólica, térmica solar, solar fotovoltaica, hídrica e energia de biomassa. Tal interesse tem desencadeado o desenvolvimento de diversas

tecnologias em energias renováveis, em particular, as de origem solar e eólica (Anaadumba et al., 2021), foco do presente artigo.

A tecnologia está diretamente ligada ao desenvolvimento econômico de um país. Quanto maior o investimento em criação tecnológica, maior evidência o país possuirá num contexto global, o que propicia um processo de produção mais eficiente, geração de riquezas e melhoria na qualidade de vida dos cidadãos. Salvaguardar tal inovação sustentável é válido, principalmente considerando a forte competitividade comprovada no mercado global, a qual pode levar à usurpação dos direitos e consequentemente à ausência da contraprestação devida. Portanto, os direitos de propriedade intelectual assumem a importante função de proteger as tecnologias desenvolvidas por meio de patentes (Santos e Oliveira, 2014).

Ainda nesta linha, D'amato, Mazzanti e Nicolli (2021) sugerem em seu trabalho que as patentes podem servir como um indicador valioso da inovação em nível empresarial ou nacional. Por isso os pedidos de patentes são atraentes para os pesquisadores, pois, através desses pedidos, as contagens de patentes geralmente proporcionam uma boa disponibilidade tanto em relação ao tempo quanto à cobertura do país, e porque podem ser facilmente divididas em campos tecnológicos.

No Brasil não é diferente, para esboçar o panorama nacional atual e suas tendências, referentes às tecnologias verdes desenvolvidas, com foco em energia solar e eólica, se faz necessário uma análise a partir do Programa de Patentes Verdes. Entende-se por pedidos de Patentes Verdes os pedidos de patentes com foco em tecnologias ambientalmente amigáveis ou ditas tecnologias verdes conforme disposto no Anexo I da Resolução 283/2012 (Instituto Nacional da Propriedade Industrial [INPI], 2012).

Contudo, apesar de o tema despertar o interesse em vários pesquisadores, identifica-se que a maioria dos trabalhos acadêmicos são direcionados para uma perspectiva geral das tecnologias elegíveis para os programas de aceleração de patentes e abordam as fontes de energias renováveis de forma mais ampla. Portanto, o presente artigo foi desenvolvido com o objetivo de apresentar o estado da arte em patentes verdes relativas às tecnologias eólica e solar. A metodologia adotada foi a revisão



sistemática da literatura, com período de análise iniciando em 2012, ano criação do Programa Patentes Verdes do INPI, e estendendo-se até 2021, ano da realização da pesquisa.

O artigo é dividido em 5 seções, na qual a primeira é dedicada à apresentação da justificativa e dos objetivos, seguida pela fundamentação teórica e revisão dos conceitos pertinentes ao tema. Na terceira etapa é apresentada a metodologia utilizada. Nas seções quatro e cinco são apresentados os resultados e análises e as conclusões, respectivamente.

### Fundamentação Teórica – Patentes Verdes

O conceito das ESTs (sigla do inglês – *Environmentally Sound Technologies*), traduzido como “Tecnologias Ambientalmente Saudáveis” surgiu da Convenção do Clima durante a Conferência das Nações Unidas para o Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro (Rio Summit 92), evento que originou a Agenda 21 (Menezes, Santos & Bortoli, 2016).

A Agenda 21, documento assinado por 179 países, é definida como um instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis. Este documento é composto por 40 capítulos, e o capítulo 34 define tecnologias ambientalmente saudáveis como sendo tecnologias de processos e produtos que geram pouco ou nenhum resíduo, tecnologias que protegem o meio ambiente e que poluem menos. Dessa forma, são tecnologias que utilizam todos os recursos de forma mais sustentável, que reciclam mais resíduos e produtos, e, ainda, que tratam os dejetos residuais de uma maneira mais aceitável (BRASIL, 1995).

Em 2012, por meio da Resolução 283/2012 o INPI lançou o programa piloto de “Patentes Verdes”, em consonância com às políticas públicas relacionadas ao combate às mudanças climáticas. Esta resolução estipulou as diretrizes para o exame prioritário de pedido de patentes verdes, bem como os procedimentos relativos ao tema. O objetivo do programa é dar maior celeridade no exame de concessão para todas tecnologias que se enquadrem nas categorias ambientalmente amigáveis ou ditas tecnologias verdes (INPI, 2012).

O Anexo I da Resolução 283/2012/INPI listou as tecnologias elegíveis para a concessão de patentes verdes, e divide as tecnologias verdes em 5 grandes grupos: energias alternativas;

transportes; conservação de energia; gerenciamento de resíduos, e agricultura. A Listagem de tecnologias verdes, e é baseada no inventário da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (INPI, 2012).

Em 2016, a Resolução 175/2016 estabeleceu, de forma definitiva, o exame prioritário das chamadas "Patentes Verdes", sendo o programa totalmente integrado à oferta de serviços do INPI e alterou a categoria 5, da listagem das tecnologias verdes, a qual passou de agricultura para agricultura sustentável (INPI, 2016).

Alinhado ao estudo elaborado por Cativelli (2020), pode se afirmar que devido a necessidade de se mensurar a performance das patentes, esse tema tem motivado muitos pesquisadores. A análise de pedido e de concessões de patentes permite medir a capacidade inventiva, e com indicadores métricos é possível construir um índice de valor tanto econômico quanto tecnológico.

### *Energias Renováveis*

O termo energias renováveis refere-se à energia cujos recursos são constantemente reabastecidos pela natureza, derivando-se diretamente do sol (térmica, fotoquímica e fotovoltaica), indiretamente do sol (eólica, hidrelétrica e energia fotossintética armazenada na biomassa) ou de outros movimentos e mecanismos do ambiente natural (geotérmica e energia das marés (Ellabban, Abu-Rub & Blaabjerg, 2014). As fontes de energia renováveis causam menos impacto ambiental que os métodos convencionais de produção de energia, é uma fonte de energia limpa com quase nenhuma emissão de carbono (Tarhan & Çil, 2021)

O uso de fontes renováveis de energia auxilia na mitigação do efeito estufa e na conservação de energia para uso futuro. Habitualmente, as fontes renováveis são utilizadas para geração de energia, aquecimento e combustível para transporte, sendo as mais comuns as energias eólica, hídrica, solar e biocombustível ou biomassa. (Anadumba et al., 2021). Neste artigo o enfoque recai sobre as fontes de energia solar e eólica.



### Energia Solar

De acordo com Ellabban, et al. (2014) a geração de energia solar envolve fornecer água quente ou eletricidade. O primeiro uso por meio de sistemas térmicos solares, já a eletricidade é fornecida através de sistemas solares fotovoltaicos (PV), e por concentração de energia solar (CSP).

Em se tratando dos sistemas térmicos solares as tecnologias de aquecimento e resfriamento solar coletam energia térmica do sol e usam esse calor para o fornecer água quente, aquecer ambientes, resfriar e aquecer piscina, tais aplicações podem ser residenciais, comerciais ou industriais.

As tecnologias de concentração de energia solar (CSP) produzem eletricidade concentrando a irradiação solar de feixe direto para aquecer um líquido, sólido ou gás que é então usado em um processo a jusante para geração de eletricidade (Ellabban, et al. 2014).

Inventados em 1954 na *Bell Telephone Laboratories* nos Estados Unidos, (*International Renewable Energy Agency* [IRENA] 2021), os sistemas solares fotovoltaicos convertem diretamente a energia solar incidente em eletricidade. As células solares de primeira geração são as fabricadas em silício, as de segunda geração são os chamados módulos de filme fino que incluem silício amorfo. O último tipo é composto por tecnologias que consistem em material semicondutor não-silício, como células solares perovskite (PSC), células solares sensibilizadas por corantes (DSSCs) e células de ponto quântico. Essas tecnologias foram desenvolvidas para atender as condições de melhorias necessárias para aumentar a eficiência das células solares (Dambhare, Butey & Moharil, 2021).

Os sistemas fotovoltaicos operam com baixas emissões de carbono pois não exigem combustíveis fósseis, comparados às outras fontes de energia convencionais e renováveis oferecem um tempo relativamente menor de retorno (Rabaia et al., 2021). Os painéis fotovoltaicos integrados à arquitetura predial fornecem uma solução para conjuntos de painéis solares volumosos, que representam dificuldades para a instalação e manutenção (Dambhare, et al. 2021).

Nos últimos anos a tecnologia de módulo fotovoltaico mostrou um forte impulso em termos de pedidos de patentes. Através dessas patentes observa-se que os esforços de empresas e pesquisadores estão focados no desenvolvimento de novos equipamentos, novas técnicas de

fabricação, novos materiais, para alcançar maior eficiência, e viabilidade econômica dos módulos, pois à medida que essas inovações entram no mercado, seus custos de montagem e manutenção tendem a ser menores. (Lima, Argenta, Zattar, & Kleina, 2019). Atualmente, o sistema fotovoltaico é uma das tecnologias de energia renovável de que mais rapidamente tem crescido e pode exercer um papel importante no futuro de geração de eletricidade global (IRENA, 2021).

### Energia Eólica

Conforme Ellabban, et al. (2014) a energia eólica é definida pela conversão de energia a partir do vento por meio de turbinas eólicas em uma forma útil, que podem ser o uso de turbinas eólicas para obtenção de eletricidade, usinas eólicas para energia mecânica, bombas eólicas para bombeamento de água ou drenagem, ou o uso velas para impulsionar embarcações navais. Sendo que a indústria de energia eólica para geração de eletricidade teve início na década de 1970 e foi significativamente comercializada para a geração de energia a partir da década de 1980 (Grubb et al., 2021).

Gerar energia elétrica a partir do vento exige que a energia cinética do ar em movimento seja convertida em energia mecânica e, depois em eletricidade, e tem sido um desafio para a indústria no projeto de turbinas eólicas e usinas eólicas econômicas para realizar essa conversão (Ellabban, et al. 2014).

Referente ao ambiente no qual são geradas a matriz de energia eólica pode ser classificada em dois tipos *onshore* e *offshore*. Energia eólica *onshore* trata-se de parques de geração no qual as turbinas estão localizadas em terra. Enquanto *offshore* é a utilização dos sistemas de vento de alta velocidade e regularidade de disponibilidade sobre o mar (Vaicberg, Valiatt & Queiroz, 2021). A construção de turbinas eólicas *offshore* é um empreendimento mais caro em comparação às turbinas eólicas *onshore*, pois custos envolvidos variam muito dependendo da localização, profundidade da água, distância da costa e condições marítimas (Hevia-Koch & Jacobsen, 2019).



Depois da energia hidrelétrica, a geração de energia eólica é a com maior representatividade na categoria de energia renovável, em decorrência de sua capacidade de gerar grandes quantidades de energia a custos competitivos (Sadorsky, 2021).

### Metodologia

Para atingir o objetivo deste artigo, apresentar o estado da arte em patentes verdes relativas às tecnologias eólica e solar, foi utilizado o método de revisão sistemática da literatura (RSL). Método esse que, conforme Galvão e Pereira (2014), é um gênero de investigação que enfoca em determinado assunto de forma clara, com o objetivo de realizar a identificação, seleção, avaliação e sintetização das evidências relevantes disponíveis. Após a seleção dos artigos, usou-se os softwares *Publish or Perish*®, *Excel*® e o suplemento do *Word*®, o *Pro Word Cloud*, para a análise bibliométrica. O *software Mendeley*® foi usado para o armazenamento e organização dos artigos, e para o gerenciamento das citações e das referências bibliográficas inseridas.

Conforme Ghobakhloo et al. (2021), certas medidas devem ser tomadas para garantir a confiabilidade e a validade da RSL, tais como: definição conceitos-chave de interesse; desenvolvimento da estrutura inicial de execução de RSL para estruturar vários procedimentos de RS; predefinição das etapas RSL; definição das questões de pesquisa relacionadas e apropriadas; desenvolvimento de critérios confiáveis e válidos de inclusão/exclusão de documentos desenvolvimento de processos confiáveis de gerenciamento de dados para evitar a perda de dados, entre outros. Com base nisso, definiu-se protocolo apresentado no Quadro 1:

## Quadro 1

## Protocolo de Revisão Sistemática da Literatura

<b>Pergunta da RSL:</b>	Qual o estado da arte de patentes verdes nas tecnologias eólica e solar?
<b>Base de Dados</b>	<i>Web of Science Scopus</i> <i>Google Acadêmico</i>
<b>Campos de busca</b>	Título      Resumo      Palavras-chave
<b>Strings de Busca</b>	“Tecnologias verdes” AND “Energia solar” AND “patentes verdes” “Tecnologias verdes” AND “Energia eólica” AND “patentes verdes” “Green Technologies” AND “Solar energy” AND “Green Patents” “Green Technologies” AND “Wind energy” AND “Green Patents”
<b>Critérios de inclusão</b>	Tipo de documento: Artigos Intervalo: 2012 -2021 Idioma: português/inglês Artigos disponíveis integralmente
<b>Critérios de exclusão</b>	Artigos que não estejam alinhados ao tema Artigos duplicados

Fonte: Os autores (2021).

A base de dados compilada totalizou 362 documentos. Com os documentos no Excel® iniciou-se a fase de exclusão de documentos em duplicidade e que estivessem fora do previsto no protocolo, resultando em 230 documentos. Após, excluiu-se os documentos como livros, artigos para congresso, teses e dissertações resultando em 119 artigos. Depois dessa fase, passou-se para a leitura dos títulos e resumos para conferir a aderência dos assuntos ao tema proposto, resultando em 90 artigos. Por fim excluiu-se os artigos que não estavam disponíveis integralmente, resultando em 77 artigos, os quais serviram de base para a presente análise.

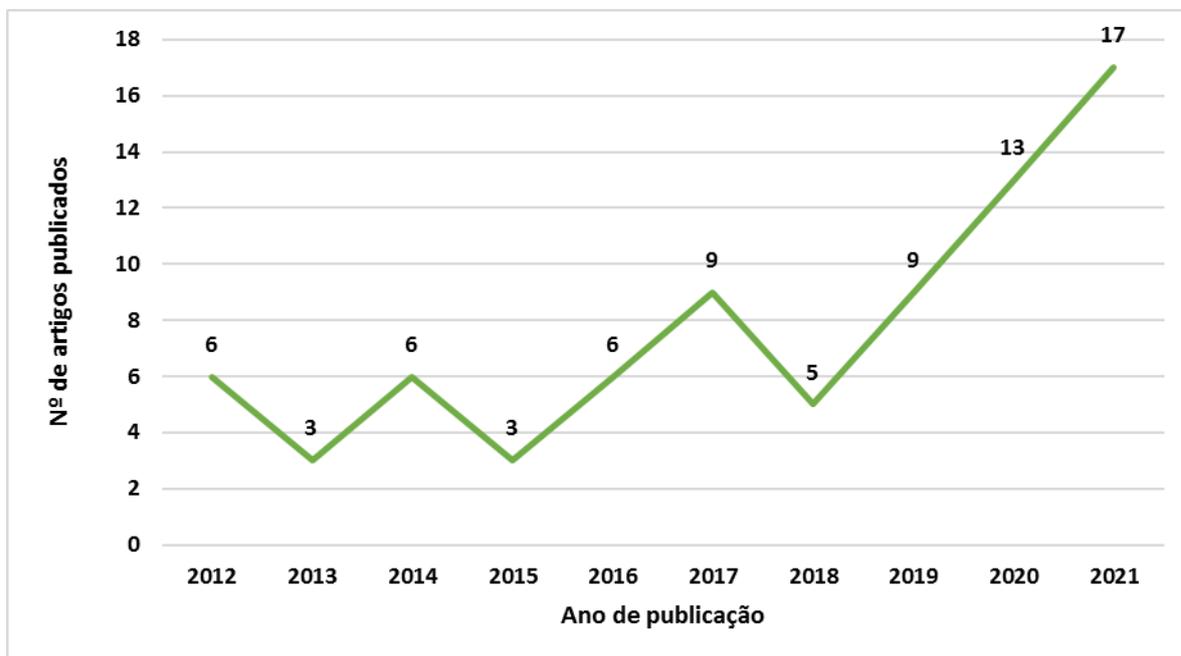
## Resultados e Análises

Inicialmente foi elaborado um gráfico para verificar a evolução de publicações sobre o tema no decorrer dos anos, Gráfico 1:



### Gráfico 1

*Evolução de Artigos Publicados por Ano*



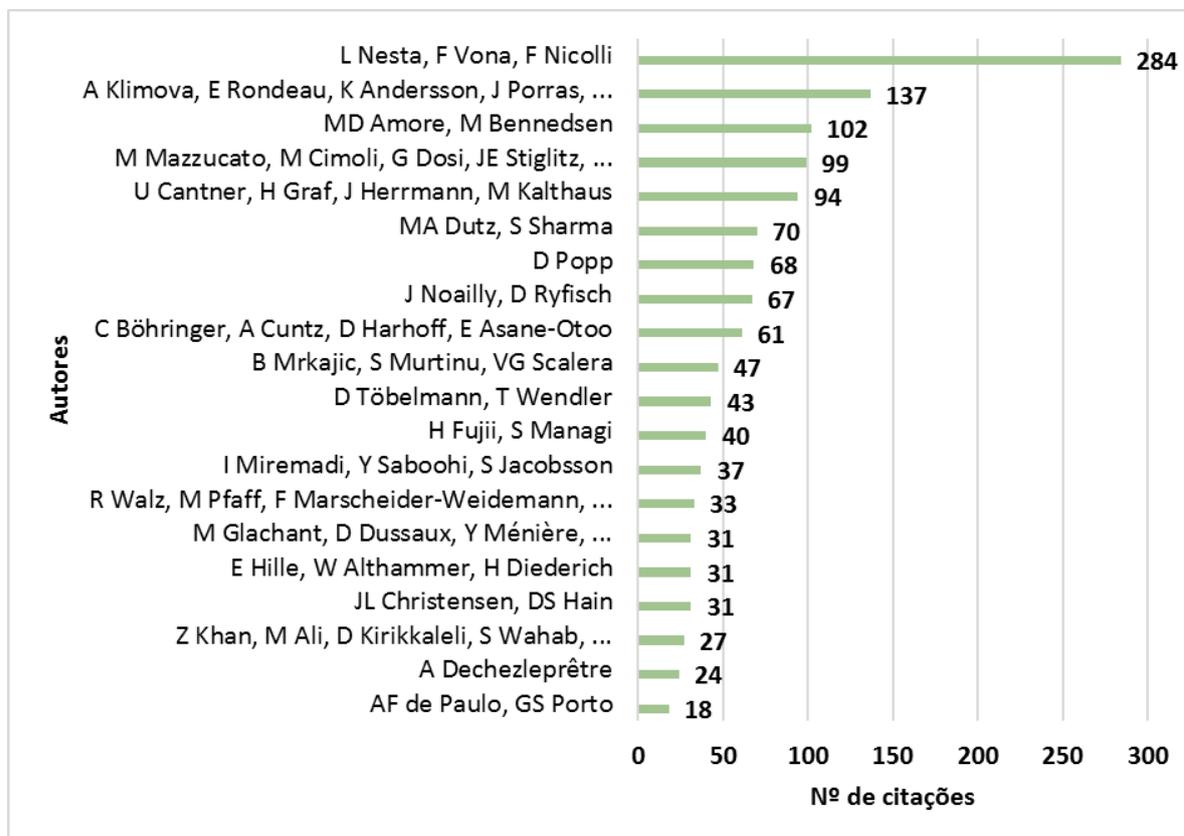
Fonte: Os autores (2021).

Enquanto em 2012 havia apenas 6 publicações científicas relacionadas ao tema, dentro do portfólio selecionado, esse número subiu para 17 em 2021, (considerando que a pesquisa foi realizada em julho), foi um aumento de 182%. Dos 77 documentos científicos selecionados entre 2012 e 2021, 50,65% foram publicados nos últimos três anos (2019-2021), mostrando o crescente interesse por patentes e tecnologias ligadas à energia solar e eólica.

Seguindo com a análise bibliométrica, foi verificado quais são os autores com maior número de citações. Para a elaboração do gráfico foram selecionados os 20 autores com maior número de citações dentro da portfólio selecionado, Gráfico 2:

Gráfico 2

Autores com Maior Número de Citações



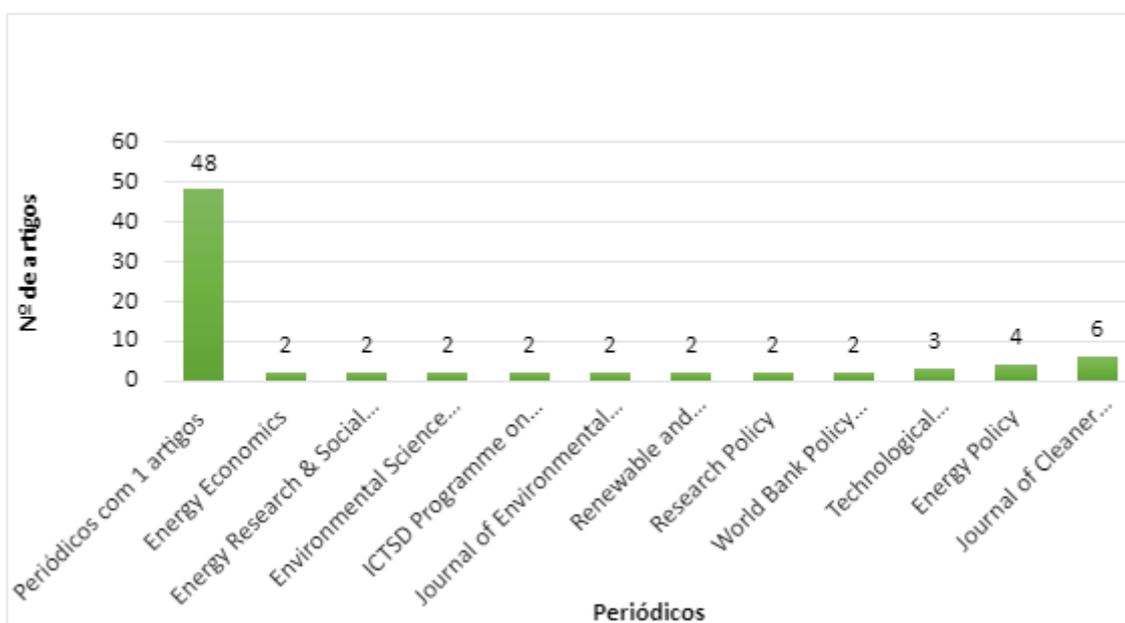
Fonte: Os autores (2021).

O número de citações é bastante diversificado, fatores como ano de publicação e em qual periódico foi vinculado influenciam nos resultados. Os autores: L. Nesta, F. Vona, F. Nicolli, se destacam com 284 citações, referente ao artigo *Environmental policies, competition and innovation in renewable energy* publicado em 2014 pelo *Journal of Environmental Economics and Management*. Os autores alegam que esse é o primeiro artigo a realizar uma análise empírica entre as políticas ambientais e a competitividade na produção de energia, e visavam examinar a eficácia das políticas de apoio à energia renovável em diferentes níveis de concorrência. Afirmam também que a competição e as políticas ambientais são os agentes básicos que impulsionam inovação. Ressaltam ainda que, mesmo havendo intervenção ou liberalização de mercado para a inovação no setor energético, as políticas ambientais, principalmente subsidiadas para energia renovável, são mais eficientes quando conduzidas em mercados competitivos.

Na sequência, foi realizada uma análise para verificar quais os periódicos com maior número de publicações aderentes ao tema. Verificou-se que os 77 artigos se dividem dentro de 59 periódicos, sendo que destes 48 periódicos tem somente 1 artigo o que representa 62,34% da base de artigos. Os periódicos *Technological Forecasting and Social Change*; *Energy Policy Journal*; e *of Cleaner Production* correspondem a 3,9 %; 5,19% e 7,79% respectivamente, Gráfico 3:

Gráfico 3

Publicações por Periódicos

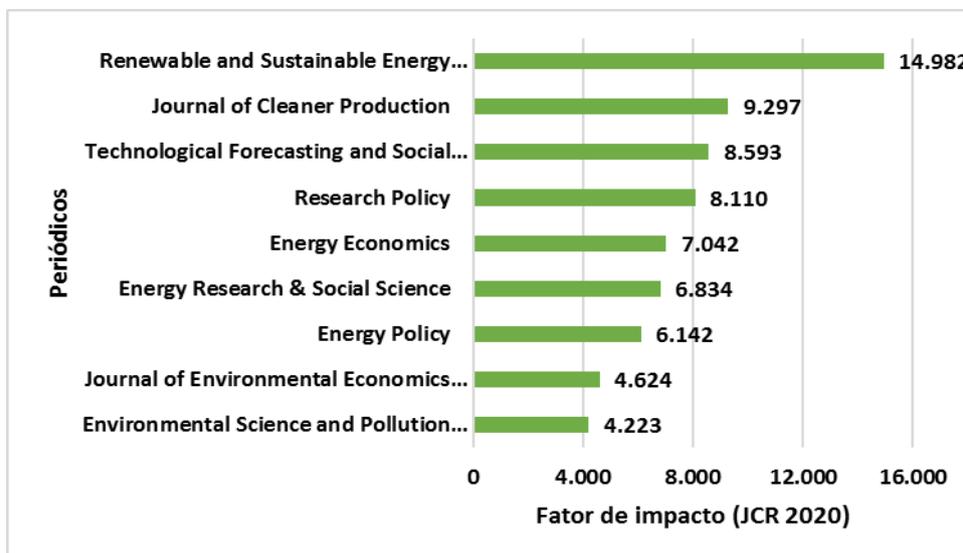


Fonte: Os autores (2021).

O periódico que mais se destaca é o *Journal of Cleaner Production* com 6 artigos, seguido do *Technological Forecasting and Social Change* e *Energy Policy* com 4 e 3 artigos cada. A partir da análise anterior foi apurado o fator de impacto dos periódicos que mais apareceram na pesquisa. Para isso foi consultada a base Journal Citation Reports (JCR), Gráfico 4

Gráfico 4

Fator de Impacto dos Periódicos



Fonte: Os autores (2021).

Com o intuito de descobrir quais os autores têm maior número de artigos dentro do portfólio, foi realizado uma análise considerando quantas vezes cada autor aparece em diferentes artigos. Sendo constatado que o autor que mais se destaca é o Francesco Vona com 4 artigos, sendo estes *What are green jobs and where are they?* e *Green employment: what, where and how much publicado* em 2018 em parceria com Giovanni Marin e Davide Consoli, e *Environmental policies, competition and innovation in renewable energy* e *Environmental policies, product market regulation and innovation in renewable energy* publicados em parceria com Lionel Nesta e Francesco Nicolli, nos 2014 e 2012 respectivamente.

Após a análise bibliométrica, passou-se para a leitura integral dos artigos. Foram analisados os artigos com maior número de citações e maior aderência à pesquisa, considerando o ano de publicação, para que a amostra fosse composta por pelo menos um artigo de cada ano avaliado na pesquisa. Resultando em 16 artigos, Quadro 2. Importante citar, que para as ponderações do presente artigo, outros autores também foram considerados.

## Quadro 2

## Artigos Seleccionados

Nº de Citações	Autor/ Ano	Título	Abordagem
70	<i>Dutz e Sharma (2012)</i>	<i>Green growth, technology and innovation</i>	Análise do aumento do patenteamento tecnológicos com base em pedidos de patente em 13 tecnologias de mitigação de GEE arquivados em 76 países.
24	<i>Dechezleprêtre (2013)</i>	<i>Fast-tracking 'green' patent applications: an empirical analysis</i>	Descrição dos escritórios de programas aceleração de patentes verdes sendo que a maioria das patentes nos EUA diz respeito a tecnologias de energia renovável, em particular energia eólica e solar.
284	<i>Nesta, Vona, e Nicolli (2014)</i>	<i>Environmental policies, competition and innovation in renewable energy</i>	Análise de famílias de patentes e patentes triádica-energias renováveis Países da OECD de 1976 a 2007
99	<i>Mazzucato et al.(2015)</i>	<i>Which industrial policy does Europe need?</i>	Estudo sobre a UE27 em patentes e exportações de tecnologia verde estratégia Europa 2020
67	<i>Noailly e Ryfisch (2015)</i>	<i>Multinational firms and the internationalization of green R&amp;D: A review of the evidence and policy implications</i>	Análise sobre a internacionalização de P&D de tecnologias verdes, e reflexos nas decisões globais de localização de corporações multinacionais
102	<i>Amore e Bennedsen (2016)</i>	<i>Corporate governance and green innovation</i>	Análise empírica entre governança corporativa e inovação ambiental das empresas
94	<i>Cantner, Graf, Herrmann, e Kalthaus (2016)</i>	<i>Inventor networks in renewable energies: The influence of the policy mix in Germany</i>	Análise de patentes foco de energia solar e eólica – Alemanha de 1980 a 2011
61	<i>Böhringer, Cuntz, Harhoff, Asane-Otoo(2017)</i>	<i>The impact of the German feed-in tariff scheme on innovation: Evidence based on patent filings in renewable energy technologies</i>	Análise de patentes foco de energia renovável: Solar FV Eólica, Biomassa Geotérmica, biogás hídrica - Alemanha de 2000-2014
33	<i>Walz et al. (2017)</i>	<i>Innovations for reaching the green sustainable development goals— where will they come from?</i>	Análise da dinâmica de Publicações das patentes verdes - Países OCDE e Países Recém Industrializado-2000 a 2014

Nº de Citações	Autor/ Ano	Título	Abordagem
37	Miremadi, Saboohi e Jacobsson (2018)	<i>Assessing the performance of energy innovation systems: Towards an established set of indicators</i>	Análise de indicadores de inovação energética Países nórdicos 1995 a 2015
68	Popp (2019)	<i>Environmental policy and innovation: a decade of research</i>	Revisão da literatura teórica e empírica sobre inovação ambiental-2010 -2019
40	Fujii e Managi (2019)	Decomposition analysis of sustainable green technology inventions in China	Análise das publicações de patentes verdes. Foco em gestão de resíduos, tecnologia de energia alternativa, conservação de energia e outras tecnologias verdes. China de 1996 a 2015.
43	Töbelmann e Wendler (2020)	<i>The impact of environmental innovation on carbon dioxide emissions</i>	Análise dos efeitos da inovação ambiental para as emissões de dióxido de carbono - Países da UE-27 entre 1992 e 2014
31	Hille, Althammer e Diederich (2020)	Environmental regulation and innovation in renewable energy technologies: Does the policy instrument matter?	Análise patentes com amostra de 194 países e territórios/período de 1990 a 2016
14	Cheng e Yao (2021)	<i>Carbon intensity reduction assessment of renewable energy technology innovation in China: A panel data model with cross-section dependence and slope</i>	Análise do impacto da inovação da tecnologia em energia renovável. China de 2000 a 2015
10	Grubb et al.( 2021)	<i>Induced innovation in energy technologies and systems: a review of evidence and potential implications for CO2 mitigation</i>	RSL empírica avaliando evidências sobre inovação em energia e tecnologias relacionadas de 2000 a 2019

Fonte: Os autores (2021).

### A Influência das Legislações nas Patentes Verdes

As regulamentações ambientais de combate às alterações do clima podem incorrer em custos econômicos (Amore & Bennedsen, 2016). Segundo esse mesmo autor, enfrentar os desafios sociais e econômicos, para mitigar os efeitos da mudança climática, estimulam a expansão do interesse na vinculação entre a regulamentação ambiental, competitividade da indústria e a responsabilidade social corporativa. Concentrando-se nos determinantes da eficiência ambiental, enfatizando a importância das políticas públicas, preços da energia e tecnologia (Nesta, et al. 2014).



De acordo com Dutz e Sharma (2012) as políticas ambientais e a tecnologia funcionam melhor em conjunto quando têm a intenção promover a inovação verde. Popp (2019) diz que além da política ambiental ser um dos principais agentes da inovação verde, a pesquisa e desenvolvimento (P&D), é uma contribuição no processo de inovação, porém devido à ausência de detalhamento das informações disponíveis, sobre o desenvolvimento do processo de inovação, as patentes são uma medida alternativa que oferecem indicadores da produção de atividade inovadora.

Vários estudos têm evidenciado a importância das políticas e regulamentações ambientais para o impulsionamento de atividades inovadoras em tecnologias ambientais, especialmente em energias renováveis; (Cantner et al. (2016); Böhringer et al. (2017); Fujii & Managi (2019); Hille, et al. (2020); e Cheng & Yao, (2021)).

Nas pesquisas realizadas por Cantner et al. (2016) e Böhringer et al. (2017) somente dados de patentes da Alemanha foram utilizados. Cantner et al. (2016) avaliaram o efeito de diferentes instrumentos políticos sobre redes de tecnologia em tecnologias solares fotovoltaicas e eólicas entre os anos de 1980 e 2011, e constataram que quanto maior nível de financiamento de P&D maior o tamanho da rede e que as exigências de colaboração como parte do recebimento de financiamento público para pesquisa, aumenta as conexões dentro das redes. Böhringer et al. (2017) analisou o impacto do regime de tarifa *feed-in* (tarifa de alimentação) sobre inovação em sete diferentes tecnologias de energia renovável no período de 1990 a 2014. Em seus resultados, a energia eólica, ao invés do solar, experimenta o maior aumento na inovação a partir de tarifa de alimentação.

O regime tarifário *feed-in* é uma ferramenta política destinada a estimular o desenvolvimento de fontes de energia renováveis e consiste em oferecer remuneração às unidades que geram eletricidade por meios alternativos de produção energética. (Couture & Gagnon, 2010)

Diversos países estabeleceram subsídios tarifários para sistemas de energia renovável, sobretudo na geração de energia solar fotovoltaica, resultando em um aumento de estoque de produtos solares fotovoltaicos e uma queda nos preços dos produtos, levando a um declínio nas margens de lucro. (Fujii & Managi, 2019). De maneira contrária Hille, et al. (2020) expõem uma visão

sobre o impacto positivo das tarifas de alimentação, afirmando que portfólios mais amplos de políticas de apoio à energia renovável aumentam o patenteamento em tecnologias relacionadas à energia solar e eólica e causam incentivos mais forte para programas públicos de P& D, metas e incentivos fiscais. Gastos públicos em P&D podem de fato promover a inovação e melhorar os resultados de tecnologia de energia eólica (Cheng & Yao, 2021).

### *Programas de Aceleração de Patentes e as tecnologias elegíveis*

Em seu estudo Dechezleprêtre (2013) realizou uma análise dos programas de rastreamento rápido de patentes verdes, praticados por vários escritórios de patentes em todo o mundo, identificando as tecnologias elegíveis para a participação dos programas, Quadro 3.

### Quadro 3

*Descrição dos Programas de Exame Acelerado de Patentes Verdes*

País	Data de início	Tecnologias cobertas
Reino Unido	maio de 2009	Todas as invenções ecológicas
Austrália	setembro de 2009	Todas as invenções ecológicas
Coréia	outubro de 2009	Tecnologias financiadas ou credenciadas pelo governo coreano, ou mencionadas em leis ambientais governamentais relevantes
Japão	novembro de 2009	Redução de economia de energia & CO <sub>2</sub>
EUA	Dezembro de 2009 <sup>1</sup>	Qualidade ambiental, conservação de energia, desenvolvimento de recursos energéticos renováveis ou redução de emissões de gases de efeito estufa
Israel	dezembro de 2009	Todas as invenções ecológicas
Canadá	março de 2011	Todas as invenções ecológicas
Brasil	abril de 2012	Energia alternativa, transporte, conservação de energia, gestão de resíduos e agricultura
China	agosto de 2012	Tecnologias de economia de energia, proteção ambiental, novas energias, novos veículos energéticos

Fonte: (Dechezleprêtre 2013).

<sup>1</sup> O programa do Escritório de Patentes e Marcas dos Estados Unidos (USPTO) foi temporário e encerrado após a 3.500ª solicitação recebida para este esquema.



O autor afirma que as tecnologias relacionadas às mudanças climáticas, principalmente às voltadas para energia renovável, correspondem a grande maioria das patentes nos programas de rastreamento rápido, esses os programas aceleraram a difusão do conhecimento tecnológico em tecnologias verdes.

### *Bases de patentes como indicador de inovação*

Miremadi, et al. (2018), explicam que a inovação energética é essencial para combater as mudanças climáticas. Eles analisaram em suas pesquisas 120 indicadores de desempenho dos sistemas de inovação energética em níveis setoriais e tecnológicos dos países nórdicos. Segundo os autores, os dados de patentes para tecnologias energéticas são publicados com regularidade e frequentemente utilizados para avaliar o progresso tecnológico como um importante indicador de produção do investimento em P&D de energia.

Considerando a literatura analisada é válido ressaltar o interesse dos autores sobre as bases de patentes em suas pesquisas, nas quais diversos bancos de dados são utilizados. Walz et al., (2017) usaram o banco de dados de tecnologia de sustentabilidade do Fraunhofer-Institut für System (ISI), no qual as palavras-chave são a base das estratégias de busca, permitindo obter patentes específicas para eficiência de recurso, formando uma subclasse de patente separada. Utilizando-se da base PATENTSCOPE, Fujii e Managi (2019) verificaram um aumento no número de pedidos de patentes relacionados a publicações de patentes verdes por causa do aumento da eficiência do processo de invenção de patentes, isso significa que o desenvolvimento econômico e a expansão das atividades globais de P&D são eficazes na promoção da tecnologia verde da China.

Os dados de patentes são considerados como um indicador preferível para a inovação (Töbelmann & Wendler, 2020). A grande maioria dos estudos baseiam-se na classificação internacional de patentes (IPC) que conforme Hille, et al. (2020) permite somente uma identificação parcial de pedidos de patentes responsáveis por tecnologias de energia renovável, pois, enquanto o sistema IPC tem uma classe destinada para tecnologias de energia eólica, ou seja, F03D, a listagem de categorias pertinentes para as tecnologias de energia solar é bastante extensa e fragmentada.

### *Energias Renováveis e o aumento da capacidade instalada*

Informações atuais evidenciam o crescimento das energias renováveis nos últimos anos. As vendas de energias renováveis em adições de capacidade à geração global de energia foram, em 2013, pela primeira vez maiores que a participação dos combustíveis fósseis. Em 2017, as energias oriundas de fontes renováveis representaram até 70% das adições líquidas à capacidade global de geração de energia (Hille, et al. 2020).

Nesta mesma linha, Grubb et al. (2021) examinaram evidências relacionadas à eletricidade eólica e solar, uma vez que utilizam os maiores recursos de energia renovável do planeta. E constataram que nas últimas décadas elas têm sido um foco importante de intervenções direcionadas na política energética-climática, com desenvolvimentos impressionantes em custo e capacidade.

Tal desenvolvimento demonstrado não se atém somente aos países da OCDE, por exemplo, a China acrescentou mais capacidade solar fotovoltaica do que foi instalada em todo o mundo em 2015. A energia solar fotovoltaica, entre as diferentes tecnologias, liderou equivalendo a 55% da capacidade recém-instalada, seguida pela eólica com 29% e hidrelétrica em 11%.(Hille, et al. 2020).

Nos últimos 20 anos, as tecnologias solar e eólica emergiram de relativo anonimato e alto custo, passando a ser uma parte importante das estratégias nacionais e globais, baseadas no rápido crescimento e no aumento da competitividade em diversos mercados, sendo que a maior queda nos preços dos módulos para energia solar fotovoltaica correspondeu ao período de crescimento exponencial mais rápido (Grubb et al. 2021).

### *Patentes Verdes no Brasil*

Na análise exploratória em patentes realizada por Souza e Rabêlo (2015) nos pedidos deferidos de patente verde pelo INPI, entre 2013 e 2015, foi identificado que o perfil dos titulares dos registros era de pessoa jurídica. Foram registradas no período 305 notificações, que resultaram em 54 pedidos deferidos como patente verde. Apesar de a pesquisa apresentar equilíbrio entre os registros, a categoria de gerenciamento de resíduos foi apontada com maior índice de aprovação.



De maneira semelhante Menezes, et al. (2016) classificou os deferimentos de patentes verdes pelo INPI por residentes e não residentes no Brasil, identificou o perfil dos depositantes, o percentual de patentes verdes concedidas por região e por área de classificação. Sua pesquisa abrangeu o período de 2012 até 2014. E verificou que as técnicas que mais se destacam eram gerenciamento de resíduos, com 37%; e energias alternativas, com 27% dos dados analisados, sobre o aspecto de perfil dos titulares 50% eram de empresas e a região sudeste apresentava 56% dos deferimentos de patente verdes.

Analisando a literatura, observa-se ainda o interesse por estudos que abordem o valor de invenções de patentes e pedidos de patentes que se utilizam dos incentivos às tecnologias verdes no Programa de Patentes Verdes (PPV), do INPI sob a classificação Y02, utilizada pelo Escritório de Patentes Europeu (EPO), tal classificação refere-se a tecnologias de energia limpa. (Bastos & Borschiver, 2019). Em seu estudo Bastos e Borschiver (2019) utilizaram os indicadores de valor como tamanho de família de patentes e famílias de patentes triádicas para sua análise, e através da identificação dos documentos patentários participantes do Programa de Patentes Verdes do INPI obtiveram as classificações dos depósitos categorizando entre Y02 e não Y02. Os resultados obtidos entre abril de 2012 até abril de 2017, mostram 361 documentos patentários os quais foram concedidas a participação no PPV, destes, 269 se enquadravam na categoria Y02, ou seja, em tecnologias de energia limpa.

Também utilizando as bases de patentes, porém sobre tecnologias de energia fotovoltaica (PV) e classificadas pelo IPC, Paulo (2019) buscou em seu estudo identificar as organizações proprietárias das tecnologias fotovoltaica. Verificou que as organizações que detém as principais patentes fotovoltaicas priorizam seus desenvolvimentos somente em suas áreas internas de P&D, e constatou também mesmo com a crescente evolução nos últimos anos, pouca representatividade do Brasil no desenvolvimento de tecnologias de energia fotovoltaica em comparação com China, Estados Unidos e Japão,

## Conclusões

O presente artigo teve como objetivo de apresentar o estado da arte em patentes verdes relativas às tecnologias eólica e solar. Tal objetivo foi alcançado pois foi possível verificar que a preocupação mundial com as mudanças climáticas tem estimulado a busca por produção e fornecimento de energia limpa e maior eficiência energética. Ao passo que condições econômicas influenciam os direcionamentos e o ritmo da inovação, além de que, as alterações de mercado proporcionam e evidenciam o aumento de patenteamento de tecnologias verdes, as quais produzem impacto positivo nos setores da indústria e da energia. Políticas ambientais incentivam a pesquisa e o desenvolvimento de inovação verde.

Constatou-se com a presente análise, semelhantemente às pesquisas de Hille, et al. (2020), que os custos de energia limpa de fontes como energia solar e eólica têm se mostrado bastante competitivos em relação às fontes de combustíveis fósseis, e reduzem as emissões do setor de energia elétrica.

Através da literatura confirmou-se que as tecnologias voltadas para a geração de energia solar e eólica correspondem a maioria das patentes nos programas de aceleração de patentes verdes, justamente por se tratar de fontes renováveis de energia e cooperar com a mitigação dos efeitos climáticos.

Conclui-se, portanto, que o artigo contribui para a difusão do conhecimento referente às tecnologias e patentes verdes, além de evidenciar o papel das políticas ambientais em um cenário dinâmico, abordando aspectos relativos às políticas de apoio às energias renováveis; ao financiamento público e privado de pesquisa e desenvolvimento, que têm sido o principal impulsionador das atividades de patentes de tecnologias de energia solar e eólica.

Como limitações da pesquisa destaca-se o fato de que dentre as bases de buscas consultadas somente a base *Google Acadêmico* retornou resultados com as *Strings* utilizadas. Isto fez com que o *software* que inicialmente seria usado, o *Bibliometrix*<sup>®</sup>, fosse substituído pelo *Publish or Perish*<sup>®</sup>, pois verificou-se a incompatibilidade para a exportação dos dados entre o *Google Acadêmico* e o



*Bibliometrix*<sup>®</sup>. Desta forma, demandou-se mais tempo que o previsto para encontrar e adquirir habilidade com outro software que se adequasse à pesquisa.

Em consonância com Popp (2019), a partir desse estudo é possível verificar uma mudança da natureza da tecnologia, que demonstram um viés mais voltado para as questões ambientais, e que grande parte das inovações que reduziram os custos de energia eólica e solar ocorreram no setor privado. Assim, alinhado aos pensamentos dos autores Popp (2019), Hille, et al. (2020) e Grubb et al. (2021), surgem recomendações para pesquisas futuras, como a análise dos impactos dos investimentos privados em relação aos custos das tecnologias limpas, e como esses investimentos podem diminuir os obstáculos às eco inovações. Bem como, estudos sobre a forma que o setor público contribui no que diz respeito a P&D para o avanço de armazenamento de energia renováveis e como as inovações ambientais refletem nas infraestruturas públicas.

#### Referências

Ali, E. B., Anufriev, V. P., & Amfo, B. (2021) Green economy implementation in Ghana as a road map for a sustainable development drive: A review. **Scientific African**, v. 12, p. e00756,.

<https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00756>

Amore, M. D. & Bennesen, M. (2016) Corporate governance and green innovation. **Journal of Environmental Economics and Management**, v.75 p. 54-72.

<https://doi.org/10.1016/j.jeem.2015.11.003>

Anaadumba, R., Liu, Q., Marah, B. D., Nakoty, F. M., Liu, X., Zhang, Y. (2021) A renewable energy forecasting and control approach to secured edge-level efficiency in a distributed micro-grid.

**Cybersecurity**, v. 4, p. 1–12. <https://doi.org/10.1186/s42400-020-00065-3>

Bastos, R. Q. & Borschiver, S. (2019) Análise de incentivos às tecnologias verdes no sistema de patentes utilizando indicadores de valor. **Revista Online de Pesquisa: Propriedade**

**Intelectual**, p.83-91. <http://seer.unirio.br/propriedadeintelectual/article/view/9383/8081>

Böhringer, C., Cuntz, A., Harhoff, D., Asane-Otoo, E. (2017) The impact of the German feed-in tariff scheme on innovation: Evidence based on patent filings in renewable energy technologies.

**Energy Economics**, v.67, p. 545-553. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.09.001>

BRASIL. **Responsabilidade Socioambiental – Agenda 21. Ministério do Meio Ambiente.** 1995.

Recuperado em 14 agosto, 2021. <https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global>

Cantner, U., Graf, H., Herrmann, J. & Kalthaus, M. (2016) Inventor networks in renewable energies:

The influence of the policy mix in Germany. **Research Policy**, v.45, n. 6, p 1165-1184.

<https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.03.005>

Cativelli, A. S. (2020) **Indicadores métricos de valor de patentes: construção de um Índice de Valor**

**utilizando as patentes verdes brasileiras..** Tese (Doutorado em Ciência da Informação) -

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Educação, Programa Pós-

Graduação em Ciência da Informação, Florianópolis, SC, Brasil. Recuperado em 26 agosto,

2021. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/219292>

Chege, S. M., & Wang, D. (2020) The influence of technology innovation on SME performance

through environmental sustainability practices in Kenya. **Technology in Society**, v. 60, , p. 1-

12. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2019.101210>

Cheng, Y. & Yao, X. (2021.) Carbon intensity reduction assessment of renewable energy technology

innovation in China\_.pdf. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.135, p.1-10,



<https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110157>

Couture, T., & Gagnon, Y. (2010). An analysis of feed-in tariff remuneration models: Implications for renewable energy investment. *Energy Policy*, 38(2), 955–965.

<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.10.047>

D'amato, A., Mazzanti, M. & Nicolli, F. (2021) Green technologies and environmental policies for sustainable development: Testing direct and indirect impacts. *Journal of Cleaner Production*, v. 309, p. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127060>

Dambhare, M. V., Butey, B & Moharil, S. V.(2021) Solar photovoltaic technology: A review of different types of solar cells and its future trends. *Journal of Physics: Conference Series*, v. 1913, n. 1, p. 012053. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1913/1/012053/pdf>

Dechezleprêtre, A. (2013) Fast-tracking'green'patent applications: an empirical analysis. *ICTSD Programme on Innovation, Technology and Intellectual Property*, n.37.

[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2228617](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2228617)

Dutz, M. A. & Sharma, S. (2012) Green growth, technology and innovation. *World Bank Policy Research Working Paper*, n. 5932.

[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1980586](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1980586)

Ellabban, O., Abu-Rub, H. & Blaabjerg, F.(2014) Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v 39, p.748-764. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.113>

Fujii, H. & Managi, S. (2019) Decomposition analysis of sustainable green technology inventions in China. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 139, p.10-16.

<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.11.013>

Galvão, T. F. & Pereira, M. G. (2014) Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 23, n. 1, p. 183–184. DOI:

<http://doi.org/10.5123/s1679-49742014000100018>

Ghobakhloo, Morteza; Fathi, Masood; Iranmanesh, Mohammad; Maroufkhani, Parisa; Morales, Manuel E. Industry 4.0 Ten Years On: A Bibliometric And Systematic Review Of Concepts, Sustainability Value Drivers, And Success Determinants. **Journal Of Cleaner Production**, V. 302, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127052>

Grubb M., Drummond P., Poncia A., McDowall W., Popp D., Samadi S., Penasco C., Gillingham K.T., Smulders S., Glachant, M., Hassall, G., Mizuno E., Rubin E. S., Dechezleprêtre A. & Pavan G. (2021) Induced innovation in energy technologies and systems: a review of evidence and potential implications for CO2 mitigation. **Environmental**, v.16, n.4. Recuperado em 14 agosto, 2021. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abde07>

Hevia-Koch, P.& Jacobsen, H. K. (2019) Comparing offshore and onshore wind development considering acceptance costs. **Energy Policy**, v.125, p. 9-19.

<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.10.019>

Hille, E., Althammer, W. & Diederich, H. (2020) Environmental regulation and innovation in renewable energy technologies: Does the policy instrument matter? **Technological Forecasting and Social Change**, v.153, p.1-22.



<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119921>

Instituto Nacional da Propriedade Industrial (2012). **Resolução No 283**, de 02 de abril de 2012,

Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços

[http://www.inovacao.uema.br/imagens-noticias/files/Resolucao\\_283\\_Patentes\\_Verdes.pdf](http://www.inovacao.uema.br/imagens-noticias/files/Resolucao_283_Patentes_Verdes.pdf)

Instituto Nacional da Propriedade Industrial. (2016). **Resolução No 175**, de 05 de novembro de 2016,

Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços [https://www.gov.br/inpi/pt-](https://www.gov.br/inpi/pt-br/assuntos/arquivos-dirpa/Resoluon1752016_Patentesverdes_21112016julio_docx.pdf)

[br/assuntos/arquivos-dirpa/Resoluon1752016\\_Patentesverdes\\_21112016julio\\_docx.pdf](https://www.gov.br/inpi/pt-br/assuntos/arquivos-dirpa/Resoluon1752016_Patentesverdes_21112016julio_docx.pdf)

International Renewable Energy Agency IRENA (2021) **Solar energy**. Recuperado em 15 agosto, 2021

<https://www.irena.org/solar>.

Lima, A. I., Argenta, A. B., Zattar, I. C. & Kleina, M. (2019) Applying Text Mining to Identify

Photovoltaic Technologies. **IEEE Latin America Transactions**, v. 17, n. 5, p. 727–733.

<https://ieeexplore.ieee.org/document/8891940>

Mazzucato, M., Cimoli, M., Dosi, G., Stiglitz, J. E., Landesmann M. A., Pianta M., Walz R. & Page

T.(2015) Which industrial policy does Europe need? **Intereconomics**, v. 50, n.3, p. 120-155.

<http://dx.doi.org/10.1007/s10272-015-0535-1>

Menezes, C., Santos, S. & Bortoli, R. (2016) Mapeamento de Tecnologias Ambientais: Um Estudo

sobre Patentes Verdes no Brasil. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 5, n. 1,

p. 110 –127. DOI: 10.5585/geas.v5i1.369.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5454555>

- Miremadi, I., Saboohi, Y. & Jacobsson, S. (2018) Assessing the performance of energy innovation systems: Towards an established set of indicators. **Energy Research & Social Science**, v. 40, p.159-176. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.01.002>
- Nesta, L., Vona, F. & Nicolli, F. (2014) Environmental policies, competition and innovation in renewable energy. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 67, n.3, p.396-411. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2014.01.001>
- Noailly, J. & Ryfisch, D. (2015) Multinational firms and the internationalization of green R&D: A review of the evidence and policy implications. **Energy Policy**, v.83, p. 218-228. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.03.002>
- Paulo, A. F. (2019) **Cooperação e Rotas Tecnológicas para o desenvolvimento de tecnologias sobre energia solar fotovoltaica: uma análise baseada em patentes**. Tese (Doutorado em Administração de Organizações) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, Brasil.  
Doi:10.11606/T.96.2019.tde-25062019-095212. Recuperado em 26 agosto 2021.  
<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/96/96132/tde-25062019-095212/pt-br.php>
- Popp, D. (2019) Environmental policy and innovation: a decade of research. **National Bureau of Economic Research** NBER Working Paper No. 25631. DOI:10.3386/w25631 Recuperado em 18 junho 2021 <https://www.nber.org/papers/w25631>
- Rabaia, M. K.H., Abdelkareem, M. A., Sayed, E. T., Elsaid, K., Chae, K. J., Wilberforce, T. & Olabi, A.G. (2021) Environmental impacts of solar energy systems: A review. **Science of the Total Environment**, v.754, p. 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141989>



Sadorsky, P. (2021) Wind energy for sustainable development: Driving factors and future outlook.

**Journal of Cleaner Production**, v 289,p. 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125779>

Santos, N., & Oliveira, D. (2014) A Patenteabilidade de Tecnologias Verdes Como Instrumento De Desenvolvimento Sustentável. **Revista Juridica**, v. 4, n. 37, p. 294–310. DOI:

10.21902/revistajur.2316-753X.v4i37.1051 Recuperado em 15 junho 2021.

<http://revista.unicuritiba.edu.br/index.php/RevJur/article/view/1051>

Souza, D. F. & Rabêlo, O. S. (2015) **EcoInovação: uma análise através das patentes verdes no Brasil.**

Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, [engemausp.submissao.com.br](http://engemausp.submissao.com.br).

Recuperado em: 18 junho 2021.

<http://engemausp.submissao.com.br/17/anais/arquivos/250.pdf>

Töbelmann, D. & Wendler, T. (2020) The impact of environmental innovation on carbon dioxide emissions. **Journal of Cleaner Production**, v. 244, p.1-14.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118787>

Tarhan, C., & Çil, M. A. (2021). A study on hydrogen, the clean energy of the future: Hydrogen storage methods. In *Journal of Energy Storage* (Vol. 40). Elsevier Ltd.

<https://doi.org/10.1016/j.est.2021.102676>

Vaicberg, H., Valiatt, G. L. C. & Queiroz, M. F. ( 2021) Energia eólica offshore: Um Overview do cenário global e o contexto brasileiro. **Revista de Direito e Negócios Internacionais da Maritime Law Academy - International Law And Business Review**, v. 1, n.1, p. 114–143.

Recuperado em 20 agosto, 2021 <https://mlawreview.emnuvens.com.br/mlaw/article/view/6>

Walz, R., Pfaff, M., Marscheider-Weidemann, F., & Glöser-Chahoud S. (2017) Innovations for reaching the green sustainable development goals—where will they come from? ... **and Economic Policy**, v.14, p.449-480. <https://doi.org/10.1007/s10368-017-0386-2>

Winans, K. ,Dlott, F. , Harris, & Dlott, J. (2021) Sustainable value mapping and analysis methodology: Enabling stakeholder participation to develop localized indicators mapped to broader sustainable development goals. **Journal of Cleaner Production**, v. 291, p. 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125797>