



# ConBRepro

X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



02 a 04  
de dezembro 2020

## Análise Bibliométrica dos conceitos de Metabolismo Urbano e Economia Circular aplicados à Sustentabilidade Urbana

**Eliana Maria Andriani Guerreiro**

PPEGP - UTFPR

**Regina Negri Pagani**

PPEGP - UTFPR

**Daniel Poletto Tesser**

PPEGP - UTFPR

**Cassiano Moro Piekarski**

PPEGP - UTFPR

**Resumo:** Atualmente, os conceitos de metabolismo urbano e economia circular vem se destacando em diversas áreas, despertando maior conscientização e preocupação com a manutenção dos recursos naturais. O consumo contínuo de recursos exerce pressão sobre o meio ambiente, não somente quanto à exploração, mas também, quando processados, esses recursos produzem resíduos, efluentes e emissões. Com o crescimento acelerado da população urbana aumentam os potenciais problemas ambientais, econômicos e sociais, necessitando de alternativas que visam fortalecer a sustentabilidade urbana. Objetivo deste trabalho foi realizar uma análise bibliométrica das temáticas de metabolismo urbano e economia circular aplicados a sustentabilidade urbana. Neste contexto, foram analisados o recente incremento de publicações na temática, os principais países, áreas de conhecimento, instituições e agências de fomento envolvidas com o avanço científico da temática. Observou-se, a partir dessa análise, um aumento nos estudos que utilizam os termos em conjunto, colocando-os cada vez mais em evidência nos questionamentos do desenvolvimento sustentável. A associação e aplicação destes termos é recente, onde foram identificadas publicações a partir de 2015 com crescimento em 2019, originários em grande parte da Europa e Ásia. Uma notoriedade foi constatada pela área de maior concentração de publicações em meio ambiente, ciências sociais e tecnológicas, como também, uma uniformidade nos resultados quanto ao tipo de documento, afiliações e agências de fomento financeiro.

**Palavras chave:** Economia Circular, Metabolismo Urbano, Sustentabilidade Urbana.

## Bibliometric analysis of the concepts of Urban Metabolism and Circular Economy applied to Urban Sustainability

**Abstract:** Currently, the concepts of urban metabolism and circular economy have been highlighted in several areas, raising awareness and concern with the maintenance of natural resources. The continuous consumption of resources add pressure in the environment, not only in terms of exploration, but also, when processed, these resources produce waste, effluents and emissions. With the accelerated growth of the urban population, environmental, economic and social problems are increasing, requiring methods that aim to strengthen urban sustainability. The objective of this work was to carry out a bibliometric analysis to themes as urban metabolism and circular economy

applied to urban sustainability. In this context, there is a recent increase of publications on the theme, the main countries, areas of knowledge, institutions and development agencies involved in the scientific advancement of the theme were analyzed. It was observed, from this analysis, an increase in studies that use the terms together, putting them more and more in evidence in the questions of sustainable development. The association and application of these terms is recent, where has been observed some publications in 2015 with growth at this number in 2019, most of them from Europe and Asia. A notoriety was seen by the area with the highest concentration of publications in the environment, social and technological sciences, as well as a uniformity in the results regarding the type of document, affiliations and financial development agencies.

**Key-words:** Circular Economy, Urban Metabolism, Urban Sustainability.

## 1. Introdução

A sustentabilidade urbana vem emergindo na literatura científica, nos últimos anos, juntamente com a ideia de “cidade circular” como um campo de interesse e debate motivado por uma série de desafios como escassez de recursos, crise econômica, falta de identidade social, inovação e disponibilidade de tecnologias, que as cidades do futuro enfrentarão (BOERI et. al., 2019). Esses desafios também são parte dos principais problemas que desafiam as autoridades das cidades em uma perspectiva de longo prazo.

Nesse contexto, o metabolismo urbano surge como uma forma de quantificação dos fluxos das cidades, considerando-as como organismos que necessitam de entradas de matéria, energia e água, estocam uma parte, e lançam efluentes e resíduos para fora de suas fronteiras (MOLINA-PRIETO; SUÁREZ-SERRANO; VILLA-CAMACHO, 2019).

Segundo Kennedy, Cuddihy e Engel-yan (2007), o conceito de metabolismo urbano deriva diretamente da aplicação da ecologia industrial para sistemas urbanos, em que pode ser analisado, em termos dos fluxos fundamentais: água, materiais, energia e nutrientes. O metabolismo urbano pode ser definido como a soma total de processos socioeconômicos e técnicos ocorridos nas cidades, ocasionando em crescimento, eliminação de resíduos e produção de energia (KENNEDY; PINCETL; BUNJE, 2011).

Em 1965, o cientista americano Abel Wolman divulgou em um artigo intitulado “O metabolismo das cidades” o conceito de metabolismo urbano, se tornando o criador do tema (MOLINA-PRIETO; SUÁREZ-SERRANO; VILLA-CAMACHO, 2019). Para Wolman, as cidades têm uma série de necessidades metabólicas para sustentar seus habitantes, como alimentos, combustível, roupas, bens duráveis, materiais de construção, energia elétrica, entre muitas outras.

A maioria das cidades, de acordo com Zaman e Lehmann (2013), apresentam uma linearidade no metabolismo, onde os recursos são produzidos, usados e descartados, muito pouco é reaproveitado. Com isso precisam de grandes quantidades de recursos e energia para manter seu funcionamento. Na Figura 1, é representado o fluxo do metabolismo linear.



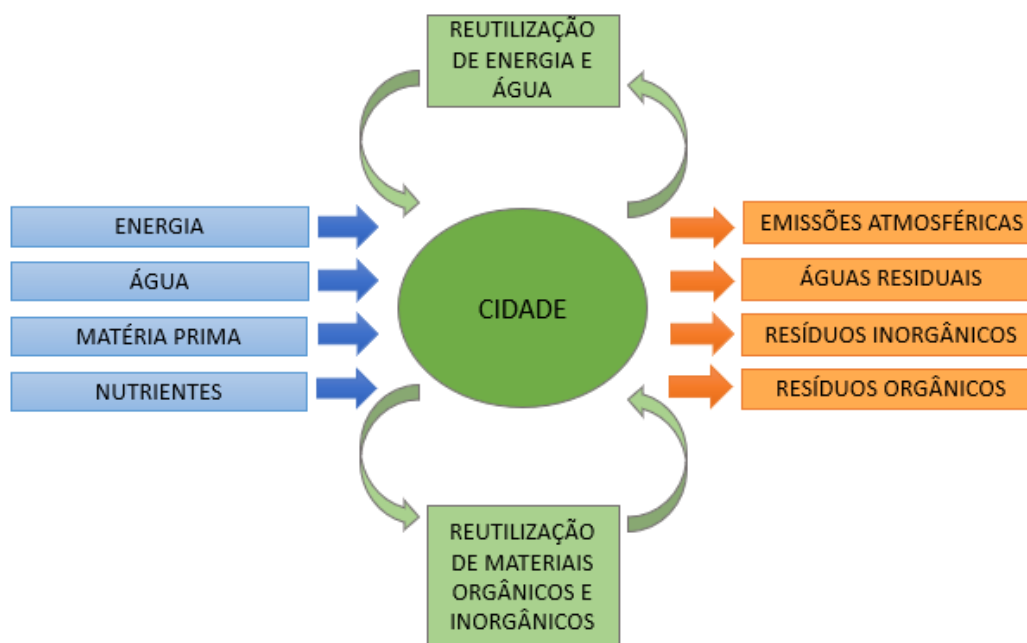
Fonte: Adaptado Achermann (2018)

Em uma cidade com desperdício zero, onde o fluxo de material é circular, significa que estes mesmos materiais serão utilizados repetidamente até o nível ideal de consumo, nenhum material será desperdiçado ou subutilizado em cidades circulares (ZAMAN;

LEHMANN, 2013). Os princípios fundamentais do metabolismo circular são conservação, recuperação e reutilização.

O ciclo metabólico, segundo Wolman (1965), só é concluído quando os resíduos e desperdícios causados por atividades diárias são removidos e eliminados, sem que haja perigo ou desconforto aos habitantes da cidade (MOLINA-PRIETO; SUÁREZ-SERRANO; VILLA-CAMACHO, 2019). Neste metabolismo os ciclos são fechados, o que é resíduo para uma atividade é matéria prima para outra e as fontes de energia costumam ser renováveis, assim como a natureza (Figura 2).

**Figura 2 – Metabolismo Circular**



**Fonte: Adaptado Achermann (2018)**

Nesse cenário, o conceito de cidade circular torna-se associado ao conceito de economia circular, em que trata as questões relacionadas, principalmente, à redução, reciclagem, recuperação e de atividades, compondo os 4Rs nas cidades (BOERI et. al., 2019).

A Economia Circular (EC) pode ser entendida como “uma ideia e um ideal” diante das crescentes limitações dos recursos naturais da Terra, conduzindo a um novo caminho de transição para produção e consumo visando a sustentabilidade (HOMRICH et al., 2018).

Para Moraga et al. (2019), a EC é uma abordagem para promover a responsabilidade e uso cíclico de recursos. Sendo um conceito abrangente, inclui a redução de insumos e a minimização de geração de resíduos, desassociando o crescimento econômico do uso de recursos naturais. O monitoramento da EC em escala macro, atualmente, inclui métodos que empregam a Análise de Fluxo de Material, Análise de Emergências e Análise de Entrada e Saída.

A proposta de uma Economia Circular (EC) oposta a usual economia linear, é vista como uma possível ferramenta para contemplar e atender as novas demandas no que tange, principalmente, as questões ambientais. Diversas iniciativas relacionadas à EC são relatadas na literatura, como também a necessidade de quantificar seus reais benefícios (MORAGA et al., 2019).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise bibliométrica das temáticas de metabolismo urbano e economia circular aplicados a sustentabilidade urbana. Para isso, foram analisados o recente incremento de publicações na temática, os principais

países, áreas de conhecimento, instituições e agências de fomento envolvidas com o avanço científico da temática.

## 2. Metodologia da Pesquisa

A prospecção dos conceitos, técnicas e métodos do Metabolismo Urbano e Economia Circular foi efetuada a partir de uma avaliação bibliométrica de documentos encontrados nas bases de dados Scopus (2020) e Web of Science (2020). Para esta pesquisa foram utilizadas as duas primeiras etapas da metodologia de revisão sistemática de literatura Methodi Ordinatio (PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2015; 2017). As etapas estão descritas a baixo:

- Etapa 1: definição da intenção de pesquisa: pesquisar os conceitos de “urban metabolism” AND “circular economy” AND “urban symbiosis”;
- Etapa 2: Busca exploratória nas bases de dados: foi realizada uma busca avançada com combinações de palavras-chave aplicadas com o operador booleano “AND” e caractere de truncamento (“”), apresentadas na Tabela 1, com finalidade de encontrar os termos de maior relevância, e consequentemente, identificar métodos e técnicas sobre o tema.

**Tabela 1 – Combinação de palavras-chave buscadas no banco de dados**

Combinações	
“urban metabolism” AND “circular economy” AND “urban symbiosis”	(A)
“urban metabolism” AND “circular economy”	(B)
“circular economy” AND “urban symbiosis”	(C)
“urban metabolism” AND “urban symbiosis”	(D)

Fonte: Aatoria Própria (2020)

A partir dos resultados obtidos das pesquisas, os documentos foram analisados e classificados quanto à quantidade de publicações por anos, áreas de pesquisa, países de origem e principais patrocinadores de financiamento e/ou agências de fomento financeiro.

## 3. Resultados e Discussão

Com base nas pesquisas realizadas com as respectivas combinações de palavras-chave nas bases de dados, Scopus e Web of Science, foi possível quantificar as publicações disponíveis para a consulta, como apresentado na Tabela 2.

**Tabela 2 – Quantitativo das combinações de palavras-chave buscadas no banco de dados**

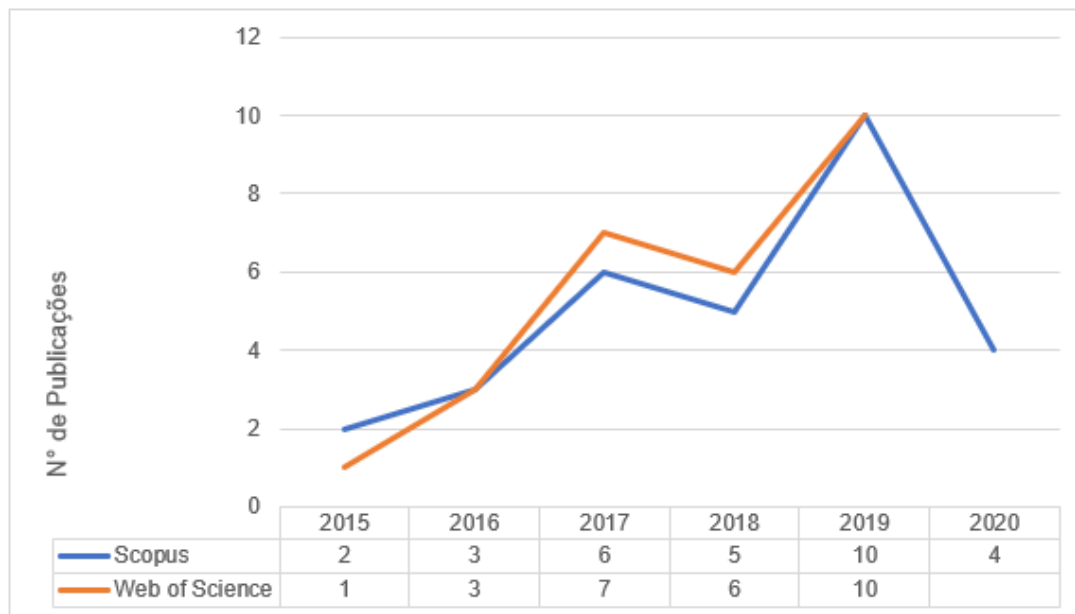
Combinação	Scopus	W.Science	Total
(A)	0	0	0
(B)	30	27	57
(C)	0	0	0
(D)	1	0	1

Fonte: Aatoria Própria (2020)

Nas combinações (A) e (C) não foram encontrados nenhum resultado nos bancos de dados. Já na combinação (B), a base de dados Scopus apresentou 30 resultados e na Web of Science 27, totalizando 57 documentos. Na última combinação (D), foi identificado apenas 1 documento na base de dados da Scopus, sendo este, um artigo duplicado quando comparado com a combinação (B).

Por serem termos que estão sendo trabalhados em conjunto a pouco tempo, o número de publicações não é expressivo, mas nota-se um avanço nas pesquisas a partir de 2015, como pode se observar na Figura 3.

**Figura 3 – Distribuição anual de publicações científicas**

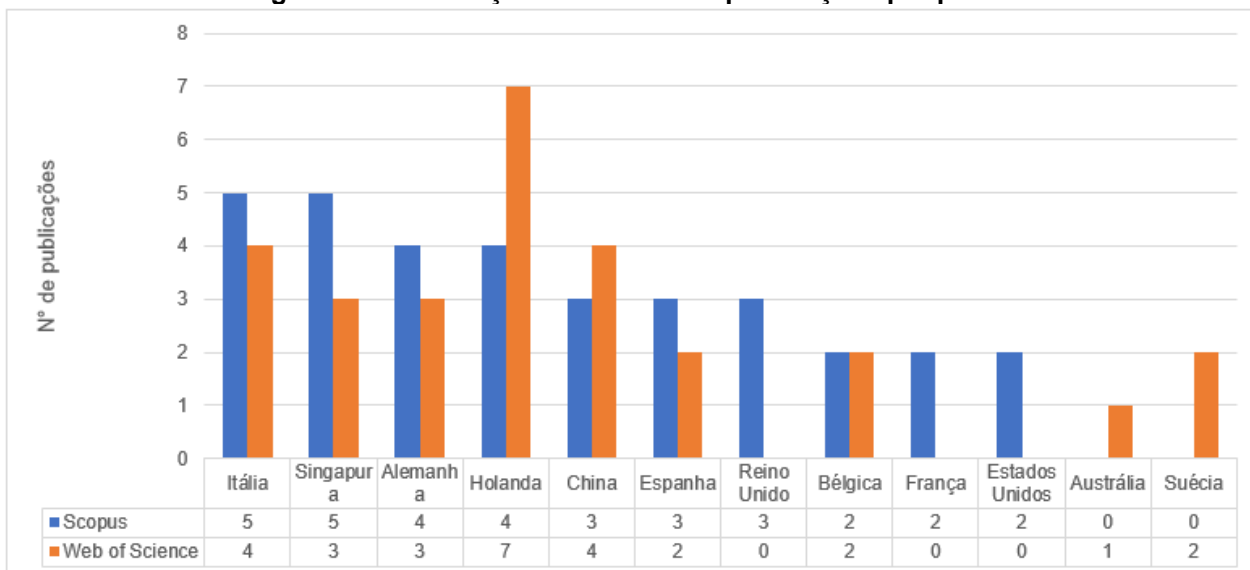


**Fonte: Dados obtidos a partir da Scopus e Web of Science (2020)**

Percebe-se que a união dos termos Metabolismo Urbano e Economia Circular tem um aumento nas publicações desde 2015 nas duas bases de dados, mas o maior número de publicações encontradas é em 2019. Espera-se que em 2020 o número de publicações supere as de 2019.

Quanto aos países com maior quantidade de publicações pode-se destacar Holanda, Itália e Singapura onde os termos Metabolismo Urbano e Economia Circular vem sendo pesquisados constantemente devido ao planejamento estratégico urbanístico, como é apresentado na Figura 4.

**Figura 4 – Distribuição do número de publicações por países**



**Fonte: Dados obtidos a partir da Scopus e Web of Science (2020)**

Na base de dados Scopus, a Itália e Singapura são os países com o maior número de publicações, 5 cada um, seguidos pela Alemanha e Holanda, com 4. China, Espanha e

Reino Unido seguem com 3 publicações. Enquanto a Bélgica, França e os Estados Unidos têm 2 publicações.

A Holanda ocupa o primeiro lugar entre todas as publicações das duas bases, com 7 documentos, contribuindo, conseqüentemente, para que a Europa se destaque em publicações sobre os temas. Em seguida, na base de dados Web of Science, a Inglaterra, Itália e China, aparecem com 4 publicações.

Dos doze países com publicações, sete pertencem à União Europeia (UE): Alemanha, Bélgica, Espanha, França, Holanda, Itália e Suécia. A UE foi a precursora em diversas áreas da política de gestão de resíduos, publicando em 1973 o Primeiro Programa de Ação destinado ao meio ambiente (TEIXEIRA; PEREIRA; TEIXEIRA, 2019). Enquanto a China vem implementando os conceitos de EC desde o início dos anos 2000 nos planos governamentais (BERALDI; DIAS, 2018).

De acordo com os relatórios de desenvolvimento humano, publicado pelo Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas (UNDP, 2019), esses países que se destacaram nas publicações possuem o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) muito alto e alto, como mostra as respectivas posições na Tabela 3.

**Tabela 3 – Classificação do IDH**

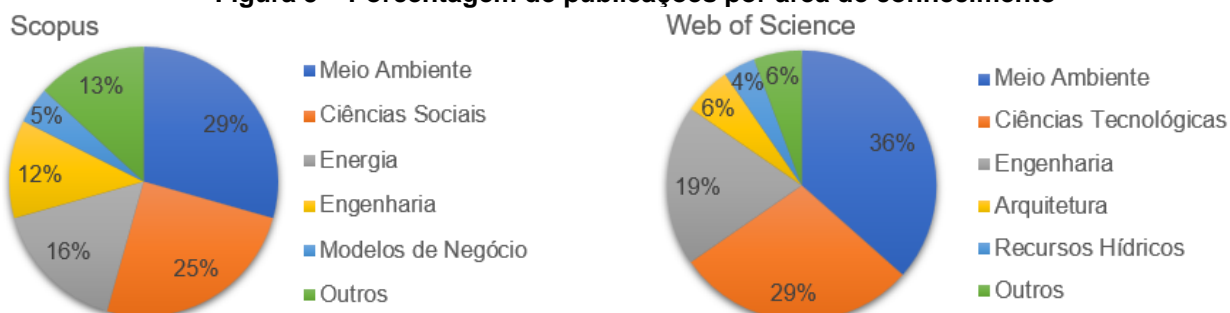
Posição	Países	Valor IDH	Desenvolvimento Humano
04	Alemanha	0,939	
06	Austrália	0,938	
08	Suécia	0,937	
09	Singapura	0,935	
10	Holanda	0,933	
15	Reino Unido	0,920	Muito alto
15	Estados Unidos	0,920	
17	Bélgica	0,919	
25	Espanha	0,893	
26	França	0,891	
29	Itália	0,883	
85	China	0,758	Alto

Fonte: Adaptado de UNDP (2019)

Essa nova visão estratégica pode conferir uma grande oportunidade de formação de novas cadeias de valor se contempladas as alterações estruturais fundamentais para envolver as novas demandas de circularidade.

Dentre as áreas de publicação dos documentos, destacam-se: meio ambiente, ciências sociais e tecnológicas, energia, engenharia e arquitetura. Como mostra a Figura 5, essas áreas temáticas de publicação dos documentos são variáveis quando comparadas as bases de dados.

**Figura 5 – Porcentagem de publicações por área de conhecimento**



Fonte: Dados obtidos a partir da Scopus e Web of Science (2020)

Por se tratarem de conceitos baseados na inteligência da natureza, se opondo ao processo produtivo linear, onde os resíduos são insumos para a produção de novos produtos, é de extrema relevância as pesquisas na área do meio ambiente, apresentando o maior percentual nas duas bases pesquisadas, 29% e 36%.

Sem a existência de resíduo, em que tudo serve continuamente de nutriente para um novo ciclo, a cadeia produtiva na indústria passa a ser repensada englobando novos modelos de negócio minimizando também o consumo de energia, recursos hídricos e emissões de gases de efeito estufa. O modelo ainda impulsiona a economia e gera empregos em arquitetura, ecodesign, reciclagem e logística reversa.

Em tipos de documentos publicados, o maior percentual é de artigos, com mais de 70%, e na sequência, artigos de conferência e procedimentos, entre 10 e 17%, como aparece na Figura 6.

**Figura 6 – Percentagem de publicações por tipo de documento**

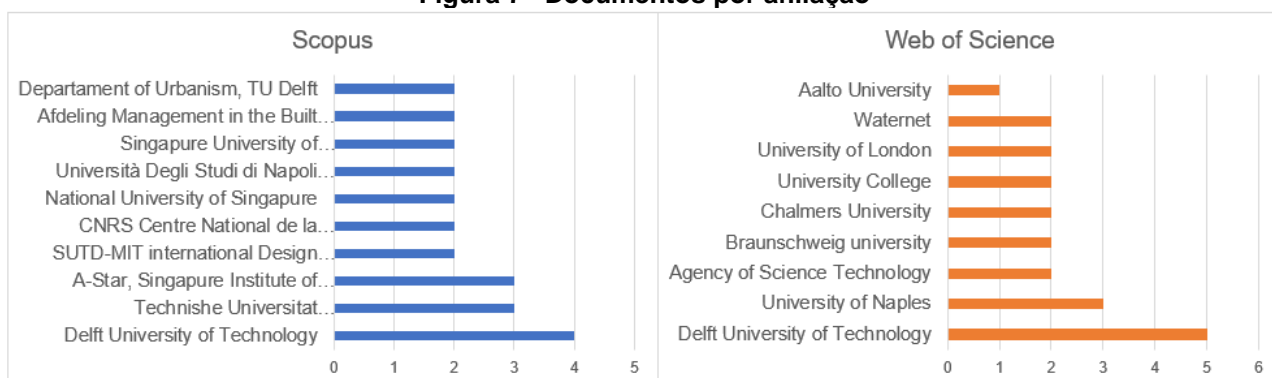


Fonte: Dados obtidos a partir da Scopus e Web of Science (2020)

Nos tipos de documentos, com uma porcentagem menor, estão os artigos de revisão, entre 3 e 7%, capítulo de livro com 3%, e editoriais, 3% em ambas as bases.

Na sequência, Figura 7, foi analisada a distribuição de documentos por afiliação.

**Figura 7 – Documentos por afiliação**

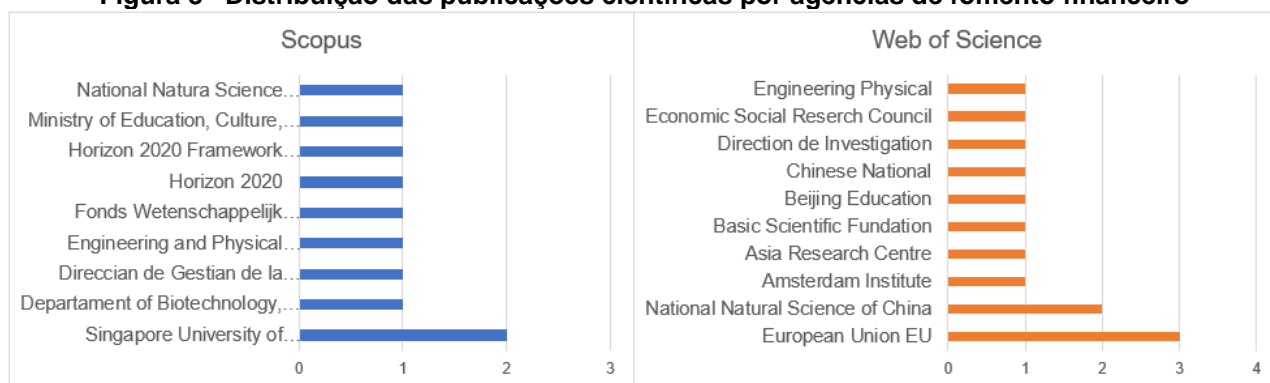


Fonte: Dados obtidos a partir da Scopus e Web of Science (2020)

A Delft University of Technology se destaca nessa distribuição com 4 (na Scopus) e 5 (na Web of Science) documentos publicados. Em seguida, Technische Universitat Braunschweig, A-Star Singapore Institute e University of Naples apresentam 3 publicações. Os demais, em grande maioria, apresentaram 2 documentos.

Na Figura 8, foram identificadas as publicações científicas distribuídas por agência de fomento financeiro.

**Figura 8 –Distribuição das publicações científicas por agências de fomento financeiro**



**Fonte: Dados obtidos a partir da Scopus e Web of Science (2020)**

European Union obteve o maior número de documentos publicados (3), seguido por Singapore University Technology e National Natural Science of China, com 2 cada. Os demais patrocinadores seguiram todos com apenas uma publicação.

Foi possível observar que as publicações encontradas nas bases de dados Scopus e Web of Science, nos temas Metabolismo Urbano e Economia Circular, contêm números semelhantes, considerando a quantidade de documentos apontados para essa análise e o período de publicação.

#### **4. Conclusões**

Os conceitos de Metabolismo Urbano e Economia Circular são um tanto quanto inovadores aplicados no desenvolvimento das cidades, onde, de maneira geral, reduz os impactos ambientais, com planos e ações urbanas que se adaptem aos ecossistemas naturais e biológicos.

Em vários locais pelo mundo já está sendo aplicada a Economia Circular no Metabolismo Urbano, onde apostam em diferentes abordagens para acelerar a transição desse paradigma.

A incorporação de resíduos nas cadeias produtivas como matéria prima para outras, a utilização de fontes de energia renováveis de baixo impacto melhorando a eficiência metabólica em relação ao consumo de água e energia, são exemplos para a redução dos impactos globais.

Por se tratar de uma área pouco explorada, ainda em ascensão, verifica-se uma limitação de embasamento teórico e técnicas que permitam a aplicação da Economia Circular nas cidades e no Metabolismo Urbano. Mesmo com as indicações e projeções dos benefícios dessa implementação serem evidenciados, a viabilidade de aplicação é limitada devido aos poucos investimentos em pesquisa e desenvolvimento por parte dos estados e empresas, como também, a necessidade de modificação de toda a cadeia produtiva até que se anulem os impactos das atividades existentes nas cidades.

Nota-se que a fusão e aplicação dos termos é recente, com publicações a partir de 2015 e crescimento em 2019. Na Europa, Itália e Holanda são os países com maior número de publicações seguido por Singapura. Estima-se que 2020 supere as publicações de 2019 tendo em vista a importância dos temas para o desenvolvimento urbano sustentável. Essa notoriedade é demonstrada pela área de maior concentração de publicações em meio ambiente, ciências sociais e tecnológicas.

A análise bibliométrica realizada representa a aplicação de uma metodologia que conduziu para um embasamento teórico sobre os princípios do Metabolismo Urbano e Economia Circular aplicados na Sustentabilidade Urbana, sendo necessário novas pesquisas



complementares visando identificar métodos e ferramentas de análise quantitativa para avaliar as cidades ou enquadrá-las em tipologias de perfis de consumo de recursos.

A junção dos conceitos nesta bibliometria visa o desenvolvimento de cidades sustentáveis, como também, atrair as empresas, comunidades e governantes para este objetivo, sugerindo que a longo prazo a economia se transforme mesmo em um sistema regenerativo onde as entradas de recursos, a produção de resíduos e emissões e perdas de energia sejam minimizados pela desaceleração, redução e fechamento dos ciclos de materiais e energia.

No contexto atual a abordagem do metabolismo urbano assume um papel fundamental e não pode ser excluído do processo de planejamento e gestão das cidades, é preciso que as cidades e sociedades se transformem para que possam se sustentar.

A principal limitação deste trabalho é que os dados foram coletados em apenas duas bases de dados. Assim, sugere-se que para trabalhos futuros mais bases sejam utilizadas para ampliar o foco de observação sobre os temas.

### **Reconhecimento e Agradecimentos**

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), da Fundação de Apoio à Educação, Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (FUNTEF-PR/PG) e da United Nations Organization for Industrial Development (UNIDO) / GEF (Global Environment Facility). Agradecemos o suporte disponibilizado para a elaboração desta pesquisa.

### **Referências**

ACHERMANN, Jason Daniel Lang. **A Importância do Metabolismo Urbano para as Cidades Contemporâneas**. 2018. Disponível em: <<https://cutt.ly/4dO4CsG>>. Acesso em: 22 mar. 2020.

BERARDI, Patricia; DIAS, Joana Maia. O mercado da economia circular. **GV EXECUTIVO**, v. 17, n. 5, p. 34-37, 2018.

BOERI, Andrea; GASPARI, Jacopo; GIANFRATE, Valentina; LONGO, Danila; BOULANGER, Saveria O. M.. CIRCULAR CITY: A METHODOLOGICAL APPROACH FOR SUSTAINABLE DISTRICTS AND COMMUNITIES. **Wit Transactions On The Built Environment: Eco-Architecture 2020**, A Coruna, Espanha, v. 183, p.73-82, 7 jul. 2019. DOI: 10.2495/ARC180071.

HOMRICH, Aline Sacchi et al. The circular economy umbrella: Trends and gaps on integrating pathways. **Journal Of Cleaner Production**, [s.l.], v. 175, p.525-543, fev. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.064>.

KENNEDY, Christopher; CUDDIHY, John; ENGEL-YAN, Joshua. The Changing Metabolism of Cities. **Journal Of Industrial Ecology**. Massachusetts, p. 43-59. jul. 2007.

KENNEDY, C.; PINCETL, S.; BUNJE, P.. The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design. **Environmental Pollution**, [s.l.], v. 159, n. 8-9, p.1965-1973, ago. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2010.10.022>.

MOLINA-PRIETO, Luis Fernando; SUÁREZ-SERRANO, Mónica; VILLA-CAMACHO, María Eugenia. Bucle multidisciplinar para la sustentabilidad urbana. **Revista de Arquitectura**,

Bogotá, Colombia, v. 21, n. 2, p.76-88, 2019. Editorial Universidad Católica de Colombia. <http://dx.doi.org/10.14718/revarq.2019.21.2.2048>.

MORAGA, Gustavo; HUYSVELD, Sophie; MATHIEUX, Fabrice; BLENGINI, Gian Andrea; ALAERTS, Luc; VAN ACKER, Karel; MEESTER, Steven de; DEWULF, Jo. Circular economy indicators: What do they measure?. **Resources, Conservation And Recycling**, [s.l.], v. 146, p.452-461, jul. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.045>.

PAGANI, Regina Negri; KOVALESKI, João Luiz; DE RESENDE, Luis Mauricio Martins. Avanços na composição da Methodi Ordinatio para revisão sistemática de literatura. **Ciência da Informação**, v. 46, n. 2, 2017.

PAGANI, Regina Negri; KOVALESKI, João Luiz; RESENDE, Luis Mauricio. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. **Scientometrics**, v. 105, n. 3, p. 2109-2135, 2015.

TEIXEIRA, João Pereira; PEREIRA, Margarida; TEIXEIRA, José Afonso. Economia Circular na Região de Lisboa e Vale do Tejo. 2019.

UNDP. PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DAS NAÇÕES UNIDAS. ONU. **Relatórios de Desenvolvimento Humano**: classificação do índice de desenvolvimento humano. 2019. Disponível em: <<https://cutt.ly/VdOPCE7>>. Acesso em: 04 ago. 2020.

SCOPUS. **Advanced search**. 2019. Disponível em: <<http://bit.ly/2llecCj>>. Acesso em: 11 mar. 2020.

WEB OF SCIENCE. **Acesso Cafe**. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/303VmH5>>. Acesso em: 11 mar. 2020

WOLMAN, Abel. The Metabolism of Cities. **Scientific American**, [S.L.], v. 213, n. 3, p. 178-190, set. 1965. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/scientificamerican0965-178>

ZAMAN, Atiq Uz; LEHMANN, Steffen. The zero waste index: a performance measurement tool for waste management systems in a 'zero waste city'. **Journal Of Cleaner Production**. Australia, p. 123-132. 1 jul. 2013.