



25 a 28
setembro
2024
Campus Central UEPG
Ponta Grossa | PR

Explorando as Interseções das Inteligências
Artificiais na Sociedade Atual

Realização:



Apoio:



COMTURPG

POLÍTICAS DE INCENTIVO AO ACESSO À ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICO *OFF-GRID* EM
PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO: UM ESTUDO POR REVISÃO SISTEMÁTICA

INCENTIVE POLICIES FOR ACCESS TO *OFF-GRID* PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY IN DEVELOPING COUNTRIES: A STUDY BY SYSTEMATIC REVIEW

ÁREA TEMÁTICA: ENSINO E APRENDIZAGEM EM ADMINISTRAÇÃO

André Maputa, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil, E-mail: andre.maputa@posgrad.ufsc.br
Caroline Rodrigues Vaz, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil, E-mail: caroline.vaz@ufsc.br
Maurício Uriona Maldonado, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil, E-mail: m.uriana@ufsc.br

Resumo

Este artigo tem como objetivo realizar um levantamento de bases de dados para identificar abordagens sobre políticas de incentivo ao acesso à energia solar *off-grid* em países em desenvolvimento. Realizou-se uma busca nos bancos de dados Scopus e Web of Science em abril de 2024, através de *string Off-grid photovoltaic system OR photovoltaic Cells OR Solar power generation OR photovoltaic system OR off-grids OR PV OR photovoltaic modules OR photovoltaic panels AND "Developing country" AND electric infrastructure OR electric energy*. A busca resultou a identificação de 1.389 artigos brutos, após limitar os documentos "articles" resultou 985 artigos. Concluiu-se, com base nas discussões revistas, que não há consenso sobre se o acesso à energia elétrica pode ser melhorado com políticas de incentivo a sistemas fotovoltaicos *off-grid* em países em desenvolvimento. Uma limitação desse estudo é o uso de bases de dados cinzentas para a extração de palavras-chave, o que foi utilizado para gerar figuras de co-ocorrência de palavras-chave, índice de citação e tabelas para analisar rankings em termos de número de citações. Para trabalhos futuros, sugere-se realizar estudos que explorem se os sistemas fotovoltaicos podem se tornar uma solução viável para o acesso massificado à energia em áreas não conectadas à rede elétrica nacional. Esses estudos devem analisar, por um lado, se as políticas adotadas em países em desenvolvimento incentivam a participação do setor privado na expansão de sistemas fotovoltaicos *off-grid*.

Palavras-chave: energia solar fotovoltaico; *off-grid*; países em desenvolvimento; políticas de incentivo.

Abstract

This article aims to conduct a database survey to identify approaches to policies to encourage access to off-grid solar energy in developing countries. A search was carried out in the Scopus and Web of Science databases in April 2024, using the string Off-grid photovoltaic system OR photovoltaic Cells OR Solar power generation OR photovoltaic system OR off-grids OR PV OR photovoltaic modules OR photovoltaic panels AND "Developing country" AND electric infrastructure OR electric energy. The search resulted in the identification of 1,389 raw articles, after limiting the documents "articles" resulted in 985 articles. It was concluded, based on the reviewed discussions, that there is no consensus on whether access to electrical energy can be improved with policies to encourage off-grid photovoltaic systems in developing countries. A limitation of this study is the use of gray databases for keyword extraction, which was used to generate keyword co-occurrence figures, citation index and tables to analyze rankings in terms of number of citations. For future work, it is suggested to carry out studies that explore whether photovoltaic systems can become a viable solution for mass access to energy in areas not

connected to the national electricity grid. These studies must analyze, on the one hand, whether policies adopted in developing countries encourage private sector participation in the expansion of off-grid photovoltaic systems.

Keywords: *photovoltaic solar energy; off-grid; developing countries; incentive policies.*

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, houve uma introdução significativa de tecnologias fora da rede para reduzir a problemática dependência das fontes tradicionais, devido à falta de energia fiável, sustentável e acessível. Contudo, considera-se que atualmente 26,5% da eletricidade consumida no mundo provém de fontes renováveis, com uma participação de 1,9% proveniente da energia solar. Esta tendência tem mostrado um crescimento constante nos últimos anos, impulsionada pela adoção de geração de eletricidade em pequena escala fora da rede. Em 2017, o subsector de energia solar fotovoltaica registrou um aumento considerável na capacidade de geração de eletricidade em comparação com outras fontes tecnológicas. Os países que se destacaram nesse ano incluem China, Estados Unidos, Japão e Turquia, embora todos os continentes tenham testemunhado um aumento na capacidade instalada, com pelo menos 1 GW adicionado até o final do ano de 2017 (Almeshqab & Ustun, 2019; Ayomidotun et al., 2022; Islam et al., 2018; Liu et al., 2010; Petry et al., 2020)

Outros estudos alinhados aos autores mencionados abordam que, entre os anos de 2007 a 2017, registrou-se uma evolução em termos da capacidade global de geração elétrica fotovoltaica. Durante esse período, países como China, Estados Unidos, Japão, Alemanha e Itália lideraram em termos de capacidade instalada, alcançando aproximadamente 402 GW de produção elétrica fotovoltaica em 2017. A China, em particular, destacou-se ao considerar a geração de energia renovável uma opção crucial. O Brasil também teve um aumento notável, passando de 0,2 GW em 2016 para 1,1 GW em 2017 (Bhattacharya & Kojima, 2012; Cong, 2013; Petry et al., 2020; Shaahid & Elhadidy, 2007).

No entanto, é considerado que uma das formas de incrementar a taxa de produção de energia nos países em desenvolvimento é a adoção de (SHS do inglês Solar Home Systems) devido à sua aparente relação custo-eficácia, uma vez que a maioria dos agregados familiares não eletrificados estão em áreas rurais e periurbanas remotas, onde o acesso à rede é financeiramente inviável. Entretanto, muitas populações não conseguem adotá-los por entender que são superdimensionados, resultando na subutilização da energia gerada durante o pico solar diário. Embora haja avanços no desenvolvimento dessas tecnologias, o potencial solar proporciona uma base sólida para a implementação de sistemas solares confiáveis para suprir a demanda elétrica de áreas remotas. No entanto, falta compreensão sobre os impactos da interconectividade nas comunidades, especialmente na região da África Subsaariana, devido às particularidades das topologias das aldeias e à tecnologia SHS. Os potenciais níveis de demanda elétrica podem ser significativamente diferentes de outros países (Azimoh et al., 2016; Bilich et al., 2017; Kenfack et al., 2009; Rabetanetiarimanana et al., 2018; Shaahid & Elhadidy, 2007; Stewart et al., 2022)

Os autores sustentam que vários países em desenvolvimento enfrentam grandes desafios associados à falta de financiamento para a expansão das infraestruturas do setor elétrico. Nesse contexto, os sistemas solares fotovoltaicos (PV) – emergem pode ser uma alternativa eficaz para fornecer acesso à energia em áreas rurais e contribuir para a realização do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7 das Nações Unidas (ODS7).

Estudos recentes afirmam que, apesar do elevado potencial, a implementação da geração de eletricidade fotovoltaica permanece insignificante, e o número de acesso à energia solar fotovoltaico *off-grid* em países em desenvolvimento continua aquém do desejado. Em 2016, cerca de 73 agregados familiares tinham acesso a painéis solares; em 2017, esse número

aumentou para 3.713; em 2018, para 16.750; em 2019, para 21.776; e em 2020, para 46.855 agregados familiares com acesso aos painéis solares. Os sistemas fotovoltaicos off-grid domésticos é uma solução a longo prazo para o alargamento de acesso à energia em zonas remotas (Bernal-Agustín & Dufo-López, 2009; Erdinc & Uzunoglu, 2012; Tetra Tech International Development, 2021; Upadhyay & Sharma, 2018; Zebra et al., 2021)

Portanto, isso exige dos governos não apenas a (re) definição de políticas que viabilizem o acesso à energia solar fotovoltaica e reduzam os custos de instalação dos sistemas fotovoltaicos, mas também a mobilização de recursos que possam contribuir para a expansão dos sistemas fotovoltaicos fora da rede.

Nesse sentido, a literatura revisada mostrou diversas abordagens atreladas aos sistemas fotovoltaicos *on-grid*, *off-grid* e eletrificação. Este estudo se concentra em identificar abordagens específicas sobre políticas de incentivo ao acesso à energia solar fotovoltaico *off-grid* em países em desenvolvimento, contribuindo assim para o avanço desta pesquisa. A metodologia utilizada para este estudo segue o protocolo de uma revisão sistemática, conforme descrito no Capítulo II deste estudo.

O objetivo deste estudo é realizar um levantamento de bases de dados para identificar abordagens sobre políticas de incentivo ao acesso à energia solar *off-grid* em países em desenvolvimento. A lacuna a ser respondida é se o acesso à energia elétrica pode ser melhorado com políticas para incentivo a sistemas fotovoltaicos *off-grid* em países em desenvolvimento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A identificação de estudos pertinentes ao problema em questão é feita por meio da aplicação de métodos explícitos e sistematizados de busca; avaliação da qualidade e validade dos estudos identificados, bem como sua aplicabilidade no contexto representado pelo problema; seleção dos estudos que contribuirão como soluções viáveis para o problema; e síntese das informações para construir hipóteses de pesquisa, conforme métodos da revisão sistemática.

Existem diversos métodos que podem ser adotados para a execução de uma revisão sistemática, com destaque: (i) Integrative Review (IR); (ii) Systematic Mapping Studies (SMS); (iii) Knowledge Development Process – Constructivist (ProKnow-C); e (iv) outros métodos simplesmente chamados de Revisão Sistemática de Literatura (RSL) (Azevedo & Ensslin, 2020).

2.1 Definição da pergunta de pesquisa

Destaca-se que uma revisão sistemática, para ser bem-sucedida, requer uma pergunta ou questão bem formulada e clara. Uma pergunta de pesquisa, criada para investigar a relação entre dois ou mais elementos, é composta por diversos componentes ou eixos de pesquisa. O método utilizado em um estudo representa um acrônimo que se enquadra em um determinado problema da pesquisa, Intervenção, Comparação e “Outcomes” (desfecho) (Azevedo & Ensslin, 2020). No entanto, para este estudo, foi adotado o método PICO, e os operadores de busca foram utilizados para combinar os termos de pesquisa com diferentes finalidades. Os operadores utilizados neste estudo foram os booleanos como “AND”, que permitiu a restrição da pesquisa para fazer a intersecção dos conjuntos de documentos que possuem todos os termos combinados, e “OR”, que permitiu a ampliação da pesquisa, conforme ilustra o Quadro a seguir.

Objetivos/ problema		Se o acesso à energia elétrica pode ser melhorado com políticas para incentivo a sistemas fotovoltaicos <i>off-grid</i> em países em desenvolvimento.	
	P	I	Co
Extração	Pessoas com acesso à energia elétrica, do sistema off-grid, painéis solares; e infraestrutura elétrica	(Re) formulação de políticas de incentivos ao sistema fotovoltaico off grid	Países em desenvolvimento
Conversão	Infraestrutura elétrica; Energia elétrica	(Re) formulação de políticas de incentivos ao sistema fotovoltaico off-grid	Países em desenvolvimento
Combinação	electric infrastructure; electric energy	Off-grid photovoltaic system; photovoltaic Cells; Solar power generation; photovoltaic system; off-grids ; PV; photovoltaic modules; photovoltaic panels	Developing country
Construção	electric infrastructure OR electric energy	Off-grid photovoltaic system OR photovoltaic Cells OR Solar power generation OR photovoltaic system OR off-grids OR PV OR photovoltaic modules OR photovoltaic panels	“Developing country”
Uso	Off-grid photovoltaic system OR photovoltaic system OR off-grids OR PV OR photovoltaic modules OR photovoltaic panels AND “Developing country”	Off-grid photovoltaic system OR photovoltaic Cells OR Solar power generation OR photovoltaic system OR off-grids OR PV OR photovoltaic modules OR photovoltaic panels	AND electric infrastructure OR electric energy.

Quadro 1 – Formulação da pergunta de pesquisa

2.2 Protocolo e registro

Neste ponto de estudo, será abordado o processo de elegibilidade dos documentos identificados nas bases de dados que compõem o embasamento deste trabalho, utilizando o protocolo PRISMA.

2.2.1 Extração de documentos

O processo de extração de documentos das bases de dados segue várias etapas antes da realização da busca, as quais o pesquisador pode seguir começando pela formulação do tema, objetivo ou problema da pesquisa, e a definição do método a ser utilizado, por exemplo, o método PICO. Essas etapas incluem extração, combinação, conversão, construção e uso, conforme descrito no quadro acima na Figura 01. Essa etapa é considerada mais simples no processo geral, uma vez que, após identificar que um determinado artigo está totalmente alinhado com os objetivos da pesquisa (pergunta de pesquisa), basta obter o artigo na íntegra e registrar suas informações, como: autor, data de publicação, tipo de estudo, características da amostra, exposição ou intervenção, entre outros aspectos (Azevedo & Ensslin, 2020).

Os autores sustentam que a utilização de acrônimos, como PICO, constitui uma técnica de decomposição da pergunta de pesquisa em termos de busca que irão orientar a pesquisa na literatura. Diante disso, o anagrama foi desenvolvido para a área específica e é tão eficaz quanto qualquer outra técnica que possibilite identificar os termos de busca mais adequados para a pesquisa.

Muitos autores recomendam que esse processo seja realizado utilizando *softwares* específicos, como o *EndNote* e o *Mendeley*, que não apenas fornecem recursos avançados que facilitam a importação, catalogação e recuperação de informações, mas também permitem o acesso ao texto integral dos textos científicos quando disponível nas bases de dados. Esses *softwares* gerenciadores de referências incluem destacados como BibTex, RefWorks e Medlars (Azevedo & Ensslin, 2020).

Para este estudo, foram utilizadas as bases de dados Scopus, Web of Science, outras fontes cinzentas para a extração de documentos que compuseram a discussão da temática e usou o Software Mendeley para gerenciamento de referências.

2.3 Elegibilidade

- **Critérios de inclusão:** estudos revisados consideram os critérios de inclusão como um conjunto de variáveis ou características (condições) que podem assumir valores distintos (não são constantes) que determinam se um material ou indivíduo seja incluído na pesquisa (Lucietto et al., 2022). No entanto, os critérios de inclusão utilizados neste estudo são os seguintes: todos os trabalhos relacionados a políticas e incentivos no sistema PV *off-grid*; todos os trabalhos relacionados a infraestruturas elétricas; todos os trabalhos relacionados a países em desenvolvimento; e todos os trabalhos relacionados a engenharia, energia, estudos multidisciplinares e business.
- **Critérios de exclusão:** critérios de exclusão são aquelas variáveis ou as características que impossibilitam um material ou indivíduo de participar da investigação, ou seja, são condições que resultariam na exclusão mesmo que o material preenchesse os critérios de inclusão. É importante destacar que os critérios de exclusão não são simplesmente a negação dos critérios de inclusão, mas sim condições específicas que inviabilizam a participação na pesquisa (Lucietto et al., 2022).

Neste estudo, os critérios de exclusão adotados incluem: todos os trabalhos que não abordem políticas ou incentivos no sistema PV *off-grid*; todos os trabalhos que não abordem sobre infraestruturas elétricas; todos os trabalhos que não abordem sobre países em desenvolvimento; e todos os trabalhos que não estejam relacionados a engenharia, energia, estudos multidisciplinares e business.

2.4 Informação e estratégia de busca

A literatura analisada enfatiza que o pesquisador precisa primeiro pensar e questionar-se sobre as estratégias de busca, incluindo onde pesquisar, o que pesquisar e quando pesquisar. “Onde pesquisar” aborda a seleção das bases de dados que serão acessadas para a pesquisa. “O que pesquisar” remete ao objeto da pesquisa e aos tipos de documentos a serem buscados (como artigos, artigos de revisão, livros, artigos de congressos, entre outros). “Quando pesquisar” refere-se à faixa temporal que delimita a busca (Azevedo & Ensslin, 2020).

Para este estudo, usou-se a seguinte *string* de busca: *Off-grid photovoltaic system OR photovoltaic Cells OR Solar power generation OR photovoltaic system OR off-grids OR PV OR photovoltaic modules OR photovoltaic panels AND “Developing country” AND electric infrastructure OR electric energy*. Essa estratégia de busca foi adotada com o objetivo de identificar artigos, artigos de revisão, documentos institucionais, artigos da área de engenharia, energia, multidisciplinar, business que discutem políticas de incentivo ao acesso à energia solar fotovoltaico *off-grid* em países em desenvolvimento. O objetivo era reconhecer materiais relevantes sobre o tema em estudo nos periódicos científicos e bancos de dados cinzentos.

A busca pelos artigos brutos ocorreu em março de 2024, sem restrição quanto ao período de publicação, com o entendimento de que documentos relevantes poderiam ser identificados mesmo que tivessem mais de 10 anos.

2.5 Seleção de estudos

Refere que a seleção dos artigos representa o processo de aplicar os critérios definidos anteriormente nas bases de dados e selecionar, entre os artigos resultantes, os que estiverem alinhados com o objetivo da pesquisa. Esse processo simples pode ser conduzido de pelo menos duas formas: executando a pesquisa por meio da interface do Periódico CAPES ou diretamente na base de dados. A maioria dos pesquisadores sugere o acesso direto às bases (coleções) de dados, utilizando o acesso remoto via café (Azevedo & Ensslin, 2020). Os autores sustentam que o acesso direto às bases de dados oferece facilidades para a filtragem dos resultados, como os filtros mostrados na Tabela 1. No entanto, qualquer critério pode ser utilizado como auxiliar para uma filtragem inicial dos resultados.

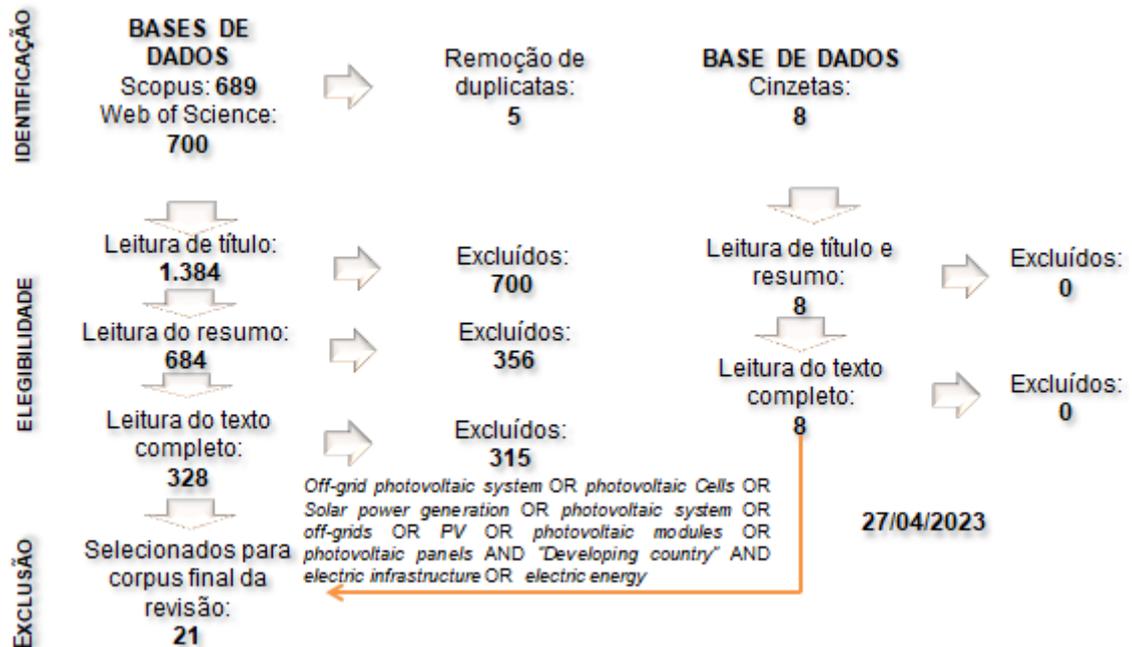


Tabela 1 – Protocolo da pesquisa

Ademais, o estudo seguiu todo o processo completo, desde a definição do tema até a análise dos documentos identificados. Isso resultou na identificação de 1.401 documentos nas três bases de dados como Scopus, Web Science e banco de dados cinzentas. Em seguida, foi realizado o trabalho de elegibilidade conforme os critérios de inclusão e exclusão descritos na sessão 2.2 deste estudo. Ao final, um total de 25 documentos foram selecionados para estudo.

2.6 Processo de coleta

Estudos consideram que o processo de coleta de dados visa capturar informações de natureza primária ou secundária, utilizando uma variedade de técnicas de estudo. Pode-se destacar, por exemplo, na pesquisa quantitativa, que o processo de coleta de dados refere-se às variáveis, as quais são condições e características dos participantes da pesquisa e podem assumir valores diferentes. Enquanto na pesquisa qualitativa basicamente não se utiliza o termo “variável”, e os dados são coletados por meio de técnicas que os distribuem em categorias mutuamente exclusivas (Winques, 2022).

No entanto, para este estudo, realizou-se a coleta de dados a partir dos bancos de dados previamente identificados, como Scopus, Web Science e bases cinzentas, o que resultou na extração de 1.401 documentos, conforme ilustrado na Figura 3 abaixo.

Nos filtros dos bancos de dados, utilizou-se o critério de seleção “somente artigos” em inglês e português, além de revisões publicadas em periódicos científicos e em bases de dados como Scopus, Web Science e bases cinzentas. A delimitação do estudo considerou sobretudo os artigos em inglês e português, dado que periódicos científicos e bancos de dados tendem a apresentar predominantemente artigos em língua inglesa, com uma presença limitada de artigos em língua portuguesa. Contudo, é prática comum incluir artigos em língua vernácula nos periódicos, incrementando a abrangência de leitores. Durante a filtragem dos artigos brutos nessa etapa da pesquisa, foram excluídos todos os documentos que não abordam políticas de incentivos, sistemas *off-grid*, países em desenvolvimento, ou que não pertencem às áreas de engenharia, energia, business e estudos multidisciplinares.

2.7 Risco de viés

A análise de risco de viés é um processo que consiste não apenas na avaliação do risco de viés/qualidade metodológica, mas também da aplicabilidade de ferramentas comumente utilizadas para apresentar os resultados dessa análise e sua incorporação nas conclusões de uma revisão sistemática de estudos. Entretanto, não se pretende esgotar o assunto sobre ferramentas de avaliação de qualidade metodológica e risco de viés, nem abordar todas as ferramentas disponíveis para análise nesse contexto.

Neste estudo foi realizada uma avaliação criteriosa da qualidade metodológica e do risco de viés a partir de um checklist no software PARSIFAL conforme o Quadro abaixo, com o escore mínimo de 4.9. Isso permitiu obter resultados que foram analisados por pares, visando evitar qualquer viés na interpretação dos dados. Portanto, esse trabalho contribuiu para a seleção dos documentos que compuseram o embasamento teórico do estudo.

N	Checklist	Fonte
1	O artigo traz abordagem sobre energia elétrica?	Autor
2	O artigo é relevante para pesquisa?	Autor
3	O artigo descreve aspecto teórico detalhado?	Autor
4	O artigo traz uma abordagem clara?	Autor
5	O artigo traz abordagem de países em desenvolvimento?	Autor
6	O artigo traz abordagem sobre painéis solares fotovoltaicos?	Autor
7	O artigo traz abordagem sobre sistemas fotovoltaicos <i>off-grid</i> ?	Autor
8	O artigo traz abordagem sobre infraestrutura elétrica?	Autor
9	O artigo traz abordagem sobre política de incentivo do setor elétrico em países em desenvolvimento?	Autor
10	O artigo se enquadra numa das seguintes áreas: engenharia, energia, business e multidisciplinar?	Autor

Quadro 2 – Checklist da análise de viés

3 RESULTADOS

Destaca-se que a busca foi realizada nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, utilizando os operadores booleanos mencionados no ponto 2.3 deste estudo. Disso, a pesquisa inicial resultou na identificação de 1389 artigos brutos, que, após refinamento para incluir apenas “*articles*” resultou em 985 artigos.

Dos 985 documentos identificados na busca, foram classificados da seguinte forma: 651 artigos de periódicos, 246 congressos, 56 análises, 17 capítulos de livros, 5 revisões de conferências, 5 livros, 3 pesquisas breves e, por fim, 2 editoriais. Nos documentos

identificados nos *Scopus*, os idiomas são: inglês (900), indefinido (10), chinês (2), francês (2), alemão (1) japonês (1) e russo (1). Nos documentos identificados no *Web of Science*, os idiomas são: inglês (1023) português (14), espanhol (8), alemão (5), polonês (5), holandês (3), francês (2) e húngaro (1).

A Figura 1 mostra a quantidade de documentos discriminados e/ou distribuídos por ano de publicação e área de conhecimento, conforme as linhas. Pode-se verificar que há 30 anos de pesquisa nessa área em análise, destacando que o primeiro trabalho científico publicado sobre energias renováveis foi anterior a 1994, pelo autor francês Alexandre Edmond Becquerel. Ele formulou a teoria do efeito fotovoltaico, que foi posteriormente desenvolvida por “Schottky”, culminando na criação da primeira célula fotovoltaica prática de mono-silício alguns anos depois.

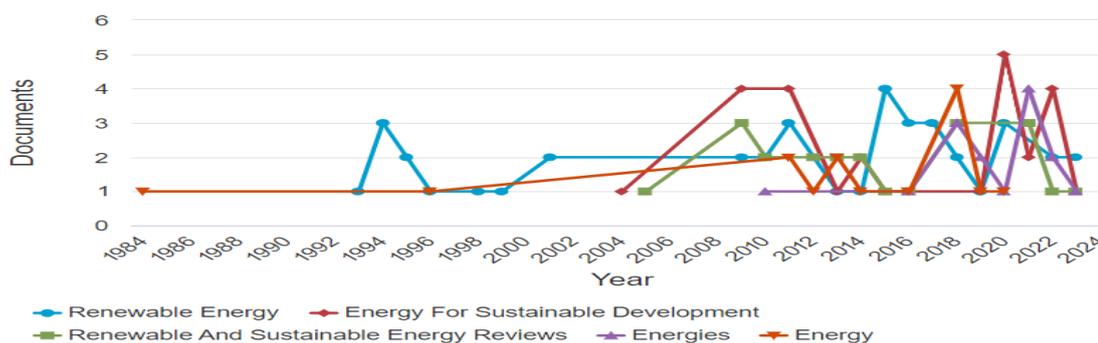


Figura 1 – Evolução temporária da publicação

A figura 1 mostra a evolução da pesquisa por área de conhecimento, destacando o crescimento significativo na área de energia a partir de 1984, seguida pela área de energias renováveis, que ganhou destaque antes de 1996. Essa evolução reflete não apenas o crescente interesse e a relevância pelos temas no cenário mundial, mas também as legislações adotadas por diversos países. Essas regulamentações contribuem para atender o Objetivo do Desenvolvimento Sustentável 7, que visa garantir o acesso à energia acessível, confiável, sustentável e moderna para todos, além de fomentar a realização de pesquisas nesses campos.

A Tabela 2 apresenta os quinze primeiros autores que se destacam com mais artigos ao longo da busca nos bancos de dados. Os seis autores mais representativos são: Ferrer-Martí (564), Colombo (541), Domenech (452), Mandelli (362), Adaramola (324) e Rizwan (254). Além disso, os seis autores com maior número de citações são: Islam (548), Mandelli (297), Haghghat Mamaghani (282), Liu (198), Venha Zebra (170) e Shaahid e Elhadidy (159).

Ranking	Autor	N/Cit	Ranking	Autor	N. Docu.
SCOPUS/WEB OF SCIENCE			SCOPUS/WEB OF SCIENCE		
1	Islam, M.T. et al	548	1	Ferrer-Martí, L.	564
2	Mandelli, S. et al	297	2	Colombo, E.	541
3	Haghighat Mamaghani, A. et al	282	3	Domenech, B.	452
4	Liu, L.-q. et al	198	4	Mandeli, S.	362
5	Venha Zebra et al	170	5	Adaramola, MS	324
6	Shaahid, S.M., Elhadidy, M.A.	159	6	Rizwan, M.	254
7	Bhattacharyya, S.C.	129	7	Poli, D.	231
8	Kenfack, J. et al	115	8	Micangeli, A.	185
9	Azimoh, C.L. et al	113	9	Merlo, M.	142
10	Cong, R.-G.	112	10	Khan, HA	96
11	Jahangir, M.H., Cheraghi, R.	102	11	Giglioli, R.	65
12	Javadi, F.S. et al	95	12	Fioriti, D.	45
13	Almeshqab, F.; Ustun, T.S.	94	13	Adaramola, MS	36
14	Urmee, T.; Md, A.	93	14	Urpelainen, J.	24
15	Chmiel, Z.; Bhattacharyya, S.C.	91	15	Pastor, R..	24

Tabela 2 – Relação de autores mais representativos (esquerda) e mais citados (direita)

Em termos da relação por centros da pesquisa dos 985 papers identificados na base de bases *Scopus*, 150 instituições estão representadas, enquanto na *Web of Science*, são 200 instituições. A Tabela 3 mostra as dez instituições que se destacam pela quantidade de documentos publicados.

Ranking	Instituição da pesquisa	N/Docum.	N/citação	País
SCOPUS				
1	Politécnico de Milão	17	147	Índia
2	Universitat Politècnica da Catalunya	14	102	Espanha
3	Universidade Nacional de Ciências e Tecnologia	11	82	Paquistão
4	Universidade King Fahd de Petróleo e Minerais	8	51	Indefinido
5	Universidade de Strathclyde	8	43	Reino Unido
6	Universidade de Engenharia e Tecnologia de Bangladesh	8	43	Bangladesh
7	Universidade Sapienza de Roma	8	42	Espanha
8	O Instituto Real de Tecnologia KTH	7	42	Suécia
9	A Universidade de Manchester	7	38	Reino Unido
10	Universidade Norges Teknisk-Naturvitenskapelige	7	32	Noruega
WEB OF SCIENCE				
1	State Grid Corp China	141	28	China
2	Bosch GmbH Roberto	341	22	Alemanha
3	Mitsubishi Electric Corp	260	20	Japão
4	Toyota Jidosha KK	257	20	Japão
5	Instituto de Energia Elétrica da China	251	14	China
6	Siemens AG	245	10	Alemanha
7	Toshiba	203	9	Japão
8	Cônego KK	200	9	Bélgica
9	Univ Energia Elétrica do Norte da China	199	7	China
10	State Grid Sichuan Energia Elétrica Co Ele	194	7	China

Tabela 3 – Relação de centros da pesquisa

Pode-se verificar na Tabela 3 que, no banco de dados *Scopus*, o Politécnico de Milão foi o centro da pesquisa que mais se destacou, apresentando cerca de 17 documentos na amostra, com aproximadamente 147 citações registradas na base de dados. Localizo na Índia, o Politécnico de Milão foi estabelecido em 1853 por um grupo de estudiosos e empresários milaneses. A instituição se organiza em 16 departamentos e uma rede de nove escolas

espalhadas por sete campus. Hoje, é classificada como uma das melhores universidades em engenharia, arquitetura e design industrial na Europa.

A segunda universidade mais destacada, com cerca de 14 documentos na amostra e aproximadamente 102 citações na base de dados, está localizada na Espanha. É a maior universidade técnica da Catalunha e do Estado espanhol em termos de número de alunos graduados internacionais, bem como a universidade espanhola com mais estudantes internacionais de mestrado. Em 2011 foi classificada como a melhor universidade politécnica da Espanha e ficou no 87º lugar no ranking mundial de universidades de engenharia e tecnologia, de acordo com o QS World University Rankings. Além disso, é a primeira universidade europeia em mestrados Erasmus Mundus.

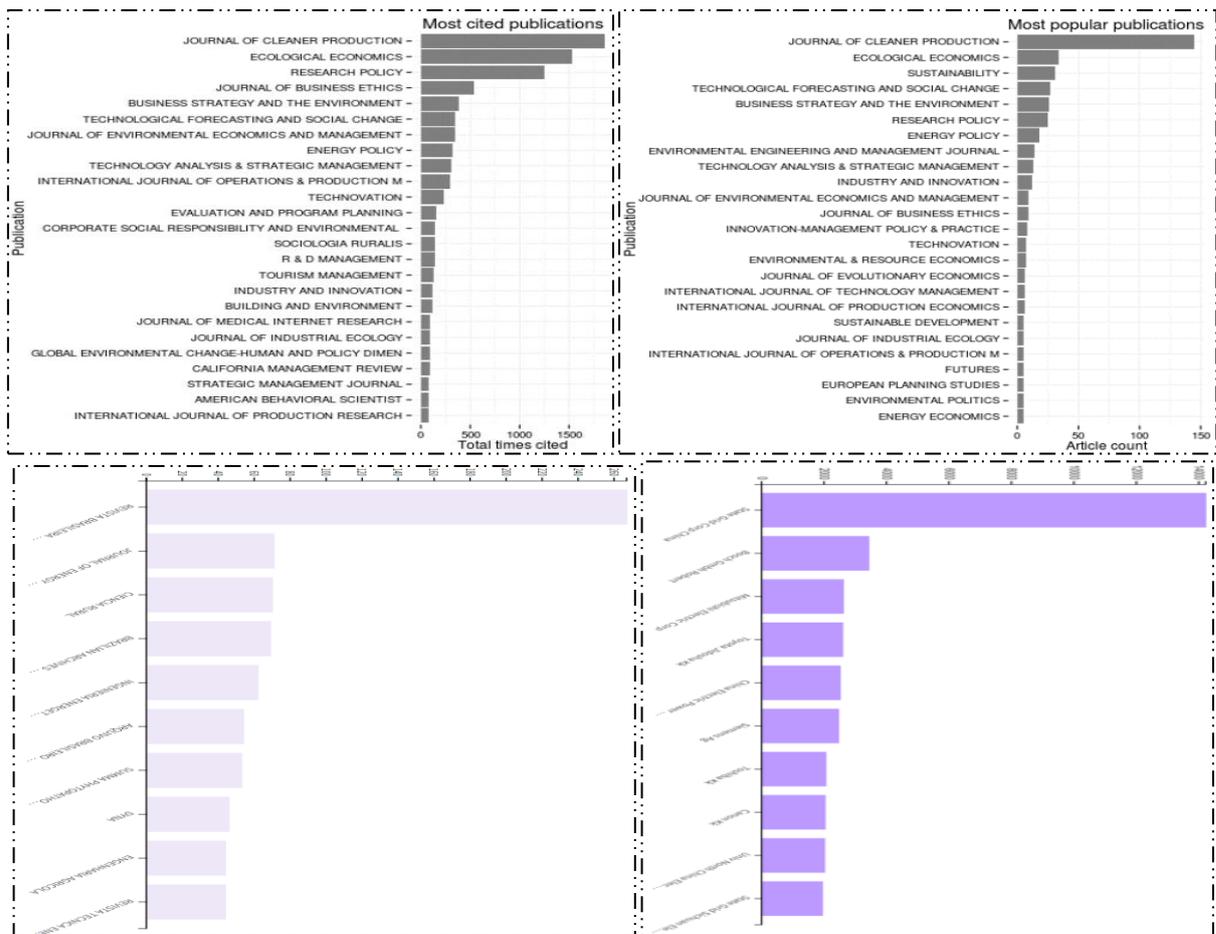


Figura 2 – Relação de periódicos mais citados (esquerda) e representativos (direita)

A Figura 3 abaixo mostra a co-ocorrência de palavras-chave usadas em 985 artigos de autores identificados neste estudo. Formam-se quatro clusters com aproximadamente 5.349 palavras, totalizando cerca de 13.723 links e registrando no mínimo 28 ocorrências cada.

Em termos de representação das cores dos clusters, destaca-se que o cluster azul apresenta uma relação com clusters de capacidade de produção solar, capacidade de radiação solar, sistemas de energia e países em desenvolvimento (clusters amarelo, vermelho e verde). O cluster vermelho apresenta uma relação com clusters de sistemas de energia, *off-grid*, mini-redes, capacidade de geração solar, capacidade de radiação solar, utilidade elétrica, área rural e países em desenvolvimento (clusters verde, amarelo e azul). O cluster amarelo apresenta uma relação com clusters de combustíveis fósseis, política de energia, capacidade de produção solar, capacidade de transmissão elétrica, recursos de energias renováveis, utilidade elétrica e países em desenvolvimento (clusters vermelho, azul e verde). Por fim, o cluster

5	Nhumaio, G.; Faaij, APC	2021	off-grid electrification in developing countries	renovável e sustentável	170
6	Shaahid, S.M., Elhadidy, M.A.	2007	Technical and economic assessment of grid-independent hybrid photovoltaic-diesel-battery power systems for commercial loads in desert environments	Renewable and Sustainable Energy Reviews,	159
7	Bhattacharyya, S.C.	2012	Review of alternative methodologies for analysing off-grid electricity supply	Renewable and Sustainable Energy Reviews	129
8	Kenfack, J., Neirac, F.P., Tatiéte, T.T., ...Fogue, M., Lejeune, A.	2009	Microhydro-PV-hybrid system: Sizing a small hydro-PV-hybrid system for rural electrification in developing countries	Renewable Energy	115
9	Azimoh, C.L.; Klintonberg, P.; Wallin, F.; Karlsson, B.; Mbohwa, C.	2016	Electricity for development: Mini-grid solution for rural electrification in South Africa	Energy Conversion and Management	113
10	Cong, R.-G.	2013	An optimization model for renewable energy generation and its application in China: A perspective of maximum utilization	Renewable and Sustainable Energy Reviews	112
11	Jahangir, M.H., Cheraghi, R.	2020	Economic and environmental assessment of solar-wind-biomass hybrid renewable energy system supplying rural settlement load	Sustainable Energy Technologies and Assessments	102
12	Javadi, F.S.; Rismanchi, B.; Sarraf, M.; Ping, H.W.; Rahim, N.A.	2013	Global policy of rural electrification	Renewable and Sustainable Energy Reviews	95
13	Almeshqab, F.; Ustun, T.S.	2019	Lessons learned from rural electrification initiatives in developing countries: Insights for technical, social, financial and public policy aspects	Renewable and Sustainable Energy Reviews	94

Tabela 4 – Índice de documentos mais citados nas duas bases de dados, *Scopus* e *Web of Science*

Para este estudo, foram identificados oito periódicos mais representativos, sendo eles: *Renewable Energy* (53 citações), *Renewable And Sustainable Energy Reviews* (36 citações), *Energy For Sustainable Development* (33 citações), *Energies* (25 citações), *Energy Policy* (21 citações), *Undefined* (15 citações), *Journal Of Cleaner Production* (15 citações) e *Applied Energy* (15 citações). No entanto, ao longo da busca de documentos nos bancos de dados (Scopus), foram identificados oito periódicos mais representativos em termos de citações, começando por *Energy* (635 citações), *Engineering* (452 citações), *Environmental Science* (194 citações), *Computer Science* (149 citações), *Mathematics* (101 citações), *Social Sciences* (93 citações), *Materials Science* (52 citações) e *Physics and Astronomy* (43 citações).

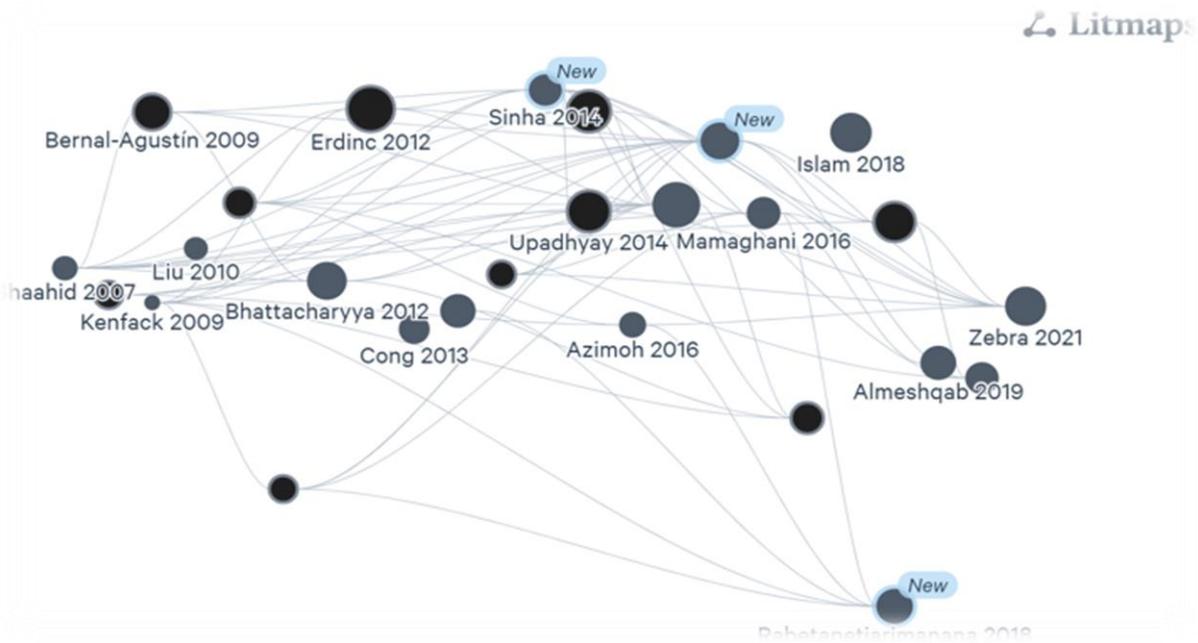


Figura 4 – Histograma de publicação

Podemos destacar o cluster cinzento, composto por 415 artigos. Alguns dos autores mais citados são Erdinc (2012), com cerca de 921 citações, Mamaghan (2016), com cerca de 412 citações, Zebra (2021), com cerca de 254 citações, Liu (2010), com cerca de 197 citações, Bernal-Agustin (2009), com cerca de 154 citações, Shaahid (2007), com cerca de 159 citações, Battacharyya (2012), com cerca de 129 citações, Azimoh (2016), com cerca de 113 citações, entre outros. Portanto, a partir da quantidade de citações apresentadas, podemos inferir que esses autores têm sido abordados em relação aos sistemas de energia solar fotovoltaica ou *off-grid*.

O cluster preto, composto por 365 artigos, destaca-se por autores com maior número de citações, como Islam (2018), com cerca de 548 citações, Upadhyay (2014), com cerca de 404 citações, Zebra (2021), com cerca de 258 citações, Haghighat (2019), com cerca de 282 citações, entre outros. No entanto, são autores que abordam temas relacionados à fotovoltaica e políticas em países em desenvolvimento.

As linhas verticais que conectam os autores representam a contagem de citações, enquanto as linhas oblíquas que a Figura 7 apresenta, ligando um autor a outro, representam a contagem das referências. Por outro lado, as linhas horizontais mostradas na figura, conectando um autor a outro, representam o período de publicação dos papers dos autores. Além disso, as bolinhas de cor preta simbolizam a contagem das referências, enquanto as de cor cinza simbolizam as citações de um autor com outro.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo tem como objetivo realizar um levantamento de bases de dados para identificar abordagens sobre políticas de incentivo ao acesso à energia solar *off-grid* em países em desenvolvimento. Os estudos da área de energia solar fotovoltaica iniciaram há 30 anos de história. Destaca-se que o primeiro trabalho científico publicado da área de energias renováveis foi anterior 1994, pelo autor francês Alexandre Edmond Becquerel. A teoria do efeito fotovoltaico foi estabelecida por “Schottky”, que alguns anos depois criou a primeira célula fotovoltaica de mono-silício prática.

Atualmente, há uma evolução considerável nos estudos realizados na área da energia solar fotovoltaica, devido à sua relevância e eficiência associada ao baixo custo de consumo. No entanto, embora nos últimos anos tenha havido um aumento nas discussões científicas sobre energia solar fotovoltaica em países em desenvolvimento, este estudo conclui, com base nas discussões revistas, a ausência de um consenso comum sobre se o acesso à energia elétrica pode ser melhorado com políticas de incentivo a sistemas fotovoltaicos off-grid nesses países. Uma limitação do estudo é trabalhar com bases de dados cinzentas para a extração de palavras-chave, a fim de gerar figuras de co-ocorrência de palavras-chave, índices de citação, evolução temporal da publicação e tabelas para analisar rankings em termos de número de citações.

A contribuição desta pesquisa vai além de fornecer uma ferramenta para futuras investigações sistemáticas que observem todos os procedimentos necessários. Ela mostra as tendências evolutivas dos estudos na área de sistemas fotovoltaicos *off-grid*, despertando o interesse para a realização de mais pesquisas. Além disso, servirá como uma fonte valiosa de conhecimentos científicos para diversos campos de pesquisa.

Para trabalhos futuros, sugere-se realizar um estudo que contribua para a descoberta de como os sistemas fotovoltaicos podem se tornar uma solução viável para o acesso massificado de energia em áreas não conectadas à rede elétrica nacional. Esse estudo pode analisar, por um lado, as políticas adotadas em países em desenvolvimento para incentivar a participação do setor privado na expansão de sistemas fotovoltaicos off-grid.

AGRADECIMENTOS

Endereçamos o nosso agradecimento especial à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES/PROEX), pelo seu contributo na pesquisa através de financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- Almeshqab, F., & Ustun, T. S. (2019). Lessons learned from rural electrification initiatives in developing countries: Insights for technical, social, financial and public policy aspects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 102, 35 – 53. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.11.035>.
- Ayomidotun, O. O., Oghenewogaga, O., Olusola, A., Babatunde, A., Nnaemeka, O. U., Obiajulu, O. J., Kehinde, O. P., & Olabisi, O. M. (2022). Impact of The Penetration of Renewable Energy on Distributed Generation Systems. *Majlesi Journal of Electrical Engineering*, 16(4), 1 – 12. <https://doi.org/10.30486/mjee.2022.696513>.
- Azevedo, R. C., & Ensslin, L. (2020). Metodologia da pesquisa para engenharias. *CEFET-MG*, 1, 198.
- Azimoh, C. L., Klintenberg, P., Wallin, F., Karlsson, B., & Mbohwa, C. (2016). *Electricidade para o desenvolvimento: solução de mini-redes para electrificação rural na África do Sul*. 110, 268–277.
- Bernal-Agustín, J. L., & Dufo-López, R. (2009). Projeto eficiente de sistemas híbridos de energia renovável usando algoritmos evolutivos. *Energy Conversion and Management*, 50(3), 479–489. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2008.11.007>.
- Bhattacharya, A., & Kojima, S. (2012). Risco de investimento no setor de energia e energia renovável: um estudo de caso japonês usando método de otimização de risco de portfólio. *Política Energética*, 40, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.09.031>.
- Bilich, A., Langham, K., Geyer, R., Goyal, L., Hansen, J., Krishnan, A., Bergesen, J., & Sinha, P. (2017). Life cycle assessment of solar photovoltaic microgrid systems in off-grid communities. *Environmental Science and Technology*, 51(2), 1043 – 1052. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b05455>.

Cong, R.-G. (2013). An optimization model for renewable energy generation and its application in China: A perspective of maximum utilization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 17, 94 – 103. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.09.005>.

Erdinc, O., & Uzunoglu, M. (2012). Projeto ideal de sistemas híbridos de energia renovável: visão geral de diferentes abordagens. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(3), 1412–1425. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.11.011>.

Islam, M. T., Huda, N., Abdullah, A. B., & Saidur, R. (2018). A comprehensive review of state-of-the-art concentrating solar power (CSP) technologies: Current status and research trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 987 – 1018. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.097>.

Kenfack, J., Neirac, F. P., Tatietsé, T. T., Mayer, D., Fogue, M., & Lejeune, A. (2009). Sistema micro-hidro-FV-híbrido: Dimensionando um pequeno sistema hidro-FV-híbrido para eletrificação rural em países em desenvolvimento. *Renewable Energy*, 34(10), 2259–2263. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.12.038>.

Liu, L., Wang, Z., Zhang, H., & Xue, Y. (2010). Solar energy development in China - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(1), 301 – 311. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.08.005>.

Lucietto, D. A., Senna, M. A. A. de, & Souza, Â. C. de. (2022). Elaborando projeto de pesquisa: o livro de receitas do (a) “chief científico (a).” *Editora Rede Unida*, 2, 478.

Petry, P. M., Ramos, K. N., & Costa, H. K. de M. (2020). A expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil e o desenvolvimento local: uma proposição de abordagem. *Revista de Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 9(esp), 22–43, mai. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e0I202022-43>.

Rabetanetiariimana, J. C. I., Radanielina, M. H., & Rakotondramiarana, H. T. (2018). Sistemas FV-Híbridos Off-Grid e Mini-Grid para eletrificação Rural na África Subsaariana. *Smart Grid and Renewable Energy*, 09(10), 171–185. <https://doi.org/10.4236/sgre.2018.910011>.

Shaahid, S. M., & Elhadidy, M. A. (2007). Technical and economic assessment of grid-independent hybrid photovoltaic-diesel-battery power systems for commercial loads in desert environments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(8), 1794 – 1810. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2006.03.001>.

Stewart, F., Strachan, S., Campos-gaona, D., Lara, O. A., Galloway, S., & Soltowski, B. (2022). Energia para o Desenvolvimento Sustentável Um teste de campo de interconexão SHS fora da rede na província norte de Ruanda a. *Energia Para o Desenvolvimento Sustentável*, 66, 69-78. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2021.11.004>.

Tetra Tech International Development. (2021). Solar autónomo atualização do mercado - Moçambique. *Tetid, March*.

Upadhyay, S., & Sharma, D. (2018). Uma revisão sobre configurações, metodologias de controle e dimensionamento de sistemas de energia híbridos. *Avaliações de Energia Renovável e Sustentável*, 91, 443–463.

Winqes, K. (2022). Nos caminhos da iniciação científica: Guia Para Pesquisadores em Formação. In *Guia para pesquisadores em formação*. (Vol. 1, Issue 69).

Zebra, E. I. C., Windt, H. J. van der, Nhumaio, G., & Faaij, A. P. (2021). Uma revisão dos sistemas híbridos de energia renovável em minirredes para eletrificação fora da rede nos países em desenvolvimento. *Avaliações de Energia Renovável e Sustentável*, 144.