

Impactos ambientais associados à instalação e ao funcionamento de parques solares: estudo de nível de interesse por análise cognitiva de dados TREND DATA

Environmental impacts associated with the installation and operation of solar parks: study of interest level by cognitive analysis of data TREND DATA

Impactos ambientales asociados a la instalación y operación de parques solares: estudio de nivel de interés mediante análisis cognitivo de datos TREND DATA

Recebido: 12/09/2022 | Revisado: 26/09/2022 | Aceitado: 28/09/2022 | Publicado: 06/10/2022

Marcos Guedes do Nascimento

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4551-8463>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: fsiconascimento@hotmail.com

Bruno César Bezerra Nóbrega de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7533-6831>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: brunocbns@gmail.com

Raimundo Aprígio de Menezes Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2311-1278>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: jrmenezes@cear.ufpb.br

Renan Aversari Câmara

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4203-5602>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: renan.aversari@gmail.com.br

Amanda Cristiane Gonçalves Fernandes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8462-6171>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: amandafernandestt@gmail.com

Sérgio Costa de Mello

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5149-4851>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: serlbiologo@gmail.com

Resumo

O objetivo desta pesquisa é avaliar o nível de interesse das pessoas em relação aos principais impactos ambientais associados à instalação e à operação de parques solares, utilizando algoritmo feito para análise cognitiva de dados extraídos da TREND DATA. Inicialmente, foi realizada consulta em artigos com uso da ferramenta de busca CAFe do portal de pesquisa de periódicos da CAPES, a partir da palavra-chave “solar plants AND environmental impact”. Foram selecionados ao todo, 233 textos, dos quais foram extraídos os principais impactos. A partir deles, foram definidos cinco descritores, considerando dados registrados no período de 2010 a 2020. Para o ajuste do nível de interesse dos usuários em relação a cada descritor, foi estabelecido um escore de 0 a 100 que indica o número de conteúdos filtrados que tratam sobre o descritor, a cada centena de textos que versam sobre “energia solar” e “impactos ambientais”. Os resultados apontaram que o aumento de morte de animais e da temperatura, nesta ordem, foram os descritores mais mencionados, com escores médios 65 e 38. Em terceiro e quarto lugares ficaram o aumento da poluição e do desmatamento, respectivamente, ambos apresentando escore médio 28. O descritor com menor grau de interesse foi o desperdício de água, com escore médio 27. Através desta pesquisa, observou-se que elencar descritores relacionados aos principais impactos ambientais e estabelecer o nível de interesse de usuários da rede em relação a cada descritor, é vital para definição adequada de prioridades no planejamento e execução de projetos de usinas fotovoltaicas.

Palavras-chave: Energia renovável; Análise cognitiva; Big data; Ciência de dados.

Abstract

The objective of this research is to assess people's level of interest in relation to the main environmental impacts associated with the installation and operation of solar parks, using an algorithm made for cognitive analysis of data extracted from TREND DATA. Initially, articles were consulted using the CAFe search tool of the CAPES journals research portal, using the keyword “solar plants AND environmental impact”. A total of 233 texts were selected, from which the main impacts were extracted. From them, five descriptors were defined, considering data recorded in the period from 2010 to 2020. To adjust the level of interest of users in relation to each descriptor, a score from 0 to 100

was established, which indicates the number of filtered content that deal with the descriptor, every hundred texts that deal with “solar energy” and “environmental impacts”. The results showed that the increase in animal death and temperature, in that order, were the most mentioned descriptors, with average scores of 65 and 38. In third and fourth places were the increase in pollution and deforestation, respectively, both presenting average scores 28. The descriptor with the lowest degree of interest was water waste, with an average score of 27. Through this research, it was observed that listing descriptors related to the main environmental impacts and establishing the level of interest of network users in relation to each descriptor, is vital for proper prioritization in the planning and execution of photovoltaic power plant projects.

Keywords: Renewable energy; Cognitive analysis; Big data; Data science.

Resumen

El objetivo de esta investigación es evaluar el nivel de interés de las personas en relación a los principales impactos ambientales asociados a la instalación y operación de parques solares, utilizando un algoritmo elaborado para el análisis cognitivo de datos extraídos de TREND DATA. Inicialmente, los artículos fueron consultados utilizando la herramienta de búsqueda de CAFE del portal de investigación de revistas de la CAPES, utilizando la palabra clave “plantas solares E impacto ambiental”. Se seleccionaron un total de 233 textos, de los cuales se extrajeron los principales impactos. A partir de ellos, se definieron cinco descriptores, considerando datos registrados en el período de 2010 a 2020. Para ajustar el nivel de interés de los usuarios en relación a cada descriptor, se estableció una puntuación de 0 a 100, que indica la cantidad de contenido filtrado que lidiar con el descriptor, cada cien textos que tratan sobre “energía solar” e “impactos ambientales”. Los resultados mostraron que el aumento de la muerte animal y la temperatura, en ese orden, fueron los descriptores más mencionados, con puntajes promedio de 65 y 38. En tercer y cuarto lugar se ubicaron el aumento de la contaminación y la deforestación, respectivamente, presentando ambos puntajes promedio de 28. El descriptor con menor grado de interés fue el desperdicio de agua, con un puntaje promedio de 27. A través de esta investigación se observó que se enumeran descriptores relacionados con los principales impactos ambientales y se establece el nivel de interés de los usuarios de la red en relación a cada descriptor, es vital para una correcta priorización en la planificación y ejecución de proyectos de plantas fotovoltaicas.

Palabras clave: Energía renovable; Análisis cognitivo; Grandes datos; Ciencia de los datos.

1. Introdução

No contexto mundial, o processo de produção de energia pelo emprego de recursos renováveis tem crescido ano após ano, visto que as fontes não-renováveis têm sido substituídas em razão de liberarem grande quantidade de gases tóxicos na atmosfera (Vural, 2020). Quanto ao histórico brasileiro de geração de energia, pode-se dizer que o mesmo está pautado no aproveitamento de recursos hídricos, porém, a energia gerada por meio das hidroelétricas, apesar de renovável e não emissora de Gases do Efeito Estufa – GEE, apresenta muitos impactos ao ambiente, a exemplo do aumento do número e da intensidade de inundações, além de ser responsável pela destruição de habitats (Ren21, 2021).

No Brasil, dois programas de incentivo no uso de fontes alternativas de energia criados nas últimas décadas merecem destaque: (i) o Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios – PRODEEM, fundado por meio de decreto presidencial para promover desenvolvimento social e econômico com viés sustentável em áreas isoladas não atendidas por linhas de transmissão convencionais, incentivando a geração de energia a partir de fontes renováveis para suprir a demanda local, a depender das particularidades de cada região (Vian, et al., 2021) e; (ii) o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA, cujo propósito é corroborar para diversificação da matriz energética, de modo a descentralizar a produção de energia elétrica (Proinfra, 2002).

A produção de energia limpa e renovável é um processo inovador, no qual novos conceitos, procedimentos e tecnologias aparecem com constância, em razão do desenvolvimento de estudos na busca por métodos e práticas para prevenir ou diminuir possíveis danos a serem causados ao meio ambiente, tanto em razão da instalação, quanto do funcionamento (Giannetti, et al., 2020). As metas de emissões somadas aos fatores econômicos que são cada vez mais rigorosos, têm impulsionado um acelerado crescimento na geração de energia renovável. Dentre estas formas de energia, está incluída a energia solar, que além de ser classificada como limpa, mostra-se também economicamente rentável (Alamir, et al., 2019).

Todavia, analisar apenas os benefícios trazidos pela utilização das diversas fontes de energia disponíveis não é o

bastante, sendo necessário também trazer à tona os impactos negativos que decorrem da utilização destes recursos, analisando cada um destes impactos, a fim de que possa estabelecer os meios necessários para mitigá-los. No início do século XXI, eram poucos os estudos que buscavam identificar e mensurar os impactos que a energia solar pode acarretar ao meio ambiente, entretanto, nos últimos anos, o número de pesquisas com este viés tem se intensificado, sendo possível elencar, inclusive, a classificação destes impactos por categorias (Lima, et al., 2022).

No caso particular deste artigo, o objetivo é estabelecer o nível de interesse das pessoas com relação aos principais impactos ambientais associados a produção de energia pelo emprego de placas fotovoltaicas com base em dados Trend Data. Para tanto, foram adotados como objetivos específicos da referida pesquisa: (i) definir os cinco impactos ambientais mais relevantes relacionados ao uso de placas solares para geração de energia, fundamentando-se em pesquisas realizadas no portal de publicações de periódicos da CAPES; (ii) levantar o grau médio de intenção em relação aos descritores associados a tais impactos contidos na base TREND DATA de 2010 a 2020 e; (iii) traçar gráficos de tendência média mensal e de box-plot relativos a tais impactos através de *software* próprio e para fins de estabelecimento de ordenação quanto ao grau de interesse do público no contexto da TREND DATA.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Funcionamento de uma célula solar fotovoltaica para geração de energia

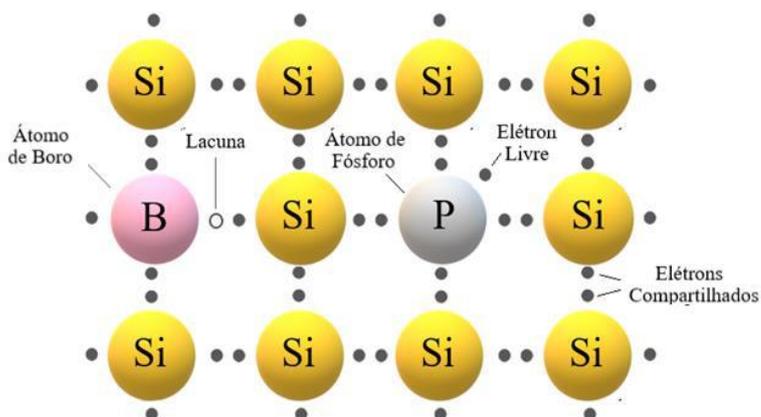
Ao realizar os estudos sobre fluorescência e fosforescência, o físico francês Edmund Becquerel descobriu o efeito fotovoltaico no ano de 1839; passadas algumas décadas, os americanos Adams e Day foram responsáveis por desenvolver a primeira célula fotovoltaica, a base de selênio, com capacidade de gerar eletricidade ao ser exposta à radiação luminosa, e anos mais tarde, mais precisamente em 1883, Charles Fritts, também norte-americano, foi responsável pelo desenvolvimento da primeira célula solar operacional, a qual apresentava rendimento razoável para época (Lincot, 2017).

Tanto o conceito deste efeito físico descoberto por Becquerel, quanto os protótipos dos dispositivos desenvolvidos por Adams, Day e Fritts, serviram de base para construção e funcionamento das células solares modernas. Atualmente, estas células são feitas por materiais semicondutores, de forma tal que no extremo da estrutura de cada célula é gerada uma diferença de potencial que proporciona a conversão de energia solar em energia elétrica (Luan et al., 2021).

Para que os semicondutores apresentem melhor condutividade elétrica, adiciona-se à estrutura cristalina, de maneira controlada, um elemento químico diferente daquele que o compõe, ao qual dá-se o nome de impureza. As principais impurezas que se tem conhecimento são o fósforo, o arsênio, o boro e o gálio. O fósforo e o arsênio têm cinco elétrons na camada de valência e ao serem implantados na estrutura do silício, um destes elétrons fica livre, gerando uma corrente elétrica. O elétron excedente eleva a eletronegatividade do material, e por isso, tal dopagem é simbolizada pela letra N (Mertens, 2018).

O boro e o gálio, por conseguinte, possuem três elétrons na camada de valência, e a dopagem do silício com estes elementos faz com que sejam gerados espaços livres na camada de valência do semicondutor, resultando em um aumento no valor da condutividade elétrica do mesmo provocado pela elevação da eletropositividade, e por esta razão, a referida dopagem é indicado pela letra P (Mertens, 2018). O modelo de célula fotovoltaica feita de silício e dopada pelos átomos de fósforo e boro encontra-se representado na Figura 1.

Figura 1 – Modelo de célula fotovoltaica.

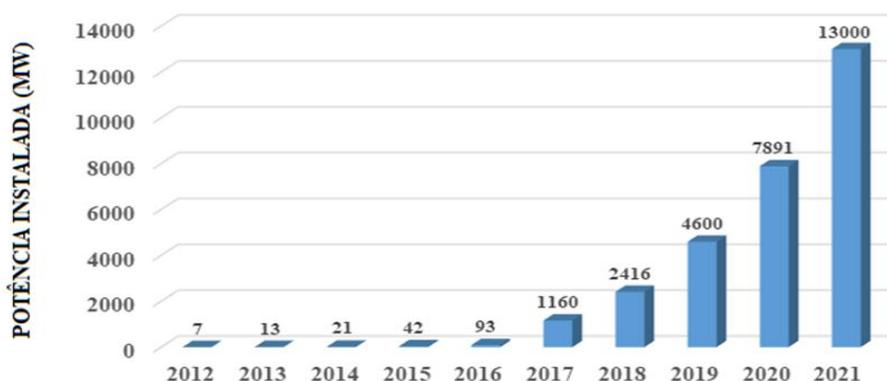


Fonte: Adaptado de Mertens (2018).

As células fotovoltaicas são geralmente feitas a base de silício, este por sua vez, constitui-se como elemento principal para a captação da energia solar e sua conversão em corrente contínua no sistema fotovoltaico. Tal conversão acontece pela tensão elétrica entre as células em série ou paralelo denominado de painel solar, o qual tem como estrutura fundamental a junção PN. O inversor apresenta uma função catalisadora, fazendo com que a energia esteja em perfeito estado e seja possível transformar corrente contínua em alternada, sendo assim distribuída aos locais devidos. Além disso, há o relógio que tem como objetivo fazer a contagem de entrada e retorno da energia no local de instalação (Alves, 2019).

Tanto no Brasil, quanto a nível mundial, a geração de energia através de placas solares vem crescendo exponencialmente nos últimos anos. Para se ter dimensão do crescimento desta matriz energética, dados mostram que de 2010 a 2020, houve no mundo um aumento na produção de energia por células fotovoltaicas de aproximadamente 1850%, passando de 39 GW para 760 GW (Ren21, 2021). No Brasil, a potência instalada passou de 07 (sete) MW em 2012 para 13.000 (treze mil) MW em 2021, o que representa uma produção de energia cerca de 1860 vezes maior que a quantidade produzida em no ano de 2012 (Absolar, 2022). A Figura 2 apresenta o crescimento da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil no período compreendido entre os anos de 2012 a 2021.

Figura 2 – Energia Fotovoltaica Instalada (MW) no Brasil - 2012 a 2021.



Fonte: Absolar (2022).

No contexto atual, a expansão contínua do mercado de geração de energia elétrica por meio de sistemas fotovoltaicos

tem tornado possível a produção de energia em pequena escala, a nível residencial, podendo o consumidor que adotar este modelo de geração de energia reduzir em até 95% o valor da sua conta de luz. A energia que for produzida além da demanda pode ser convertida em créditos para o cliente, de tal maneira que à medida que a energia volta à concessionária, o consumidor é ressarcido pelo sistema de créditos, os quais possuem validade de até cinco anos, sendo permitido que estes valores sejam abatidos com o uso durante este tempo (Ottonelli, et al., 2021).

Entretanto, apesar das possibilidades de produção em escala familiar e comunitária, os impactos ambientais são mais sentidos nas áreas onde os painéis estão instalados para formar usinas solares, nas quais a grande quantidade de placas fotovoltaicas são responsáveis por gerar energia elétrica em larga escala, a exemplo do que acontece no Parque Solar de Bom Jesus da Lapa, no interior do Estado da Bahia, que é considerado uma das maiores usinas solares do Brasil, instalada no ano de 2017. O parque apresentava inicialmente duas usinas: (i) a usina Bom Jesus da Lapa, com capacidade produtiva de 80 MW, e (ii) a usina Lapa, com produção de cerca de 78 MW. Juntas, produzem 158 MW e 340 GWh por ano, o que é suficiente para atender a demanda anual de mais de 160.000 residenciais brasileiras (Enelgreenpower, 2017).

2.2 Impactos ambientais promovidos pela energia solar fotovoltaica

No transcorrer do seu ciclo de funcionamento, todo o empreendimento que vislumbra a geração de energia elétrica, por mais sustentável que se possa mostrar, pode apresentar diversos tipos de impactos, e estes são decorrentes da utilização e da ocupação do terreno onde foi instalado; e não diferente desta realidade, em vários setores de produção de energia os impactos certamente aparecem na geração de energia por meio placas solares fotovoltaicas (Souza, et. al., 2022) e os mesmos recebem influência não apenas do contexto da localidade, mas ainda da forma como foi instalada a usina, por esta razão, existe a necessidade de se fazer estudos durante a fase de licenciamento ambiental para estabelecimento de avaliação de impactos e estabelecimento de medidas mais acertadas para mitigação ou supressão destes impactos (Tolmasquim, 2016).

Um dos conjuntos de impactos ambientais relacionados à instalação e ao funcionamento de parques fotovoltaicos é aquele associado ao incremento dos valores da temperatura local; tal aumento decorre da intensificação da absorção dos raios solares pelas placas, bem como pela intensificação da reflexão difusa da superfície sobre a qual incide a radiação solar, também conhecida por albedo. As alterações que acontecem no microclima local em decorrência da troca da vegetação natural pelas placas de energia solar fotovoltaicas têm sido pesquisadas e comprovadas em diversos estudos (Wang, et al., 2022; Yang, et al., 2022; Ihaddadene, et al., 2021), nos quais se mostra a intensificação do poder de radiação da superfície que provoca a elevação da temperatura na região, reduzindo a energia disponível para os processos biofísicos.

Destacam-se neste contexto, os impactos associados ao problema da poluição, que é intrínseco à ocupação da região por placas solares de usinas fotovoltaicas. A poluição visual modifica os aspectos paisagísticos, promovendo uma alteração significativa na aparência natural do ambiente e a elevação do brilho da superfície, causando incômodo a quem observa a área e confusão às aves que interpretam a região como sendo lagos, colidindo com os painéis, o que leva muitas à morte (Sreenath, et al., 2021). Também ocorre a poluição de solo, das águas e do ar, tanto por motivos de grãos de poeira que se acumulam nas placas, quanto pela liberação de resíduos sólidos na montagem das placas fotovoltaicas (Oteng, et al., 2021; Younis & Alhorr, 2021; Ghadikolaie, 2021; Bello & Emetere, 2022).

Os efeitos de alguns impactos identificados ocasionam mudanças no habitat, comprometendo a fauna, causando evasão de parte das espécies locais; a retirada da vegetação, remoção superficial do solo e ocupação do terreno que acabam resultando em morte de algumas espécies, sendo este definido como um dos descritores desta pesquisa. Existe ainda o problema de colisões de aves com as placas solares, o que pode ocasionar lesões graves e até mesmo a morte; além disso, o afugentamento de aves e outros animais que faziam parte da fauna devido à ocupação de áreas de habitats destes animais, provocando redução ou mesmo desaparecimento de espécies e afetando a biodiversidade local (Dhar, et al., 2020; Barbosa Filho, et al., 2015).

A redução da vegetação compromete a disponibilidade de alimento aos animais, levando parte deles à migração; provocam ainda alteração do fluxo hidrológico sobre a superfície, acelerando processos de erosão e assoreamento do solo. São medidas de mitigação destes impactos, o replantio de espécies nativas e a atribuição de reserva legal às áreas remanescentes desta vegetação. Especificamente no que diz respeito à fauna, as medidas a serem adotadas são a realização do monitoramento do habitat das espécies afetadas e o resgate das mesmas, além da manutenção de cobertura vegetal no entorno da área de influência direta da usina (Guerin, 2017; Tolmaskin, 2016; Bevk & Golobic, 2020).

O desmatamento é mais um impacto ambiental em destaque, visto que a retirada da cobertura vegetal nativa além de trazer prejuízos a fauna e a flora, provoca erosão e empobrecimento do solo (Tobosque, et al., 2022; Pouladian-ari, et al., 2022; Xiao, et al., 2022). Inclusive, o modo como o solo é usado e ocupado para a instalação de usinas de produção energética, é considerado um dos principais objetos de discussão em torno do desenvolvimento de energia renovável por meio de fonte solar, ocasionando o aparecimento de conflitos entre as empresas de energias e os produtores agrícolas e elevando a sua intensidade (Sousa Júnior, 2020; Nordberg, et al., 2021; Matamala, et al., 2021). Para mitigação desses atritos, o emprego da geotecnologia para determinação do local a receber os empreendimentos é fundamental para evitar a instalação dos mesmos em terrenos que apresentam maior aptidão à agricultura (Pessi, et al., 2021).

Finalmente, destaca-se o impacto relacionado ao desperdício de recursos naturais, a exemplo da água utilizada para limpeza dos painéis, o que demanda uma quantidade elevada deste recurso e grandes perdas do mesmo (Myyas, et al., 2022). Outra questão, diz respeito aos resíduos advindos das placas fotovoltaicas, advindos do processo de fabricação ou descarte; algumas destas placas, inclusive, chegam a liberar materiais cancerígenos, a exemplo do chumbo, que apesar de vedado por vidro, quando este quebra, o chumbo extravasa, contaminando o ambiente (Ridelenski, 2021; Bello & Emeter, 2022). Há outros efeitos sobre o ambiente causados pelos parques solares, contudo neste trabalho foram elencados aqueles mais relevantes segundo o levantamento realizado, e a partir deles, foram estabelecidos os cinco descritores a serem considerados na TREND DATA para determinação do nível de interesse do público em geral com relação a cada um deles.

2.3 Análise cognitiva de dados TREND DATA

A análise cognitiva refere-se a uma variedade de estratégias analíticas estatísticas, que são utilizadas para a análise preditiva, onde a mineração de dados e outros usos cognitivos dos dados podem levar ao acompanhamento da tendência de nível médio de interesse sobre um determinado descritor e/ou conjunto de descritores associados a uma base de dados, a qual é alimentada e acessada por um universo grande de usuários da internet. O levantamento de dados é fase fundamental em uma pesquisa de análise cognitiva e na contemporaneidade, a internet constitui-se em importante fonte de informação, exibindo um volume expressivo de dados que podem ser filtrados pelo uso de mecanismos de busca, sendo preciso considerar apenas dados que apresentam contextualização, o que lhes confere valor científico (Costa, 2018).

Entretanto, é conveniente salientar que os instrumentos de busca disponibilizados na rede mundial de computadores são detentores de características complexas, uma vez que apresentam objetivos diversificados, o que faz com que estas ferramentas ofereçam grande variedade de aplicação. Frente a esta realidade, tecnologias de informação e comunicação – TICs – têm sido desenvolvidas e utilizadas para aprimorar o acesso, a análise e a construção de base de dados pela utilização de informações contidas na Big Data ou levantadas pelo próprio pesquisador, tanto de forma direta e primária quanto de forma indireta ou através de fontes secundárias (Hine, et. al., 2020).

No universo da Big Data, uma das bases mais conhecidas para levantamento de informações é o TREND DATA, o qual permite a realização de buscas através da internet por meio da utilização de palavras-chaves, permitindo que sejam encontrados textos, vídeos e outras informações que tratam sobre o assunto de interesse do pesquisador (D'Amorim, et al., 2020). Esta forma de levantamento de dados pode ser entendida como um sistema de sensoriamento capaz de identificar as principais tendências

no seio da sociedade, deste modo, com o emprego dos descritores adequados, o pesquisador pode comparar o quantitativo de buscas dentro da base entre dois ou mais termos, categorizando-os.

As análises quantitativas acerca dos termos pesquisados permitem que sejam produzidos gráficos capazes de apresentar a frequência com que certa palavra é procurada nos mais diversos lugares do mundo e nos mais variados idiomas. Em cada um dos gráficos, o eixo horizontal representa a linha temporal, enquanto que o eixo vertical apresenta a frequência com que certa palavra é buscada em determinado período do ano, como por exemplo, determinado semana ou mês. A configuração gráfica fornecida possibilita averiguar as relações de buscas e seus quantitativos a partir de determinados termos, palavras-chaves e sazonalidades em certas regiões, a nível local ou a nível mundial (Moraes & Santos, 2013).

Para o estabelecimento da ordenação de um grupo de variáveis em termo de relevância frente a presença de grande volume de informações, uma possibilidade é a utilização dos conceitos de estatística descritiva, que consiste em um conjunto de técnicas que visa organizar, descrever, analisar e interpretar dados, sendo indicada quando se tem uma base com muitas informações, de modo que se torna imprescindível manejá-las a fim de relacioná-las. Para concretização de tal ordenação, pode-se tomar por base a média, mediana e demais quartis da série numérica, sendo todas elas classificadas como medidas de tendência central (Prais & Rosa, 2017; Vilela, et al., 2020).

Os dados extraídos a partir da aplicação dos princípios de estatística podem ser representados em gráficos e tabelas, e a partir destas representações, torna-se mais concreta a leitura e a interpretação das informações, sendo possível a partir daí, extrair conclusões precisas a respeito das variáveis estudadas (Mancuso, et al., 2018). Atualmente, tem sido prática comum no meio acadêmico, a aplicação de conhecimentos da área de ciências de dados para desenvolvimento de softwares específicos que tenham a função de análise e submissão de dados para tratamento estatístico, de maneira a aprimorar e dar celeridade ao processamento destas informações, assim como possibilitar um aprofundamento e melhor abrangência ao processo analítico, pelo emprego de mineração de dados (Rauntenberg & Carmo, 2019).

3. Metodologia

Para o desenvolvimento deste estudo utilizou-se os métodos descritos a seguir: bibliográfica, descritiva e quantitativa.

A pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de artigos científicos. As consultas foram feitas em artigos específicos sobre o assunto acima discriminado. (Marconi & Lakatos, 2021).

Enfatiza-se a pesquisa bibliográfica por abranger toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, material cartográfico etc (Marconi & Lakatos, 2021, p.71).

Esta pesquisa caracteriza-se como bibliográfica integrativa, pois nela se buscou sintetizar resultados obtidos das pesquisas realizadas em artigos científicos sobre os temas de energia solar, impactos ambientais e TREND DATA de uma maneira sistemática e ordenada.

Trata-se, também, de um estudo de caráter descritivo tendo em vista que objetiva a descrição das características de determinada palavra-chave através da análise cognitiva de dados TREND DATA, com a finalidade de identificar os fatores que o ocasionam (Marconi & Lakatos, 2021).

Além disso, é uma pesquisa quantitativa, pois, no intuito de se aprimorar a análise das variáveis de interesse desse estudo, foi utilizada a estatística descritiva, sendo possível estabelecer a partir da análise feita sob este viés, a mensuração de cada uma destas variáveis, bem como a classificação de cada uma delas quanto a relevância, seja pelo grau de influência no contexto do problema estudado ou ainda pelo nível de interesse com relação a cada uma por parte de determinado público (Fávero & Belfiore, 2017).

Os procedimentos metodológicos foram divididos em 3 etapas. Na etapa 1 foi utilizada a ferramenta de pesquisa sistema CAFe do Portal de Periódicos da CAPES, pelo qual foi estabelecida a etapa 2, com a consideração dos dados contidos na base Science Direct, a fim de levantar os principais impactos ambientais associados a instalação e funcionamento de parques solares. Na etapa 3 foram estabelecidos critérios de filtragem para realização das buscas por artigos de interesse desta pesquisa, utilizando como palavra-chave a expressão “solar plants AND environmental impacts”.

A seguir, o Quadro 1 apresenta de maneira esquematizada estas três etapas iniciais de busca e os critérios de filtragem para eleição dos artigos científicos de interesse para o desenvolvimento desta pesquisa.

Quadro 1 - Etapas iniciais de busca e os critérios de escolha dos artigos científicos.

ETAPA 1				
Acesso ao Portal CAFe do Portal de Periódicos da CAPES Disponível: https://www-periodicos-capes-gov-br.ez1.periodicos.capes.gov.br/index.php . ACESSO LIMITADO				
ETAPA 2				
Escolha da base Science Direct para a busca dos artigos científicos				
ETAPA 3				
Critérios de seleção dos artigos científicos				
PALAVRA-CHAVE				
“solar plants AND environmental impacts”				
FILTROS				
MATERIAL DE PESQUISA: ARTIGOS	ANO DE PUBLICAÇÃO	TIPO DE ARTIGO	REVISTA DA PUBLICAÇÃO	IMPACTO AMBIENTAL E USINA SOLAR

Fonte: Autores (2022).

Na etapa 3, aplicou-se cinco filtros, conforme descrito a seguir: 1) primeiro, considerou-se apenas artigos; 2) segundo, foi selecionado artigos publicados em 2021 e 2022; 3) terceiro, separou-se a busca em duas, sendo uma acerca de artigos de pesquisa e a outra sobre artigos de revisão; 4) quarto, em ambas buscas, foram considerados apenas artigos da revista Solar Energy; e 5) quinto, a partir da leitura dos artigos, selecionou-se os que tratavam sobre algum impacto ambiental relacionado a usinas fotovoltaicas. Para efetivação deste último filtro, foi organizado uma tabela demonstrativa, na qual foram listados os DOI's dos artigos selecionados, o ano de publicação, o autor e os principais impactos ambientais citados por cada um deles, a fim de usar tais artigos como referências bibliográficas desta pesquisa. O detalhamento da etapa 3 pode ser entendido a partir do fluxograma contido no Quadro 2, através do qual ficaram expressas as etapas do processo de filtragem.

Quadro 2 - Fluxograma detalhado sobre os critérios de filtragem da Etapa 3 para definição dos descritores.

ETAPA 3	
PALAVRA-CHAVE “solar plants AND environmental impacts” Nº de produções: 105.596	
FILTRO 1	
ARTIGOS CIENTÍFICOS Nº de produções: 82.042	
FILTRO 2	
PUBLICADO EM 2021/2022 Nº de produções: 19.187	
FILTRO 3	
ARTIGOS DE PESQUISA Nº de produções: 15.575	ARTIGOS DE REVISÃO Nº de produções: 3.269
FILTRO 4	
REVISTA SOLAR ENERGY Nº de produções: 190	REVISTA SOLAR ENERGY Nº de produções: 43
FILTRO 5	
TEMA IMPACTO AMBIENTAL USINAS SOLARES Nº de produções: 24	TEMA IMPACTO AMBIENTAL USINAS SOLARES Nº de produções: 8

Fonte: Autores (2022).

Dos artigos selecionados, foram extraídos os principais impactos e, a partir deles, definidos os cinco descritores. Além disso, foram realizadas as análises descritivas de cada um deles, pelo emprego de *software* próprio criado para mineração e interpretação destas informações. Considerou-se os dados da base TREND DATA no período de janeiro de 2010 a janeiro de 2020, produzidos pela comunidade em geral e que façam referência à energia solar e a um dos cinco descritores elencados.

Para descrever quantitativamente o grau de interesse nos descritores foi criada uma escala com valores normalizados, com score que varia de 0 a 100, de maneira que se o descritor apresentar score 43, por exemplo, em um determinado período de tempo, significa dizer que no referido período, a cada 100 textos que falam sobre “energia solar” e “impactos ambientais” daqueles contidos na base TREND DATA, 43 deles falam sobre o descritor em seu título ou no corpo do texto.

A partir do emprego da estatística descritiva, foi obtido o número médio de referências feitas sobre cada descritor, sendo representado graficamente, tanto a variação mensal de cada descritor de janeiro de 2010 a janeiro de 2020, quanto a média mensal neste período para cada um deles, representando-se o primeiro, segundo e terceiro quartis, além dos pontos de máximo, mínimo e outliers, tornando possível a comparação e ordenação destes descritores quanto ao nível de interesse do público.

A aplicação do Trend Data pode ser observada em várias áreas. Bokelmann & Lessman (2019) realizou um estudo sobre a análise dos efeitos sobre a previsão da demanda turística na Alemanha usando dados do google trends. Rivera (2016) utilizou o Trend data em seu estudo para avaliar um modelo dinâmico para prever registros de hotéis em Porto Rico.

4. Resultados e Discussão

A primeira parte dos resultados iniciou com a busca realizada na base de dados *Science Direct*. Devido a uma grande quantidade de artigos e livros encontrados com a palavra chave “solar plants AND enviromental impact” foram utilizados filtros

disponibilizados na referida base, sendo escolhidos apenas artigos de pesquisa e de revisão publicados nos anos de 2021 e 2022 na revista “Solar Energy” resultando em um total de 233 artigos.

Concluído tal levantamento, os artigos passaram por uma análise por meio da leitura e foram selecionados os que apontaram algum impacto ambiental provocado pela instalação e funcionamento de parques solares, sendo obtido um total de 32 artigos. O Quadro 3 apresenta a porcentagem dos 32 artigos selecionados, os impactos apontados e a classificação dos artigos para cada descritor criado.

Quadro 3 - Impactos Ambientais encontrados e quantidades de artigos que tratam sobre cada descritor estabelecido.

DESCRITOR	TEMPERATURA	DESMATAMENTO	POLUIÇÃO	MORTE DE ANIMAIS	DESPERDÍCIO
Impactos Ambientais mais encontrados nos artigos	-Aumento da temperatura local; -Espalhamento da irradiação solar; e -Barreira física à circulação do vento.	Degradação do solo.	-Poluição do ar; -Poluição da água; -Poluição do solo; e -Poluição Visual.	Alteração do habitat e do nicho ecológico.	Desperdício de água.
Número de artigos que versa sobre o descritor	14	5	15	5	2
Percentual de artigos	44%	16%	47%	16%	6%

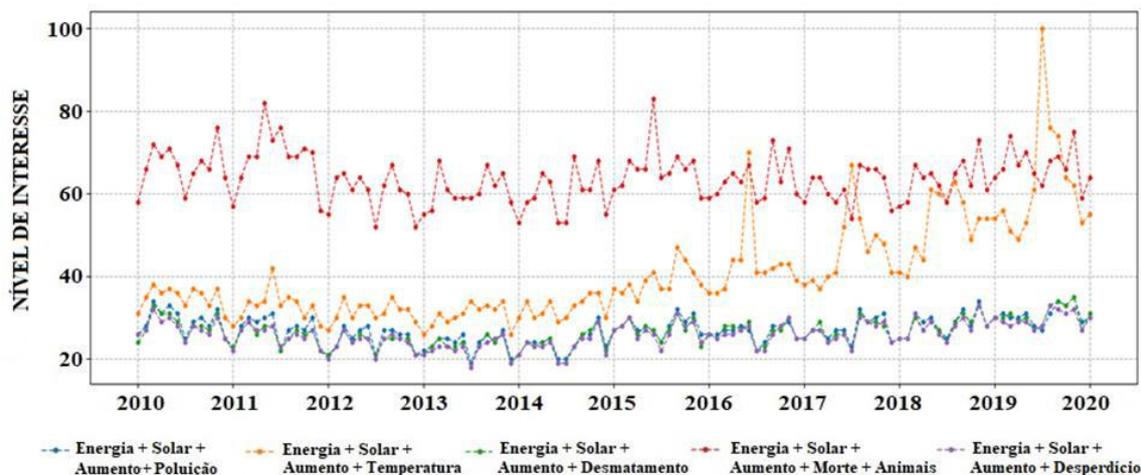
Fonte: Autores (2022).

A partir das análises obtidas acerca das informações contidas nas produções acadêmicas consideradas, foi possível elencar os principais impactos ambientais resultantes da instalação e funcionamento de usinas solares. A partir deles, foram criados cinco detectores, a saber: 1- (energia + solar + aumento + temperatura); 2- (energia + solar + aumento + poluição); 3- (energia + solar + aumento + desmatamento); 4- (energia + solar + aumento + mortes + animais); e 5- (energia + solar + aumento + desperdício).

O descritor morte de animais, apesar de não ter sido diretamente citado nos artigos pesquisados trata-se de uma consequência que está relacionada para com os outros impactos identificados, como a degradação do solo, poluição e aumento de temperatura, fatores que alteram o habitat e o nicho ecológico dos animais e das plantas, resultando na morte de seres de variadas espécies da fauna e da flora local.

Os dados de TREND DATA considerados são aqueles gerados entre janeiro de 2010 até janeiro de 2020. A partir destas informações foram traçados dois tipos de gráficos. O primeiro, contido na Figura 3, apresenta no eixo das ordenadas o número de textos e vídeos da internet, especificamente na base TREND DATA que tratam sobre determinado descritor a cada 100 conteúdos relativos à “energia solar” e “impactos ambientais”. Esta quantidade varia a cada mês, estando a grandeza “mês” expressa no eixo das abscissas, mostrando todos os meses de janeiro de 2010 a janeiro de 2020. Neste primeiro gráfico, classificado como gráfico de linhas, estão representadas a série histórica de janeiro de 2010 à janeiro de 2020 do nível mensal de interesse em dados da TREN DATA sobre Energia Solar + Impactos ambientais.

Figura 3 – Nível Mensal de Interesse em Energia Solar + Impactos ambientais na TREN DATA.



Fonte: Autores (2022).

O gráfico de linhas da Figura 3 traz cinco curvas, cada qual expressando o nível de interesse do público considerado em relação a um dos cinco descritores, mês a mês, em um período de 10 anos. Cada curva apresenta uma cor, estando a curva de cor azul associada ao aumento de poluição, enquanto que a cor laranja, por sua vez, diz respeito à elevação da temperatura; as cores (verde e vermelha), respectivamente, estão relacionados ao aumento do desmatamento e do crescimento do número de mortes de animais, nesta ordem; sendo a cor roxa associada especificamente ao aumento do desperdício.

No que concerne ao significado do ponto destacado em cada curva, pode-se apontar que o mesmo apresenta na coordenada das abscissas o mês de referência, enquanto que na coordenada das ordenadas representa-se o número de textos e vídeos que tratam sobre os impactos ambientais e a energia solar, contidos na TREN DATA, que fazem menção ao descritor ao qual se refere a curva durante o mês em questão. Para melhor elucidação do significado de cada ponto, pode-se tomar como exemplo o décimo terceiro ponto da curva vermelha, nota-se que este ponto se refere a janeiro de 2011 e, a cada 100 textos sobre impactos ambientais e energia solar, cerca de 50 estão relacionados ao aumento de morte de animais.

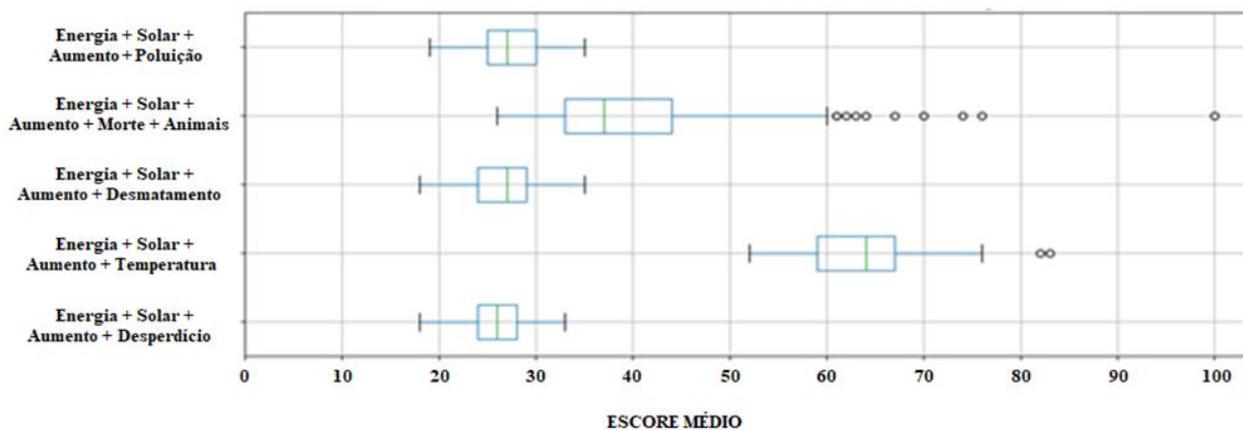
A partir da compreensão do significado das curvas e do que cada uma delas representa, ao se constituir a comparação entre os cinco descritores em questão, é possível verificar que o aumento do número de mortes de animais (curva vermelha) se destacou como sendo o descritor com maior número de textos que fazem referência a ele, dentre o decênio considerado, a exceção dos meses de junho de 2016, junho de 2017 e julho, agosto e setembro de 2019, nos quais se sobressaiu o aumento da temperatura (curva amarela) em relação aos demais descritores.

Em geral, a elevação do número de mortes de animais foi seguida pelo aumento da temperatura (curva amarela), a exceção dos 05 (cinco) meses citados no parágrafo anterior, onde a ordem do nível de interesse quanto a ambos descritores se invertem. Em terceiro e quarto lugar ficaram alternando entre si, a intensificação do desmatamento (curva verde) e a elevação da poluição (curva azul), sempre apresentando números bem próximos de textos que fazem referência a eles, sendo o tema desperdício (curva roxa) o menos citado, sugerindo ser este o impacto ambiental menos percebido ou sentido pela sociedade.

Pela utilização de conceitos de estatística descritiva foram traçados os gráficos de box-plot contidos na Figura 4, nos quais estão expressos, segundo os dados de TREN DATA, os níveis médios mensais de interesse no período que compreende janeiro de 2010 a janeiro de 2020, com relação aos cinco descritores associados aos principais impactos ambientais ligados à produção de energia em parques eólicos. No eixo vertical estão relacionados os descritores em estudo, enquanto que no eixo horizontal, encontra-se o número médio mensal de textos e vídeos, em escore que vai de 0 a 100, nos quais o descritor do referido

gráfico de box-plot foi mencionado. A seguir, encontra-se o gráfico box-plot referente a cada um dos cinco descritores avaliados neste estudo.

Figura 4 – Nível de Interesse em TREND DATA sobre Energia Solar + Impactos ambientais – Escore Médio.



Fonte: Autores (2022).

Ao analisar cada gráfico Box-plot da Figura 4, pode-se perceber que a variável que apresenta maior valor é o aumento do número de morte de animais, apresentando escore 65, o que significa que a cada 100 textos ou vídeos que apresentam os termos “impacto ambiental” e “energia solar”, 65 deles trazem o referido descritor em seu título ou no corpo do texto. Em segundo lugar aparece o aumento de temperatura, cujo assunto possui escore 38, sendo este descritor seguido pelo aumento de poluição e aumento de desmatamento, ambos com escores médio mensal 28, com leve vantagem para o primeiro, visto que maioria dos valores dos escores mensais é superior ao valor do escore médio.

Levando-se em conta os resultados encontrados, em termos práticos, é possível concluir que o aumento de mortes de animais é atualmente o descritor em maior evidencia na base TREND DATA, isto porque apresenta a mais elevada quantidade mensal de textos que fazem referência, se comparada a quantidade de textos que citam os demais descritores, se considerado apenas aqueles textos contidos no universo de informações analisadas. Em segundo lugar quanto ao nível de interesse do público, aparece o aumento da temperatura, tema este seguido de aumento de poluição e aumento de desmatamento, com ambos apresentando escores praticamente iguais.

Em compensação, pode-se afirmar que o impacto que aparece em menor número de textos ou vídeos é o aumento de desperdício. Isto não significa dizer que este descritor seja menos importante que os demais, mas ao contrário disto, que dentre os textos contidos na TREND DATA, dos descritores que merecem destaque, este é o menos lembrado pelos usuários da plataforma. É possível observar que o gráfico de box-plot que o representa, mostra que tal descritor proporciona escore médio 27, que é o menor valor se comparado àqueles que representam o nível de interesse quanto aos demais descritores, os quais também estão representados nos gráficos da Figura 5.

5. Conclusão

A análise estatística realizada neste artigo pela utilização de conceitos de ciência de dados possibilitou ordenar, os cinco principais impactos ambientais ligados a produção energética por meio de placas solares, de forma que pelos resultados obtidos

foi possível identificar, o nível de interesse da sociedade em relação a cada tema do período entre 2010 a 2020 pela observação do número médio mensal de aparições de cada um destes impactos em textos e vídeos contidos no TREND DATA.

Dentre as importantes avaliações obtidas nesta pesquisa, pode-se destacar o programa computacional que se mostrou eficiente em realizar a mineração de dados na base considerada a partir do fornecimento de descritores para classificação dos impactos causados. Esta ferramenta pode ser aplicada no desenvolvimento de estudos sobre a viabilidade de implementação de um sistema de painéis solares de energia em certo lugar, a partir da análise qualitativa de potenciais impactos ambientais a serem provocados na região.

Outra aplicação consiste na realização do monitoramento dos impactos no decorrer dos anos, sendo esta etapa essencial para as empresas deste setor da produção de energia, pois auxilia no direcionamento de medidas a serem adotadas, quanto para o poder estatal definir políticas públicas quanto os setores privados, de modo ambos possam mitigar os impactos ambientais no modelo de geração de energia por placas solares.

Diante da premente necessidade de se avaliar continuamente as consequências trazidas ao meio ambiente decorrentes das atividades produtivas nos mais diversos setores, pode-se afirmar que o estudo ora desenvolvido contribui de maneira significativa para que o setor de geração de energia fotovoltaica possa adotar medidas fundamentadas em análise estatística computacional realizada sobre uma base de dados com enorme quantidade de informações, auxiliando na tomada de decisões e melhorando a sustentabilidade de suas operações.

Espera-se que através desse estudo, a metodologia seja aplicada em outras áreas auxiliando na tomada de decisões e nas ações de gestão de políticas públicas e privadas.

Referências

- Abbas, A., Price, C., Nandy, P., Wenning, T., (2021). *Renewable Energy Guidance for Industry*. ORNL/SPR-2021/2026, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee. Recuperado de: <https://betterbuildingssolutioncenter.energy.gov/sites/default/files/attachments/Renewable%20Energy%20Guidance%20Document%20-%20September%202021.pdf/>
- Alamir, M. A., Hansen, K. L., Zajamsek, B., & Catcheside, P. (2019). Respostas subjetivas ao ruído do parque eólico: uma revisão dos métodos de teste de escuta laboratorial. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (Elsevier), 114(C), 1-1. doi: 10.1016/j.rser.2019.109317
- Alves, M. O. L. (2019). *Energia Solar: Estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid*. (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, MG). https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/2019/6/MONOGRAFIA_EnergiaSolarEstudo.pdf/
- Absolar - Associação Brasileira de Energia Solar fotovoltaica. (2022). *Energia Solar fotovoltaica no Brasil: Infográfico Absolar*. Recuperado de: <https://www.absolar.org.br/wp-content/uploads/2022/01/2022.01.11-Infografico-ABSOLAR-n%C2%B0-39.pdf/>
- Barbosa Filho, W. P., Ferreira, W. R., Azevedo, A. C. S., Costa, A. L., & Pinheiro, R. B. (2015). Expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil: impactos ambientais e políticas públicas. *Revista gestão e sustentabilidade ambiental (Florianópolis)*, (esp), 628-642. doi: 10.19177/rgsa.v4e02015628-642
- Bello, O. O., & Emetere, M. E. (2020). Progresso e limitação de perovskites inorgânicos sem chumbo para aplicação de células solares. *Solar Energy*, 243, 370-380. doi: 10.1016/j.solener.2022.08.018
- Bevk, T., & Golobič, M. (2020). Os de olho controversos: Percepções das paisagens alteradas por usinas solares na Eslovênia. *Renewable energy*, 152, 999-1010. doi: 10.1016/j.renene.2020.01.108
- Bokelmann, B., & Lessmann, S. (2019). Padrões espúrios nos dados do Google Trends-Uma análise dos efeitos sobre a previsão da demanda turística na Alemanha. *Gestão do turismo*, 75, 1-12. doi: 10.1016/j.tourman.2019.04.015
- Costa, B. R. L. (2018). Bola de Neve Virtual: O Uso das Redes Sociais Virtuais no Processo de Coleta de Dados de uma Pesquisa Científica. *Revista Interdisciplinar De Gestão Social*, 7(1), 15-37. doi:10.9771/23172428rigs.v7i1.24649
- D'Amorim, K. S., Cruz, R. W. R., Silva, M. L., & Correia, A. E. G. C. (2020). Os dados ao conhecimento: tendências da produção científica sobre Big Data na Ciência da Informação no Brasil. *Revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação*, 25, 1-23. doi:10.5007/1518-2924.2020.e70527
- Dhar, A., Naeth, M. A., Jennings P. D., & Gamal, El-Din M. (2020) Perspectivas sobre impactos ambientais e uma estratégia de recuperação de terras para sistemas de energia solar e eólica. *Science of the total environment*, 718, 134602. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.134602
- Enelgreenpower. (2017). *Brasil: A EGP inaugura o Parque Solar Lapa*. *Enelgreenpower*. <https://www.enelgreenpower.com/pt/midias/news/2017/10/brasil-egp-inaugura-parque-solar-lapa/>

- Fávero, L. P., & Belfiore, P. (2017). *Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com excel®, SPSS® e Stata®*. Elsevier.
- Giannetti, B.F.; Agostinho, F.; Cabello Eras, J.J.; Yang, Z., & Almeida, C.M.V.B. (2020). Produção mais limpa para alcançar os objetivos de desenvolvimento sustentável. *Revista de Produção Mais Limpa*, 271, 1-9. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.122127
- Ghadikolaie, S. S. C. (2021). Uma revisão ambiental do efeito da tecnologia de resfriamento de células fotovoltaicas solares na redução das emissões de CO₂. *Solar Energy*, 232, 468-492. doi: 10.1016/j.solener.2021.01.016
- Guerin, T. (2017). Um estudo de caso identificando e mitigando os impactos ambientais e comunitários da construção de uma usina solar fotovoltaica em escala de utilidade no Leste. *Solar Energy*, 146, 94-104. doi: 10.1016/j.solener.2017.02.020
- Hine, C., Parreiras, C., & Lins, B. A. (2020). A internet 3E: uma internet incorporada, corporificada e cotidiana. *Cadernos De Campo (São Paulo - 1991)*, 29(2), e 181370. doi: 10.11606/issn.2316-9133.v29i2pe181370
- Ihaddadene, R.; El hassan Jed, M.; Ihaddadene, N., & Souza, A. de. (2022). Avaliação analítica do desempenho da planta fotovoltaica ain skhouna conectada à rede sob um clima semiárido na argélia. *Solar Energy*, v. 232, 52-62. doi: 10.1016/j.solener.2021.12.055.
- Lima, P. T. D.; Mariano Neto, M., & Abrahão, R. (2022). Análise dos processos de avaliação de impacto ambiental em usinas fotovoltaicas no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15 (3), 1260-1273. doi:10.26848/rbgf.v15.3.p1260-1273
- Lincot, D. (2017). O novo paradigma da energia fotovoltaica: da alimentação de satélites à alimentação da humanidade. *Comptes rendus physique*, 18 (7-8), 381-390. doi:10.1016/j.crhy.2017.09.003
- Luan, C., Sun, X., & Wang, Y. (2021). Forças motrizes da inovação e evolução da tecnologia de energia solar. *Jornal de Produção Mais Limpa*, 287, 125019. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.125019
- Mancuso, A. C. B., Castro, S. M. J., Guimarães, L. S. P., Leotti, V. B.; Hirakata, V. N., & Camey, S. A. (2019). Estatística Descritiva: Perguntas que você sempre quis fazer, mas nunca teve coragem. *Clinical & Biomedical Research*, 38(4), 414-418. doi: 10.4322/2357-9730.89242
- Marconi, M. A., & Lakatos, E. M. (2021). *Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados*. (9th ed.). São Paulo: Atlas.
- Matamala, C., Moreno, R., Sauma, E., Calabrese, J., & Osses, P. (2021). Por que a redução das externalidades socioambientais das expansões do sistema elétrico pode impulsionar o desenvolvimento da geração de energia solar: o caso do Chile. *Solar Energy*, 217, 58-69. doi: 10.1016/j.solener.2021.01.034
- Mertens, K. (2018). *Fotovoltaica: Fundamentos, Tecnologia e Prática*. (2ª ed.). Hoboken: Wiley.
- Moraes, T. P. B. de., & Santos, R. M. (2013). Os Protestos no Brasil. Um estudo sobre as pesquisas na web e o caso da Primavera Brasileira. *Revista Internacional de Pesquisa em Ciências Sociais (Montevideo)*, 9 (2), 193-206. Recuperado de: <http://revistacientifica.uaa.edu.py/index.php/riics/article/view/177/174/>
- Myyas, N. M., Al- Dabbasa, M., Tostado-Véliz, M., & Jurado, F. (2022). Um novo mecanismo de limpeza do painel solar para melhorar o desempenho e a captação de água da chuva. *Solar Energy*, 237, 19-28. doi: 10.1016/j.solener.2022.03.068
- Nordberg, E. J., Caley, M. J., & Schwarzkopf, L. (2021). Projetando fazendas solares para resultados comerciais e de conservação sinérgicos. *Solar Energy*, 228, 586-593. doi: 10.1016/j.solener.2021.09.090
- Oteng, D., Zuo, J., & Sharife, E. (2021). Uma revisão cientométrica das tendências na pesquisa de gerenciamento de resíduos solares fotovoltaicos. *Solar Energy*, 224, 545-562. doi: 10.1016/j.solener.2021.06.036
- Otonelli, J., Cruz, U. B., Rosa, A. C., & Andrade, J. C. S. (2021). Oportunidades e Desafios do Setor de Energia Solar Fotovoltaica no Brasil. *Revista Econômica do Nordeste (Fortaleza)*, 52(4), 8-26. Recuperado de: <https://www.bnb.gov.br/revista/index.php/ren/article/view/1199/905/>
- Pessi, D. D., Diodato, M. A., Silva, N. M. da., Grigio, A. M., Mioto, C. L., Ribeiro, V. O., & Paranhos Filho, A. C. (2021). Geotecnologia e mudanças climáticas na vegetação de altitude. *Research, Society and Development*, 10(8), e58710817657. doi: 10.33448/rsd-v10i8.17657
- Pouladian-kari, A.; Eslami, S.; Tadjik, A.; Kirchner, L.; Pouladian-kari, R.; & Golshanfard, A. (2022). Uma nova solução para resolver o problema da sujidade e melhorar o desempenho dos sistemas solares fotovoltaicos. *Solar Energy*, 241, 315-326. doi: 10.1016/j.solener.2022.06.012
- Prais, J. L. S.; & Rosa, V. F. da (2017). Nuvem de palavras e mapa conceitual: estratégias e recursos tecnológicos na prática pedagógica. *Nuances: estudos sobre Educação (Presidente Prudente, SP)*, 28(1), 201-219. doi: 10.14572/nuances.v28i1.4833
- Proinfa - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (2002). *Lei nº 10.438/2002*. <https://esferaenergia.com.br/blog/mercado-livre-energia/proinfa/>
- Rautenberg, S., & Carmo, P. R. V. (2019). Big data e ciência de dados. *Revista Brasileira de Ciência da Informação*, 13(1), 56-67. <http://hdl.handle.net/20.500.11959/brapci/111609/>
- Reference Framework of Competences for Democratic Culture – Volume 1. Descriptors – Their uses and purposes. Recuperado de: <https://rm.coe.int/descriptors-their-uses-and-purposes-reference-framework-of-competences/1680996e08/>
- Ren21 - Renováveis Agora. (2021). *Relatório de status global de energias renováveis*. Paris: REN21. https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2021_Full_Report.pdf
- Ridelenski, M. C. (2021). A sustentabilidade ambiental de projetos de sucesso com diferentes alternativas de energia. *Research, Society and Development*, 10(11), e194101118380. doi: 10.33448/rsd-v10i11.18380

- Rivera, R. (2016). Um modelo linear dinâmico para prever registros de hotéis em Porto Rico usando dados do Google Trends. *Gestão do Turismo*, 57, 12-20. doi: 10.1016/j.tourman.2016.04.008
- Souza, S. F. M. A., Silva, J. S. da., Novais, R. L., Carneiro, R. K., & Medina, P. L. I. (2022). Uma análise visual dos principais locais de produção de energia solar no estado da Bahia. *Research, Society and Development*, 11(5), e32111528240. doi: 10.33448/rsd-v11i5.28240
- Sreenath, S., Sudhakar, K., & Yusop, A.F. (2021). Solar PV no ambiente do aeroporto: uma revisão das abordagens e métricas de avaliação de ofuscamento. *Solar Energy*, 216, 439-451. doi: 10.1016/j.solener.2021.01.023
- Tobosque, P., Maril, P.A., Salvo, C., Cabello-Guzmán, G., Astaburuaga, E., Morán, L., & Carrasco, C. (2022). Condições áridas extremas: associação entre características de sujidade, perda de transmitância e condições climáticas. *Solar Energy*, 240, 13-26. doi: 10.1016/j.solener.2022.05.020
- Tolmasquim, M. T. (2016). Energia renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética. Recuperadoem:<https://www.epe.gov.br/sites/pt/publicacoesdadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao172/Energia%20Renov%C3%A1vel%20-%20Online%2016maio2016.pdf>
- Turney, D. & Vasilis, F. (2011). Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (15), 6, 3261-3270. doi:10.1016/j.rser.2011.04.023.
- Vian, A., Tahan, C. M. V., Aguilar, G. J. R., Gouvea, M. R., & Gemignani, M. M. F. (2021). *Energia solar: fundamentos, tecnologia e aplicações*. (1th ed.). São Paulo: Editora Edgard Blücher.
- Vilela, R. B., Ribeiro, A., & Batista, N. A. (2020). Nuvem de palavras como ferramenta de análise de conteúdo: Uma aplicação aos desafios do mestrado profissional em ensino na saúde. *Millenium - Journal of Education, Technologies, and Health*, 2(11), 29-36. doi: 10.29352/mill0211.03.00230
- Vural, G. (2020). Como a produção, comércio, energia renovável e energia não renovável impactam as emissões de carbono em países selecionados da África Subsaariana? *Resources Policy*, 69, 101840. doi: 10.1016/j.resourpol.2020.101840
- Xiao, J., Ye D., Xie X., Yao Z., Qu J., & Liu B (2022). Simulação numérica do fluxo de ar na maior usina de energia solar concentrada do mundo em uma região desértica. *Solar Energy*, 232, 421-432. doi: 10.1016/j.solener.2022.01.005
- Yang, M., Wang, Z., Yang, J., Yuan, G., Wang, W., & Shi, W. (2022). Análise termoeconômica de usina de aquecimento solar com armazenamento térmico sazonal no norte da China. *Solar Energy*, 232, 212-231. doi: 10.1016/j.solener.2021.12.034
- Younis, A., & Alhorr, Y. (2021). Modelagem dos efeitos da sujidade de poeira no desempenho solar fotovoltaico: uma revisão. *Solar Energy*, 220, 1074-1088. doi: 10.1016/j.solener.2021.04.011
- Wang, J., Nie, J., Jia, J., Su, H., Tian, R., Yan, S., & Gao, H. (2022). Otimização estrutural para reduzir a influência negativa do vento cruzado ambiental no desempenho de um sistema de usina de energia solar com chaminé. *Solar Energy*, 241, 693-711. doi: 10.1016/j.solener.2022.06.015