

# Economia Circular e Energias Renováveis: uma análise bibliométrica da literatura internacional

Circular Economy and Renewable Energies: a bibliometric analysis of international literature

*Economía Circular y Energías Renovables: un análisis bibliométrico de la literatura internacional*

Josivan Leite Alves<sup>1</sup>

Milton Jarbas Rodrigues Chagas<sup>1</sup>

Emília de Oliveira Faria<sup>2</sup>

Armando de Azevedo Caldeira-Pires<sup>2</sup>

Recebido em: 29/04/2020; revisado e aprovado em: 26/02/2021; aceito em: 12/03/2021

DOI: <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v23i2.3034>

**Resumo:** O modelo linear de produção e consumo prejudica o meio ambiente e acelera a escassez de recursos naturais. Em contrapartida, a Economia Circular (EC) surge como modelo que visa manter produtos, componentes e materiais em seu mais alto nível de utilidade e valor o tempo todo. Esta pesquisa busca responder à seguinte questão-problema: como a literatura internacional aborda a relação entre Energias Renováveis e Economia Circular em um contexto industrial? Como objetivo geral, tem-se: identificar, na literatura internacional, como os termos Energias Renováveis e Economia Circular se relacionam no contexto industrial. A metodologia aplicada consistiu em uma revisão sistemática da literatura associada à bibliometria nas bases de dados da Scopus e Web of Science, aplicando os termos: “renewabl\* energ\*” AND “circular economy” AND “industr\*”. Os indicadores bibliométricos foram analisados com o auxílio dos softwares MINITAB e VOSviewer. A partir da amostra final, de 88 artigos, os países que mais se destacaram em número de publicações foram a Itália, seguida pela China, Alemanha e Reino Unido. Notou-se que os anos com maior quantidade de publicações foram 2018, 2019 e 2020, sendo que a primeira publicação surgiu em 2012. Dentre os principais resultados, verificou-se que as pesquisas, em sua maioria, são estudos de casos que diagnosticam uma realidade e propõem soluções eficientes junto aos processos produtivos e a redução de impactos ambientais. Por fim, concluiu-se que a Economia Circular é um modelo progressista de produção e consumo, que respeita a limitação dos recursos naturais, ao passo que atende às necessidades humanas.

**Palavras-chave:** Economia Circular; Energias Renováveis; indústrias.

**Abstract:** The linear model of production and consumption harms the environment and accelerates the scarcity of natural resources. In contrast, the Circular Economy (EC) emerges as a model that aims to keep products, components, and materials at their highest level of usefulness and value at all times. This research seeks to answer the following problem question: how does international literature approach the relationship between Renewable Energies and Circular Economy in an industrial context? The general objective is: to identify, in the international literature, how the terms Renewable Energy and Circular Economy are related in the industrial context. The applied methodology consisted of a systematic review of the literature associated with bibliometrics in the Scopus and Web of Science databases, applying the terms: “renewabl \* energ \*” AND “circular economy” AND “industr \*”. Bibliometric indicators were analyzed with the aid of the MINITAB and VOSviewer softwares. From the final sample of 88 articles, the countries that stood out the most in the number of publications were Italy, followed by China, Germany, and the United Kingdom. It was noted that the years with the largest number of publications were 2018, 2019, and 2020, with the first publication appearing in 2012. Among the main results, it was found that the researches, in its majority, are case studies that diagnose a reality and propose efficient solutions with the production processes and the reduction of environmental impacts. Finally, it was concluded that the Circular Economy is a progressive model of production and consumption, which respects the limitation of natural resources while meeting human needs.

**Keywords:** Circular Economy; Renewable Energies; industries.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Cariri (UFCA), Juazeiro do Norte, Ceará, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade de Brasília (UnB), Brasília, Distrito Federal, Brasil.



**Resumen:** El modelo lineal de producción y consumo daña el medio ambiente y acelera la escasez de recursos naturales. Por el contrario, la Economía Circular (CE) surge como un modelo que tiene como objetivo mantener los productos, componentes y materiales en su máximo nivel de utilidad y valor en todo momento. Esta investigación busca dar respuesta a la siguiente pregunta problemática: ¿Cómo aborda la literatura internacional la relación entre Energías Renovables y Economía Circular en un contexto industrial? El objetivo general es: identificar, en la literatura internacional, cómo se relacionan los términos Energía Renovable y Economía Circular en el contexto industrial. La metodología aplicada consistió en una revisión sistemática de la literatura asociada a bibliometría en las bases de datos Scopus y Web of Science, aplicando los términos: “renewabl \* energ \*” AND “economía circular” AND “industr \*”. Los indicadores bibliométricos se analizaron con la ayuda de los softwares MINITAB y VOSviewer. De la muestra final, de 88 artículos, los países que más se destacaron en número de publicaciones fueron Italia, seguido de China, Alemania y Reino Unido. Se observó que los años con mayor número de publicaciones fueron 2018, 2019 y 2020, apareciendo la primera publicación en 2012. Entre los principales resultados, se encontró que las investigaciones, en su mayoría, son estudios de caso que diagnostican una realidad y proponen soluciones eficientes con los procesos productivos y la reducción de impactos ambientales. Finalmente, se concluyó que la Economía Circular es un modelo progresivo de producción y consumo, que respeta la limitación de los recursos naturales, al tiempo que satisface las necesidades humanas.

**Palabras clave:** Economía Circular; Energías Renovables; industrias.

---

## 1 INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico influencia diretamente a vida em sociedade, mudando costumes, alterando o modo de relacionamentos e gerando novas perspectivas no que diz respeito à inovação. As tecnologias utilizadas pelo homem podem afetar a sua relação com a natureza, causando alguns impactos devido aos processos milenares de transformação dessa relação (BURSZTYN; BURSZTYN, 2012).

De acordo com estudo da Associação Brasileira das Empresas de Software (2019), o Brasil ocupa o 9º lugar no ranking de investimentos em Tecnologia da Informação, havendo um aumento, em 2018, de 9,8% em relação ao ano anterior. No ano de 2019, o setor de tecnologia da informação cresceu 10,5%. O crescimento brasileiro foi maior que a média mundial, que correspondeu a 5% no mesmo ano (ABES, 2020). Esses dados demonstram o potencial do país no que se refere à utilização da tecnologia da informação em diferentes áreas econômicas.

Ao longo dos anos, as transformações ocorridas no setor industrial objetivaram atender tanto às necessidades dos consumidores/população como as dos gestores, por meio da modernização da produção. No entanto o modelo econômico adotado é chamado de linear, uma vez que é centrado na produção-consumo e descarte (STAHEL, 1982).

A Economia Circular (EC) surge como um modelo que visa manter produtos, componentes e materiais em seu mais alto nível de utilidade e valor o tempo todo (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017a). A EC representa uma opção viável para países, governos, universidades e sociedades para transformar os processos lineares em fluxos circulares, visando obter melhores benefícios sustentáveis (SAAVEDRA *et al.*, 2018).

Algumas pesquisas buscam compreender a utilização da Economia Circular como alternativa à Economia Linear de extração, transformação e descarte, oferecendo uma oportunidade para que a sociedade prospere ao mesmo tempo em que reduz sua dependência de materiais finitos e fontes de energia não renováveis (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017b).

A utilização de energias renováveis em indústrias pode trazer benefícios, como a redução no custo financeiro referente às contas de energia, estratégias de marketing verde, preservação ambiental e eficiência no processo produtivo, reaproveitando os resíduos gerados, evitando, assim, desperdício.

Esta pesquisa busca responder à seguinte questão-problema: como a literatura internacional aborda a relação entre Energias Renováveis e Economia Circular em um contexto industrial? Como objetivo geral, tem-se: identificar, na literatura internacional, como os termos Energias Renováveis e Economia Circular se relacionam no contexto industrial.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Economia Circular

A compreensão contemporânea da Economia Circular e de suas aplicações práticas aos sistemas econômicos e processos industriais evoluiu para incorporar diferentes características e contribuições de uma variedade de conceitos que compartilham a ideia de *loops* fechados (GEISSDOERFER *et al.*, 2017).

O conceito de Economia Circular está ligado a outros conceitos, tais como Ecologia Industrial e Simbiose Industrial. A Ecologia Industrial concentra-se em design de produto e processos de fabricação, assim como na indústria como a porção da sociedade que mais produz bens e serviços (AYRES; AYRES, 2002).

No que se refere à Simbiose Industrial, Lombardi e Laybourn (2012) a definem como uma rede formada por diversas empresas, objetivando fomentar aecoinovação e a mudança de cultura em longo prazo. Para Saavedra *et al.* (2018), o estudo da Economia Circular ajuda a entender a circulação do fluxo de materiais e energia.

No que se refere às definições de Economia Circular, no estudo de Kirchherr; Reike e Hekkert, (2017), observou-se a análise de 114 definições, concluindo que ela é descrita mais frequentemente como uma combinação de atividades de redução, reutilização e reciclagem. Além disso, os autores concluíram que, nos trabalhos analisados, raramente se dá enfoque à necessidade de mudança sistêmica que a EC necessita.

Para Ribeiro e Kruglianskas (2014), a Economia Circular propõe a maximização da utilidade de valor dos materiais utilizados na produção, visando à redução na emissão de resíduos, gerando benefícios tanto econômicos como ambientais. Para implementar os conceitos de EC, deve haver uma mudança nas estruturas tanto das indústrias como da sociedade (LIEDER; RASHID, 2016).

Uma economia circular visa transformar resíduos em recurso, invertendo a tendência linear dominante de extração, processamento, consumo ou uso e, depois, descarte das matérias-primas, como objetivo final de preservar os recursos naturais, mantendo o mesmo crescimento econômico e minimizando os impactos ambientais (GHISELLINI *et al.*, 2016; LIEDER; RASHID, 2016).

### 2.2 Energias Renováveis

Conforme Tang e Tan (2012), a União Europeia consome cerca de 15% de toda a energia consumida no mundo. Este consumo representa cerca de 20% de todo o petróleo, 15% do gás natural, 10% de carvão e 35% do urânio consumido no mundo. O Anuário Estatístico de Energia Elétrica de 2017, tendo como ano-base 2016, produzido pelo Ministério de Minas e Energia do Brasil (BRASIL, 2017), informa que, no ano de 2014, o maior percentual da capacidade instalada de geração de energia elétrica encontrava-se na Ásia e Oceania (42%), seguidas por América do Norte (22%) e Europa (18%).

As energias renováveis, em nível mundial, contribuem com 13% para a energia primária, distribuídas pela produção hídrica, com 15%; a biomassa, com 77%; e as restantes fontes

energéticas renováveis, com 8% (CHEN; CHEN, 2011). No Brasil, tem-se a hidráulica como maior geradora de energia elétrica, conforme Figura 1.

Figura 1 – Geração elétrica por fonte no Brasil

	2012	2013	2014	2015	2016	△% (2016/2015)	Part. % (2016)
Total	552.498	570.835	590.542	581.228	578.898	- 0,4	100
Hidráulica (i)	415.342	390.992	373.439	359.743	380.911	5,9	65,8
Gás Natural	46.760	69.003	81.073	79.490	56.485	-28,9	9,8
Derivados de Petróleo (ii)	16.214	22.090	31.529	25.657	12.103	-52,8	2,1
Carvão	8.422	14.801	18.385	18.856	17.001	- 9,8	2,9
Nuclear	16.038	15.450	15.378	14.734	15.864	7,7	2,7
Biomassa (iii)	34.662	39.679	44.987	47.394	49.236	3,9	8,5
Eólica	5.050	6.578	12.210	21.626	33.489	54,9	5,8
Outras (iv)	10.010	12.241	13.540	13.728	13.809	0,6	2,4

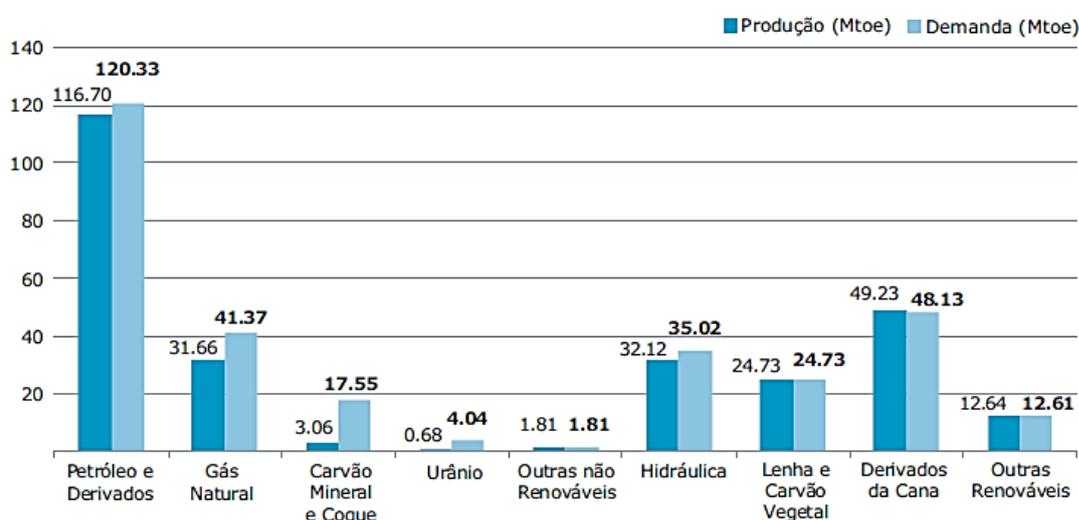
Legenda:  
i) Inclui autoprodução  
ii) Derivados de petróleo: óleo diesel e óleo combustível  
iii) Biomassa: lenha, bagaço de cana e lixívia  
iv) Outras: gás de coqueria, outras secundárias, outras não renováveis, outras renováveis e solar

Fonte: Anuário Estatística de Energia Elétrica (2017).

De acordo com Bölük e Mert (2014), estima-se que o consumo de energias renováveis, em nível mundial, para a produção de eletricidade, aumente cerca de 3% ao ano até 2035, com a contribuição das energias renováveis para a produção de eletricidade aumentando para 23% em 2035, destacando os investimentos em energia eólica e energia hídrica.

Conforme os dados do relatório publicado pela Fundação Getúlio Vargas (2016), intitulado “Panorama das Energias Renováveis: setor industrial e América Latina”, a produção energética do Brasil é composta, em maior parte, pelo petróleo e gás natural, conforme descrito na Figura 2.

Figura 2 – Comparação entre a produção e o consumo de energia primária em 2014

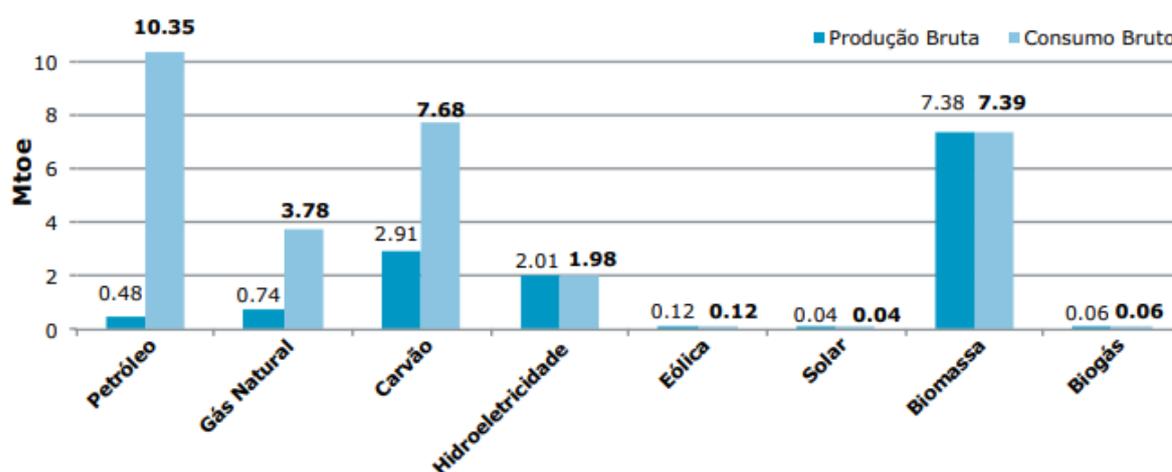


Fonte: Fundação Getúlio Vargas (FGV, 2016).

O mesmo estudo aponta que as principais dificuldades enfrentadas para implementação de energias renováveis no Brasil são a complexidade e os custos de transação para iniciar um projeto de renováveis na área de energia, a conjuntura econômica e os montantes do investimento, além da concorrência com fontes tradicionais de energia.

A energia renovável foi responsável por 72,9% da energia total gerada no país em 2014, o que coloca o país em uma posição de destaque no cenário global quanto ao uso das Energias Renováveis. Conforme a Figura 3, a biomassa é o principal energético local, seguida da hidroeletricidade. Sua produção equivale a 53,7% do total de energia primária produzida, enquanto seu consumo foi de 23,53%. Por outro lado, a produção de energia eólica, solar e de biogás, se somadas, corresponderam a apenas 1,6% do total, e seu consumo foi equivalente a 0,70% (FGV, 2016).

Figura 3 – Produção vs consumo de energia primária em 2014



Fonte: FGV (2016).

A última versão do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE-2024), elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética, prevê aumento das principais fontes de energia renovável no país, de 39,4% em 2014 para 45,2% em 2024, de energia produzida neste grupo (FGV, 2016).

### 3 METODOLOGIA

Indicadores bibliométricos e revisão sistemática da literatura foram as ferramentas metodológicas utilizadas nesta pesquisa para o alcance do objetivo proposto. É válido ressaltar que a bibliometria é o estudo do arranjo organizacional de determinadas temáticas científicas e tecnológicas, a partir de fontes bibliográficas e de patentes, para identificar os atores, suas relações e suas tendências, bem como a produtividade e a utilidade científica (SPINAK, 1996). Ademais, os estudos bibliométricos fazem uma leitura de dados diante de elementos do contexto sócio-histórico em que a atividade científica é produzida (ARAÚJO, 2006).

Para a busca sistemática da literatura, usaram-se os seguintes termos nas bases de dados Scopus e Web of Science (WoS): “*renewabl\* energ\**” AND “*circular economy*” AND “*industr\**”. A busca foi realizada no final de fevereiro de 2021, considerando os artigos publicados até o ano de 2020. O processo de amostragem é detalhado na Tabela 1.

Tabela 1 – Processo de amostragem

<b>Filtro</b>	<b>Scopus</b>	<b>Web of Science</b>
<i>“renewabl* energ*” AND “circular economy” AND “industr*”</i>	156 documentos	122 documentos
1. Limitado a <i>Article</i> e <i>Review</i>	97 artigos	106 artigos
2. Excluir artigos publicados em 2021	85 artigos	100 artigos
3. Excluir artigos em mandarim	83 artigos	99 artigos
Total: Scopus + WoS	182 artigos	
4. Artigos duplicados em ambas as bases	65 artigos	
Total: Scopus + WoS- Duplicados	117 artigos	
5. Leitura dos títulos e resumos	29 artigos removidos	
Amostra final	88 artigos	

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A partir da busca feita com os termos, obtiveram-se 156 documentos na Scopus e 122 na Web of Science. Limitou-se às categorias *Article* e *Review*, pois são artigos que passaram pelo processo rigoroso de avaliação por pares. A WoS ainda inclui uma categoria chamada de *Early Access*, sob a qual havia 4 artigos que estão inclusos nos 106 do passo 2 no processo de amostragem deste estudo. Excluíram-se também os artigos publicados em 2021; dessa maneira, os resultados refletem o estado da arte a respeito do tema até o ano de 2020.

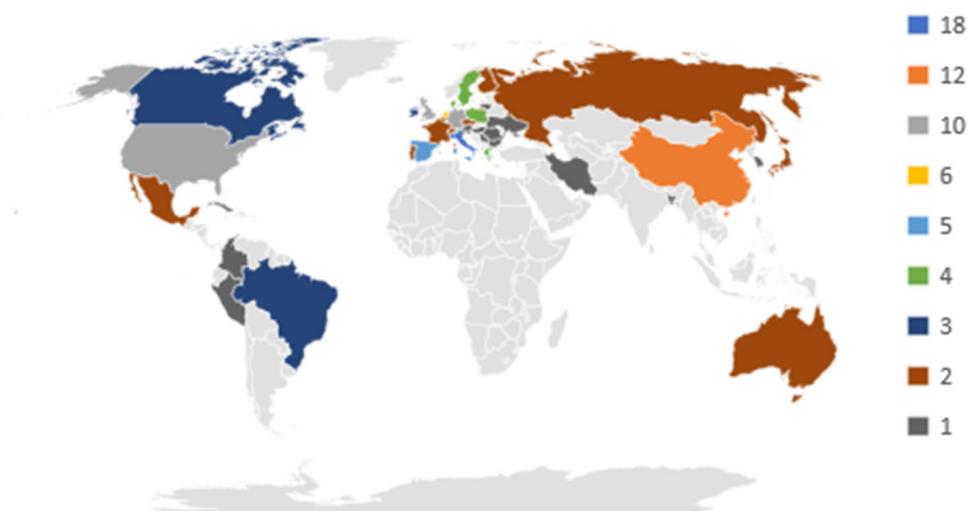
A partir da leitura dos resumos dos 117 artigos, notou-se que 28 deles não estavam de acordo com o escopo da pesquisa, abordando análises laboratoriais de ganhos energéticos de produtos ou processos. Assim, a amostra final deste estudo é composta por 88 artigos. Dessa forma, foi possível analisar os indicadores bibliométricos com auxílio do MINITAB e do VOSviewer. Assim, foi analisada a distribuição das pesquisas por ano, periódicos, rede de correlação de palavras-chave e área de conhecimento.

O VOSviewer oferece a funcionalidade de mineração de texto, que pode ser utilizada para a construção e visualização de redes de coocorrência de termos importantes, extraídos de um corpo de literatura científica (VOSVIEWER, 2019). Já o MINITAB é um software que possibilita a análise e visualização dos dados por meio de gráficos.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, elencaram-se os principais países nos quais foram identificados a maior parte das publicações, contendo as palavras energias renováveis, economia circular e indústria. De acordo com a Tabela 2 e a Figura 4, os países que mais se destacaram foram a Itália, seguida pela China, Alemanha e Reino Unido. Estudos sobre Economia Circular foram realizados na China, analisando as políticas públicas estabelecidas pelo governo deste país relativas à implementação da Economia Circular. O Brasil, no período analisado, contempla três publicações.

Figura 4 – Distribuição das pesquisas por países



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Tabela 2 – Quantidade de publicações por países

País	Quantidade	Percentual	País	Quantidade	Percentual
Itália	18	14%	México	2	2%
China	12	9%	Portugal	2	2%
Alemanha	10	8%	Federação Russa	2	2%
Reino Unido	10	8%	Suíça	2	2%
Estados Unidos	10	8%	Áustria	1	1%
Países Baixos	6	5%	Bangladesh	1	1%
Espanha	5	4%	Bulgária	1	1%
Dinamarca	4	3%	Colômbia	1	1%
Grécia	4	3%	Cuba	1	1%
Polônia	4	3%	Hungria	1	1%
Suécia	4	3%	Irã	1	1%
Brasil	3	2%	Lituânia	1	1%
Canadá	3	2%	Romênia	1	1%
Irlanda	3	2%	Sérvia	1	1%
Austrália	2	2%	Cingapura	1	1%
Bélgica	2	2%	Eslovênia	1	1%
República Checa	2	2%	Coreia do Sul	1	1%
Finlândia	2	2%	Irlanda	1	1%
França	2	2%	Peru	1	1%
Japão	2	2%	Ucrânia	1	1%

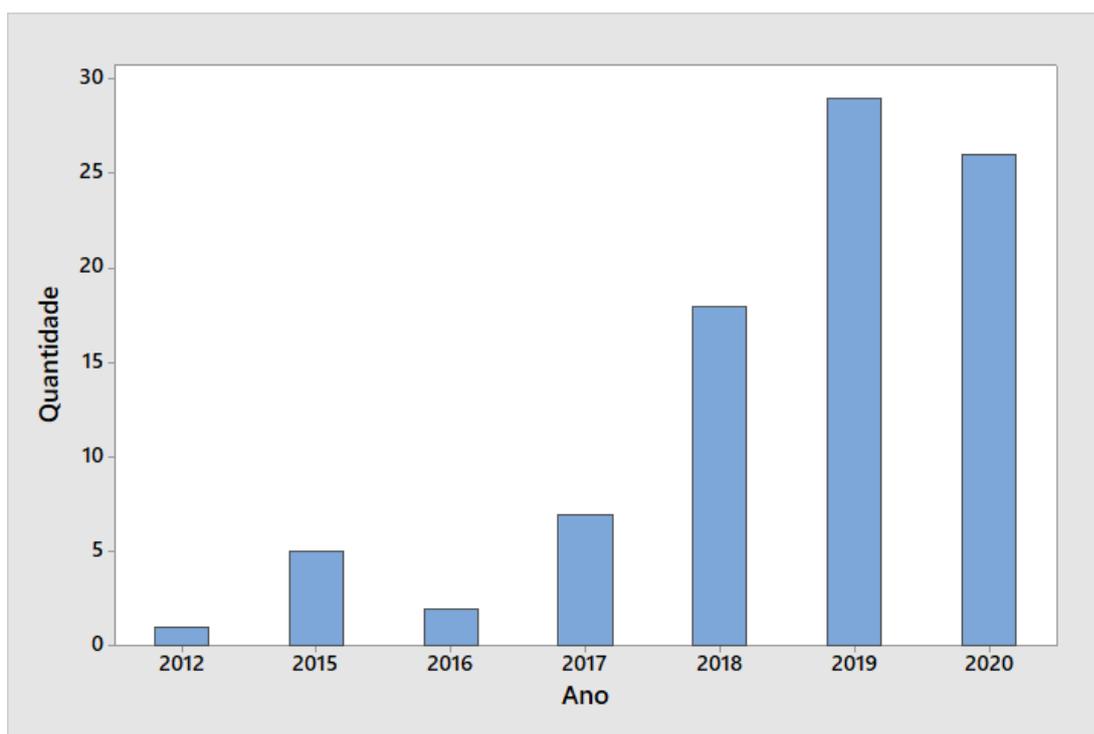
Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Conforme a Figura 4, os pesquisadores europeus foram aqueles que mais realizaram estudos sobre a temática abordada no referente artigo. É possível identificar no mapa os países em maior destaque no que se refere aos estudos contemplando a associação entre Economia Circular e Energias Renováveis.

A próxima análise corresponde à distribuição de documentos por ano. De acordo com os dados apresentados na Figura 5, nota-se que os anos com maior quantidade de publicações foram 2018, 2019 e 2020.

Destaca-se que os estudos observados nas bases de dados Scopus e Web of Science tiveram suas publicações a partir do ano de 2012, associando a Economia Circular à utilização de energias renováveis no contexto industrial.

Figura 5 – Distribuição de artigos por ano de publicação



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A próxima etapa de análise corresponde à verificação dos periódicos onde os referidos artigos foram publicados. Conforme exposto na Tabela 3, as principais publicações ocorreram no *Journal of Cleaner Production* e no *Journal of Industrial Ecology*. Esses periódicos se destacam no que se refere às publicações envolvendo a temática Economia Circular. Uma vez que a Economia Circular também se relaciona com a Ecologia Industrial, além da relevância do periódico, verifica-se que os principais pesquisadores sobre o tema abordado publicam nesses dois periódicos. É válido ressaltar que a amostra tem publicações de 48 periódicos diferentes, sendo que seis deles têm apenas duas publicações e 34 deles têm apenas uma publicação na amostra deste estudo.

Tabela 3 – Distribuição de documentos por periódicos

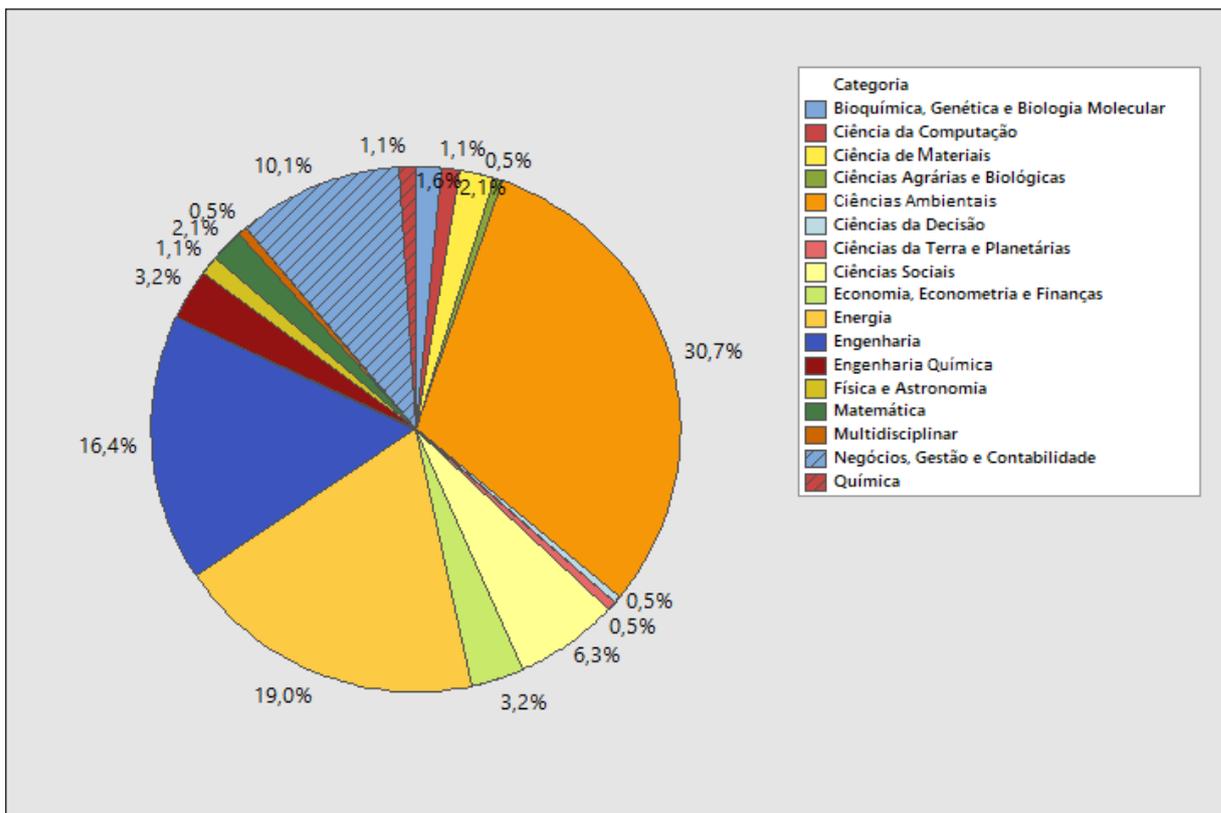
Periódico	Quant.
<i>Journal of Cleaner Production</i>	16
<i>Journal of Industrial Ecology</i>	6
<i>Energies</i>	5
<i>Applied Energy</i>	3
<i>Procedia Environmental Science, Engineering and Management</i>	3

Periódico	Quant.
<i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i>	3
<i>Science of the Total Environment</i>	3
<i>Sustainability (Switzerland)</i>	3

Fonte: autores (2021).

Em seguida, verificou-se a distribuição dos artigos da amostra por áreas. Conforme descrito na Figura 6, as publicações se concentram nas áreas de Ciências Ambientais (30,7%), Energia (19%) e Engenharia (16,4%). A área de energia também se destaca, com enfoque nos estudos sobre energia limpa e reaproveitamento de resíduos.

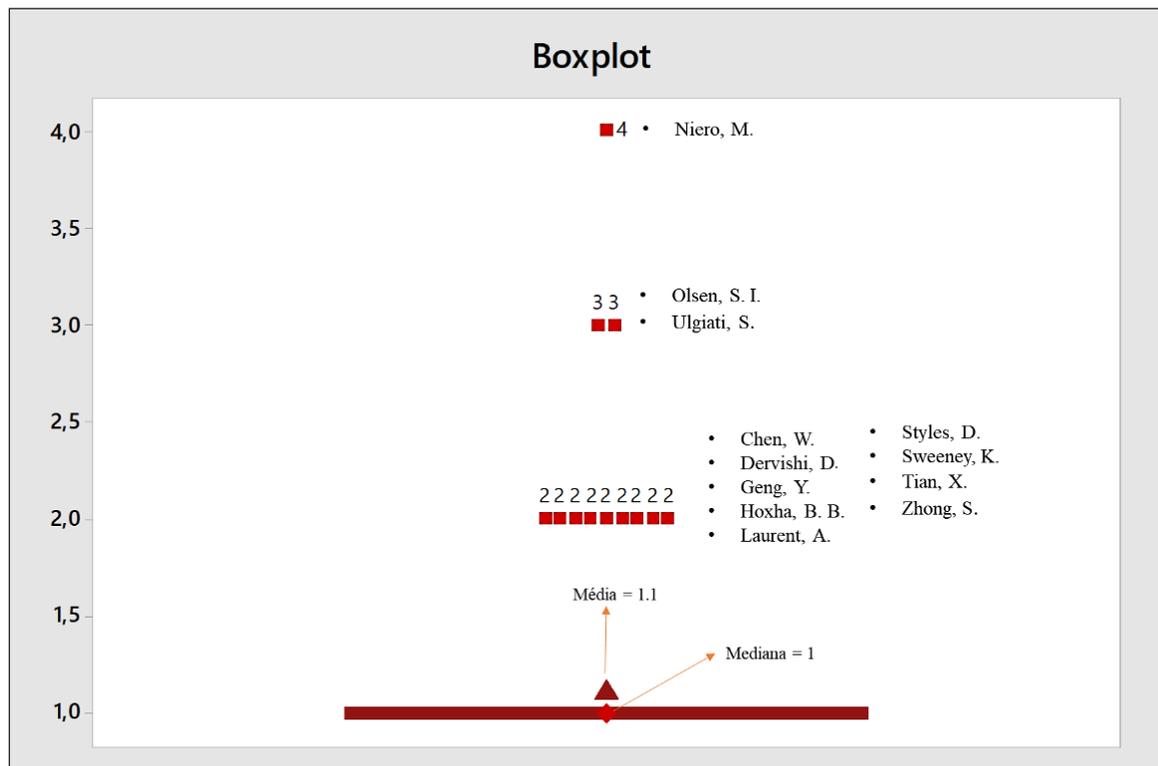
Figura 6 – Distribuição dos artigos por área



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Na Figura 7, é possível verificar os principais autores por quantidade de publicações no período analisado. Observa-se que a média de publicações corresponde a 1,1. O autor com maior número de publicações, estando distante da média, é Niero (4), seguido por Olsen e Ulgiati (3,3). Estes autores enfatizam pesquisas nas áreas de tecnologias, eficiência energética, sustentabilidade ambiental, indicadores de circularidade, além de estratégias para implantação da Economia Circular.

Figura 7 – Principais autores por quantidade de publicações

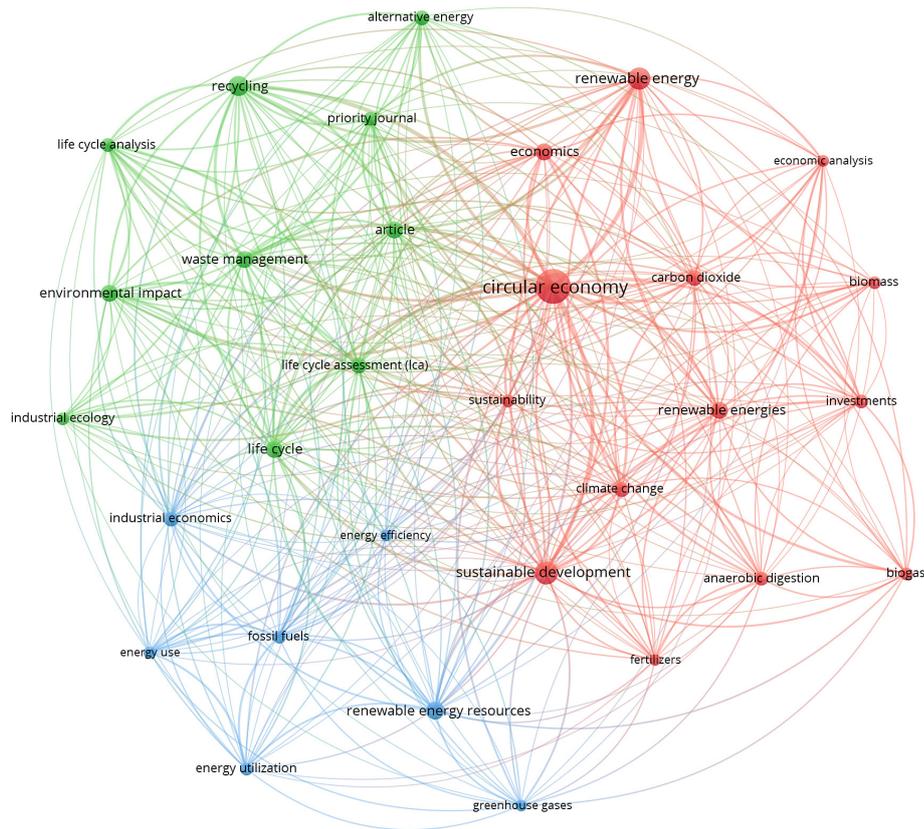


Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Na Figura 8, observam-se as relações entre as principais palavras-chave utilizadas nos resumos dos artigos pesquisados. Verifica-se a existência de três *clusters*: o primeiro, em vermelho, com ênfase na relação da Economia Circular com o desenvolvimento sustentável, apresentando termos como biomassa, dióxido de carbono, energia renovável, mudanças climáticas, entre outros.

O Cluster 2, em verde, tem termos como impacto ambiental, gerenciamento de resíduos, energia alternativa, ecologia industrial e ciclo de vida. O Cluster 3, em azul, tem foco na eficiência energética, no uso da energia, energia de recursos renováveis e economia industrial. É válido ressaltar que foram usadas, pelos menos, sete ocorrências das palavras-chave nos artigos da base de dados do estudo.

Figura 8 – Coocorrência de palavras-chave



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Por fim, destacam-se os artigos utilizados como base para atingir o objetivo desta pesquisa. A Tabela 4 elenca estes artigos:

Tabela 4 – Relação de artigos pesquisados

Título do artigo	
1	<i>Household biogas development in rural China: On policy support and other macro sustainable conditions</i>
2	<i>Chemical and process industries beyond gross domestic product</i>
3	<i>Co2 utilization: An enabling element to move to a resource-and energy-efficient chemical and fuel production</i>
4	<i>How circular is the global economy? An assessment of material flows, waste production, and recycling in the European union and the world in 2005</i>
5	<i>Life Cycle Assessment from food to food: A case study of circular economy from cruise ships to aquaculture</i>
6	<i>Microbial community-based polyhydroxyalkanoates (PHAs) production from wastewater: Techno-economic analysis and ex-ante environmental assessment</i>
7	<i>Infrastructure for China's Ecologically Balanced Civilization</i>
8	<i>System of self-financing strategy for the policies aimed at the eco-innovation in the productive sectors</i>
9	<i>An environmental assessment of electricity production from slaughterhouse residues. Linking urban, industrial and waste management systems</i>
10	<i>Biogas production by means of livestock compost</i>
11	<i>Combining Eco-Efficiency and Eco-Effectiveness for Continuous Loop Beverage Packaging Systems: Lessons from the Carlsberg Circular Community</i>
12	<i>Energy based sustainability evaluation for Yunnan Province, China</i>

Título do artigo	
13	<i>Integrated circular economy and education model to address aspects of an energy-water-food nexus in a dairy facility and local contexts</i>
14	<i>Reliability and economic analysis of moving towards wastes to energy recovery based waste less sustainable society in Bangladesh: The case of commercial capital city Chittagong</i>
15	<i>Resource recovery and remediation of highly alkaline residues: A political-industrial ecology approach to building a circular economy</i>
16	<i>Biogas and its opportunities – A review</i>
17	<i>Contribution of upcycling surplus hydrogen to design a sustainable supply chain: The case study of Northern Spain</i>
18	<i>Digital acceleration of sustainability transition: The paradox of push impacts</i>
19	<i>Emergy-based sustainability evaluation of Erhai Lake Basin in China</i>
20	<i>Evaluating the transition towards cleaner production in the construction and demolition sector of China: A review</i>
21	<i>Fly ash formation and characteristics from (co-)Combustion of an herbaceous biomass and a Greek lignite (Low-Rank Coal) in a pulverized fuel pilot-scale test facility</i>
22	<i>Implementing the Main Circular Economy Principles within the Concept of Sustainable Development in the Global and European economy, with Particular Emphasis on Central and Eastern Europe – The Case of Poland and the Region of Lodz</i>
23	<i>Industrial energy, materials and products: UK decarbonisation challenges and opportunities</i>
24	<i>New perspectives for green and sustainable chemistry and engineering: Approaches from sustainable resource and energy use, management, and transformation</i>
25	<i>On the evolution of “Cleaner Production” as a concept and a practice</i>
26	<i>Policies and Motivations for the CO<sub>2</sub> Valorization through the Sabatier Reaction Using Structured Catalysts. A Review of the Most Recent Advances</i>
27	<i>Renewable energy and carbon management in the Cradle-to-Cradle certification: Limitations and opportunities</i>
28	<i>Role of bioenergy, biorefinery and bioeconomy in sustainable development: Strategic pathways for Malaysia</i>
29	<i>Study on the development strategy of tourism circular economy based on renewable energy technology</i>
30	<i>The Energy &amp; Raw Materials Factory: Role and Potential Contribution to the Circular Economy of the Netherlands</i>
31	<i>Towards an Alloy Recycling of Nd–Fe–B Permanent Magnets in a Circular Economy</i>
32	<i>Using microalgae in the circular economy to valorise anaerobic digestate: challenges and opportunities</i>
33	<i>What drives public acceptance of chemical industrial park policy and project in China?</i>
34	<i>A taxonomy of circular economy implementation strategies for manufacturing firms: Analysis of 391 cradle-to-cradle products</i>
35	<i>A techno-economic assessment of biogas upgrading in a developed market</i>
36	<i>Adopting circular economy at the European Union level and its impact on economic growth</i>
37	<i>Alternative carbon feedstock for the chemical industry? – Assessing the challenges posed by the human dimension in the carbon transition</i>
38	<i>An outlook of Malaysian biomass industry commercialisation: Perspectives and challenges</i>
39	<i>Analysis and recommendations for European carbon dioxide utilization policies</i>
40	<i>Circular economy and energy transition: A nexus focusing on the non-energy use of fuels</i>
41	<i>Ecological network analysis of growing tomatoes in an urban rooftop greenhouse</i>
42	<i>Energy and environmental efficiency of OECD countries in the context of the circular economy: Common weight analysis for malmquist productivity index</i>
43	<i>Energy conversion of urban wastes in China: Insights into potentials and disparities of regional energy and environmental benefits</i>
44	<i>Energy efficient production of glass-ceramics using photovoltaic (P/V) glass and lignite fly ash</i>
45	<i>Evaluating the environmental impacts of recycling wind turbines</i>
46	<i>Evolution and perspectives of the bioenergy applications in Spain</i>
47	<i>Indicators of environmental performance to assess wood-based bioenergy production: A case study in Northern Italy</i>

Título do artigo	
48	<i>Indirect convective solar drying process of pineapples as part of circular economy strategy</i>
49	<i>Industrial symbiosis-based renewable energy: A sustainable way to draw advantages from sicily's sun and wind</i>
50	<i>Life cycle assessment of maize-germ oil production and the use of bioenergy to mitigate environmental impacts: A gate-to-gate case study</i>
51	<i>Mapping circular economy activities in the European Union: Patterns of implementation and their correlates in small and medium-sized enterprises</i>
52	<i>Prioritisation and evaluation of barriers intensity for implementation of cleaner technologies: Framework for sustainable production</i>
53	<i>Promoting the Circular Economy via Waste-to-Power (WTP) in Taiwan</i>
54	<i>Renewable energy and raw materials – The thermodynamic support</i>
55	<i>Reuse of electric vehicle batteries in buildings: An integrated load match analysis and life cycle assessment approach</i>
56	<i>Small and Medium Enterprises and Eco-Innovations: Empirical Study of Slovak SME's</i>
57	<i>The future of Russia's renewable energy sector: Trends, scenarios and policies</i>
58	<i>The heterogeneous skill-base of circular economy employment</i>
59	<i>The Role of Electrochemistry in Future Dynamic Bio-Refineries: A Focus on (Non-)Kolbe Electrolysis</i>
60	<i>The use of circular economy practices in SMEs across the EU</i>
61	<i>Tourism-based circular economy in Salento (South Italy): A SWOT-ANP analysis</i>
62	<i>Waste-to-Fuel Technology in Albania – How to Implement a Renewable Energy System in Europe's Largest Onshore Oilfield</i>
63	<i>A circular economy approach to green energy: Wind turbine, waste, and material recovery</i>
64	<i>A perspective on decarbonizing whiskey using renewable gaseous biofuel in a circular bioeconomy process</i>
65	<i>Assessment of green methanol production potential and related economic and environmental benefits: The case of China</i>
66	<i>Biotechnological upcycling of plastic waste and other non-conventional feedstocks in a circular economy</i>
67	<i>Cascade use of post-production waste from the wood industry [Kaskadowe wykorzystanie odpadów z przemysłu drzewnego]</i>
68	<i>Circular economy contributions to the tourism sector: A critical literature review</i>
69	<i>Circular economy framework for automobiles: Closing energy and material loops</i>
70	<i>Circular economy: national and global policy – overview</i>
71	<i>Connecting circular economy and energy industry: A techno-economic study for the Åland Islands</i>
72	<i>Diagnosis of circular economy in the forest sector in southern Brazil</i>
73	<i>Don't scrap the waste: The need for broader system boundaries in bioplastic food packaging life-cycle assessment – A critical review</i>
74	<i>Energy Saving Potential of Industrial Solar Collectors in Southern Regions of Russia: The Case of Krasnodar Region</i>
75	<i>Green innovation transformation, economic sustainability and energy consumption during China's new normal stage</i>
76	<i>Life cycle assessment of agro-industrial by-product reuse: a comparison between anaerobic digestion and conventional disposal treatments</i>
77	<i>Life cycle assessment of side stream removal and recovery of nitrogen from wastewater treatment plants</i>
78	<i>New policies and evaluation system needed to address environmental concerns in China</i>
79	<i>Promoting a circular economy in the solar photovoltaic industry using life cycle symbiosis</i>
80	<i>Schumpeterian economic dynamics of greening: propagation of green eco-platforms</i>
81	<i>Sustainability Outcomes of Green Processes in Relation to Industry 4.0 in Manufacturing: Systematic Review</i>
82	<i>The "INNOVARE" Project: Innovative Plants for Distributed Poly-Generation by Residual Biomass</i>
83	<i>The development of energy blockchain and its implications for China's energy sector</i>
84	<i>Towards a circular and low-carbon economy: Insights from the transitioning to electric vehicles and net zero economy</i>

Título do artigo	
85	<i>Underground bio-methanation: Review and potential</i>
86	<i>Use of Phragmites australis for controlling phosphorus contamination in anthropogenic wetland ecosystems</i>
87	<i>Valorization of bio-based post-extraction residues of goldenrod and alfalfa as energy pellets</i>
88	<i>Residual Mexican biomasses for bioenergy and fine chemical production: correlation between composition and specific applications</i>

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Dentre os artigos pesquisados, observou-se que os principais objetivos foram a apresentação de modelos de mensuração voltados à sustentabilidade. Os estudos que investigaram a utilização de energias renováveis com o enfoque industrial, relacionando a economia circular, tiveram como metodologia estudos de casos, objetivando diagnosticar a realidade de uma região para, em seguida, propor mecanismos de mensuração.

Os processos produtivos emitem resíduos que podem ser reaproveitados para geração de energia; dentre as energias renováveis mais citadas nos artigos pesquisados, destaca-se a Biomassa, Solar e Eólica. As tecnologias utilizadas no processo produtivo, com base na leitura dos artigos, são empregadas para reaproveitar o resíduo do produto fabricado, havendo uma preocupação com o fim de vida dele, de forma a reduzir o descarte, retornando novamente para a produção. Essa identificação é possível na análise da implementação do Biogás.

A relação entre os termos Energias Renováveis e Economia Circular, entre os artigos pesquisados, é exposta por meio de aplicações práticas, aliadas à discussão teórica, quanto aos benefícios proporcionados pela utilização de energias renováveis em indústrias, visando à sustentabilidade. Os Estudos também apontam, por meio de revisões de literatura, quais as principais fontes de energias renováveis, e as principais ações podem ser adotadas por governos e pela sociedade.

Outros estudos buscam avaliar a circularidade dos fluxos mundiais de materiais, rastreando a cadeia desde a extração até o descarte. A análise financeira de energias alternativas para a produção também se destaca na amostra, bem como a avaliação do ciclo de vida (buscando ainda avaliar a confiabilidade da energia e os aspectos de custo-benefício da utilização dessas novas alternativas).

## 5 CONCLUSÕES

Visando identificar na literatura internacional como os termos energias renováveis e Economia Circular se relacionam no contexto industrial, este estudo realizou um levantamento nas bases de dados Scopus e Web of Science, no intuito de identificar o que a literatura aborda sobre a temática pesquisada.

Verificou-se que os países que mais publicaram, considerando as palavras-chave Energias Renováveis e Economia Circular, foram Itália, China, Alemanha e Reino Unido. Essas publicações ocorreram com maior frequência no *Journal of Cleaner Production* e *Journal of Industrial Ecology*.

No que tange às redes de palavras, identificou-se a composição de 3 *clusters*, o primeiro com ênfase ambiental, o segundo com enfoque em tecnologias de análises da sustentabilidade, o terceiro relativo à gestão econômica.

Observou-se que as pesquisas são, em sua maioria, estudos de casos que buscam diagnosticar uma realidade e propor soluções que buscam eficiência nos processos produtivos

e na redução de impactos ambientais. Conclui-se que a identificação do desperdício e a sua posterior mensuração, nos processos produtivos, são etapas iniciais na busca para a implantação de uma Economia Circular.

O reaproveitamento de resíduos, transformando-os em energia para subsidiar a mesma indústria ou um complexo industrial, traz desenvolvimento regional e econômico, para além da preocupação com os impactos ambientais.

Como limitações da pesquisa, destaca-se a utilização de uma quantidade reduzida de palavras-chave. Sugere-se, para trabalhos futuros, a ampliação da pesquisa, acrescentando mais palavras-chave, além de uma investigação mais aprofundada dos estudos realizados.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Carlos Alberto. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. *Em Questão*, [s.l.], v. 12, n. 1, p. 11-32, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE SOFTWARES [ABES]. *Investimento de TI crescem 9,8% no Brasil*. [s.l.]: ABES, 2019. Disponível em: <http://www.abessoftware.com.br/noticias/investimentos-em-ti-no-brasil-crescem-98-em-2018>. Acesso em: 10 ago. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE SOFTWARES [ABES]. 2020. *Mercado Brasileiro de Software: panorama e tendências*. 2020. Disponível em: <https://abessoftware.com.br/wp-content/uploads/2020/10/ABES-EstudoMercadoBrasileirodeSoftware2020.pdf>. Acesso em: 7 mar. 2021.

AYRES, Robert U.; AYRES, Leslie (Ed.). *A handbook of industrial ecology*. [s.l.]: Edward Elgar Publishing, 2002.

BÖLÜK, Gülden; MERT, Mehmet. Fossil & renewable energy consumption, GHGs (greenhouse gases) and economic growth: evidence from a panel of EU (European Union) countries. *Energy*, S.l., v. 74, p. 439-46, 2014.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia do Brasil. *Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017 – ano base 2016*. Brasília, DF: EPE, 2017. Disponível em: <http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2019.

BURSZTYN, Maria Augusta; BURSZTYN, Marcel. *Fundamentos de Política e Gestão Ambiental: Caminhos para a sustentabilidade*. Rio de Janeiro: Garamond, 2012.

CHEN, Zhan-Ming; CHEN, Guoqian. An overview of energy consumption of the globalized world economy. *Energy Policy*, [s.l.], v. 39, n. 10, p. 5920-8, 2011.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. A new textiles economy: redesigning fashion's future. *Ellen Macarthur Foundation*, [s.l.], 2017a. Disponível em: [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/A-New-Textiles-Economy\\_Full-Report.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/A-New-Textiles-Economy_Full-Report.pdf). Acesso em: 1º ago. 2019.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Uma economia circular no Brasil: uma abordagem exploratória inicial. *Ellen Macarthur Foundation*, [s.l.], 2017b. Disponível em: [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/Uma-Economia-Circular-no-Brasil\\_Uma-Exploracao-Inicial.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/Uma-Economia-Circular-no-Brasil_Uma-Exploracao-Inicial.pdf). Acesso em: 10 ago. 2019.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS [FGV]. Centro de Estudos em Sustentabilidade. *Panorama de Energias Renováveis: setor industrial e América Latina*. Rio de Janeiro: FGV, 2016.

GEISSDOERFER, Martin; SAVAGET, Paulo; BOCKEN, Nancy M. P.; HULTINK, Erik Jan. The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, [s.l.], v. 143, p. 757-68, fev. 2017. [Elsevier BV]. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>

GHISELLINI, Patrizia; CIALANI, Catia; ULGIATI, Sergio. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal Of Cleaner Production*, [s.l.], v. 114, p. 11-32, fev. 2016. Elsevier BV. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>

KIRCHHERR, Julian; REIKE, Denise; HEKKERT, Marko. Conceptualizing the circular economy: an analysis of 114 definitions. *Resources, conservation and recycling*, [s.l.], v. 127, p. 221-232, 2017.

LIEDER, Michael; RASHID, Amir. Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry – a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, [s.l.], v. 115, p. 36-51, mar. 2016. [Elsevier BV]. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>

LOMBARDI, D. Rachel; LAYBOURN, Peter. Redefining industrial symbiosis: crossing academic-practitioner boundaries. *Journal of Industrial Ecology*, [s.l.], v. 16, n. 1, p. 28-37, 2012.

RIBEIRO, F. de M.; KRUGLIANSKAS, I. S. A. K. Economia Circular no contexto europeu: conceito e potenciais de contribuição na modernização das políticas de resíduos sólidos. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE (ENGEMA), 16., 2014, São Paulo. *Anais [...]*. São Paulo: ENGEMA, 2014.

SAAVEDRA, Yovana M. B.; IRITANI, Diego R.; PAVAN, Ana L. R.; OMETTO, Aldo R. Theoretical contribution of industrial ecology to circular economy. *Journal of Cleaner Production*, [s.l.], v. 170, p. 1514-22, jan. 2018. [Elsevier BV]. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.260>

STAHEL, Walter R. The product life factor. *An inquiry into the nature of sustainable societies: the role of the private sector* (Series: 1982 Mitchell Prize Papers). [S.l.]: NARC, 1982.

SPINAK, Ernesto. *Diccionario enciclopédico de bibliometría, cienciometría e informática*. [S.l.]: Unesco, 1996.

TANG, Chor Foon; TAN, Eu Chye. Electricity consumption and economic growth in Portugal: evidence from a multivariate framework analysis. *The Energy Journal*, [s.l.], v. 33, n. 4, p. 1-12, 2012.

VOSVIEWER. *Welcome to VOSviewer*, Leiden, 2019. Disponível em: <https://www.vosviewer.com/>. Acesso em: 14 ago. 2019.

### Sobre os autores:

**Josivan Leite Alves:** Bacharel em Engenharia Civil na Universidade Federal do Cariri (UFCA).  
**E-mail:** josivanleite3@gmail.com, **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0002-3335-6797>

**Milton Jarbas Rodrigues Chagas:** Doutorando em Desenvolvimento Sustentável com ênfase em Política e Gestão da Sustentabilidade pelo Doutorado Interdisciplinar da Universidade Federal do Cariri (UFCA). Mestre em Ciências Contábeis pelo Programa Multidisciplinar e Inter-regional de Pós-Graduação em Ciências Contábeis da Universidade de Brasília, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UnB/UFPB/UFRN). Especialização em Contabilidade de Custos pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Graduação em Ciências Contábeis pela UEPB. Professor adjunto da UFCA, nos cursos de Administração, Administração Pública e Ciências

Contábeis. **E-mail:** milton.rodrigues@ufca.edu.br, **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0001-5764-0859>

**Emília de Oliveira Faria:** Doutora em Desenvolvimento Sustentável, com área de concentração em Política e Gestão da Sustentabilidade, mestre em Administração, com ênfase em Administração Pública e Políticas Públicas, e especialista em Relações Internacionais pela Universidade de Brasília (UnB). Especialista em Gestão Pública pela Universidade Cândido Mendes. Graduada em Secretariado Executivo Trilíngue pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Servidora pública do quadro da UnB no cargo de secretária executiva. **E-mail:** emiliaofaria@gmail.com, **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0002-3168-1764>

**Armando de Azevedo Caldeira-Pires:** Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Técnica de Lisboa. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Engenheiro Químico pela UFRJ. Professor adjunto da Universidade de Brasília (UnB), pesquisador visitante do Instituto Superior Técnico e membro do Comitê Gestor do Programa Brasileiro de Avaliação do Ciclo de Vida Conmetro/MDIC. **E-mail:** armandcp@unb.br, **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0003-4809-5291>

