ANAIS
IV EURO ELECS
2021

ARTIGO

# TECNOLOGIAS APLICADAS PARA FOMENTO DE SUSTENTABILIDADE, CIRCULARIDADE E RESILIÊNCIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO: UM MAPEAMENTO SISTEMÁTICO COM BASE NA LITERATURA INTERNACIONAL

**VENTIN, Jadi Tosta Iglesias**
*(jadi.ventin@ufba.br)*
*Universidade Federal da Bahia (UFBA), Brasil*

**ALBERTE, ElainePinto Varela**
*Universidade Federal da Bahia (UFBA), Brasil*
*(elaine.varela@ufba.br)*

**CARNEIRO, Alex Pires**
*(alexpires@ufba.br)*
*Universidade Federal da Bahia (UFBA), Brasil*

## PALAVRAS-CHAVE:

Resiliência urbana, economia circular, sustentabilidade, ambiente construído, mapeamento sistemático da literatura

## RESUMO

Os conceitos de sustentabilidade, circularidade e resiliência urbana são comumente relacionados a ações e estratégias para melhoria do desempenho do ambiente construído. Contudo, pesquisas que relacionam estes temas ainda são um campo em atual exploração. Observa-se ainda o desafio em promover ferramentas e tecnologias que embasem os caminhos para incorporar resiliência e circularidade ao ambiente construído, na busca por moradias decentes, seguras e sustentáveis. Este artigo apresenta um panorama da literatura internacional sobre tecnologias aplicadas ao fomento da circularidade, resiliência e sustentabilidade do ambiente construído. Uma análise a partir de indicadores bibliométricos e cientométricos e de conteúdo foi realizada para identificar as tendências e lacunas do conhecimento. Como resultado, diversas tecnologias são identificadas e categorizadas, observando que os conceitos de circularidade, resiliência e sustentabilidade estão conectados, mas não são substituíveis. Observa-se como tendência de utilização tecnologias de base DSS no sentido top-down e ACV no sentido bottom-up, além de uma grande variedade de bases tecnológicas e aplicabilidades. Espera-se que os resultados contribuam para o direcionamento de novos estudos sobre o tema, de modo a incentivar a utilização de tecnologias para implementação de melhorias em aglomerados urbanos com vistas a fomentar a circularidade e sustentabilidade.

# 1. INTRODUÇÃO

O setor da construção é um dos mais importantes e influentes da economia mundial (YIN et al., 2018). Em contrapartida, a Organização das Nações Unidades (UN ENVIRONMENT, 2018) estima que 40% das emissões globais de $CO_2$ podem ser atribuídas à indústria da construção, enquanto Ingrao et al. (2018) afirmam que o setor é responsável por 50% de todo o consumo de energia do planeta. Dentro desse contexto, a promoção de cidades inteligentes – comumente conhecidas como *smart cities* – se torna ainda mais importante, pois busca desenvolver soluções tecnológicas para lidar com problemas de grandes cidades (BANSAL; SHRIVASTAVA; SINGH, 2015). Essas tecnologias podem proporcionar estratégias de urbanização inteligente como monitoramento, tomada de decisões baseada em modelagens de agentes, fusão de dados, aviso de catástrofe e planejamento de segurança (HAN; HAWKEN, 2018; KUMMITHA; CRUTZEN, 2017). Segundo Zhu, Li e Feng (2020) espera-se que a cidade inteligente possa usar a tecnologia da informação para causar impactos sociais, melhorando os serviços da cidade e aprimorando a resiliência, a sustentabilidade e circularidade do ambiente construído.

O significado de sustentabilidade consiste em alcançar o equilíbrio na utilização de recursos naturais de forma a evitar sua decadência ou esgotamento, preservando assim o acesso de futuras gerações (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1991). A Economia Circular (EC), por sua vez, se destaca como um modelo produtivo que busca promover a sustentabilidade. Surge como uma solução para harmonizar as ambições de crescimento econômico da sociedade e o meio ambiente, ao buscar a substituição do padrão linear insustentável de produção atual (extrair, transformar e descartar), por um padrão circular, onde almeja-se otimizar e fechar o ciclo de vida dos produtos, a partir do aumento de sua vida útil e de sua reinserção na cadeia produtiva (LIEDER; RASHID, 2017). Por fim, a resiliência pode ser definida como a capacidade existente de um sistema de absorver os efeitos de uma perturbação ou evento, mantendo suas funções principais (SKONDRAS et al., 2020). Estas perturbações podem ter causas naturais ou podem ser consequência da dinâmica linear e insustentável do planeta, como por exemplo o aumento do número de enchentes causadas pelo aquecimento global.

Existe um alinhamento acadêmico de que os conceitos de resiliência, sustentabilidade e circularidade estão conectados, mas não são substituíveis (HASSLER; KOHLER, 2014; SCHAUBROECK, 2020). A sustentabilidade busca reduzir os impactos ambientais, sociais e econômicos negativos que são uma das causas das mudanças climáticas. Há muitas formas de diminuir esses impactos, e uma delas é buscando promover uma maior circularidade dos processos. Por outro lado, a resiliência busca reduzir os efeitos desses impactos no ambiente (BIGOLIN, 2018; SCHÖGGL; STUMPF; BAUMGARTNER, 2020).

Recentes revisões de literatura mostram diversas tecnologias utilizadas para fomentar a sustentabilidade, a circularidade e a resiliência no ambiente construído. Contudo, as associações apresentadas entre tecnologias e estes conceitos são fragmentadas e não demonstram um panorama dos atuais caminhos das pesquisas sobre o tema. A área de conhecimento ainda carece de um mapeamento sistemá-

tico da literatura que avalie as tendências e características de utilização dessas tecnologias dentro do âmbito objeto de análise.

# 2. METODOLOGIA DE PESQUISA

A metodologia utilizada neste estudo tem caráter exploratório e se caracteriza como uma pesquisa bibliográfica que busca traçar um mapeamento sistemático da literatura, permitindo uma visão ampla de um tema de pesquisa. De acordo com Kitchenham (2007), um mapeamento sistemático é uma ferramenta que possibilita a identificação de grupos de evidências e desertos de evidências e tem potencial para identificar lacunas de pesquisa para realização de estudos primários.

A *string* utilizada na busca tem como base a adaptação do método PICO (*Population, Intervation, Comparasion* e *Outcomes*) proposto por Pai et al. (2004). A questão e termos de pesquisa levaram em consideração 3 dos 4 itens do método: população (P), a intervenção (I) e os efeitos desejados (O). Já que não há uma comparação entre dois métodos específicos, o item *Comparasion* não foi utilizado neste estudo (Figura 1). O levantamento utilizou o Scopus como base de dados pela sua representatividade na publicação de artigos científicos sobre o ambiente construído. Esta base de dados foi escolhida devido à sua relevância na divulgação de produções cientificas sobre o ambiente construído. A *string* elaborada conta com as palavras-chave obrigatórias "resilience" ou "*circular economy*", pois o estudo tem como objetivo filtrar apenas tecnologias que possuam ou um ou os dois temas como aplicação central. Ainda referente aos *Outcomes*, os termos "sustanability" ou "*sustainable*" precisariam aparecer no título ou no resumo ou nas palavras-chave, visto que estes termos não são mais tão utilizados como palavras-chave nas publicações dos últimos anos. No que se refere a *Intervation*, a *string* possui a obrigatoriedade apenas do termo "*technology*". Por fim, quanto à População, o enfoque é no ambiente construído, havendo então um leque de possibilidades que abordam desde itens relacionados a construções até itens relacionados a cidades.

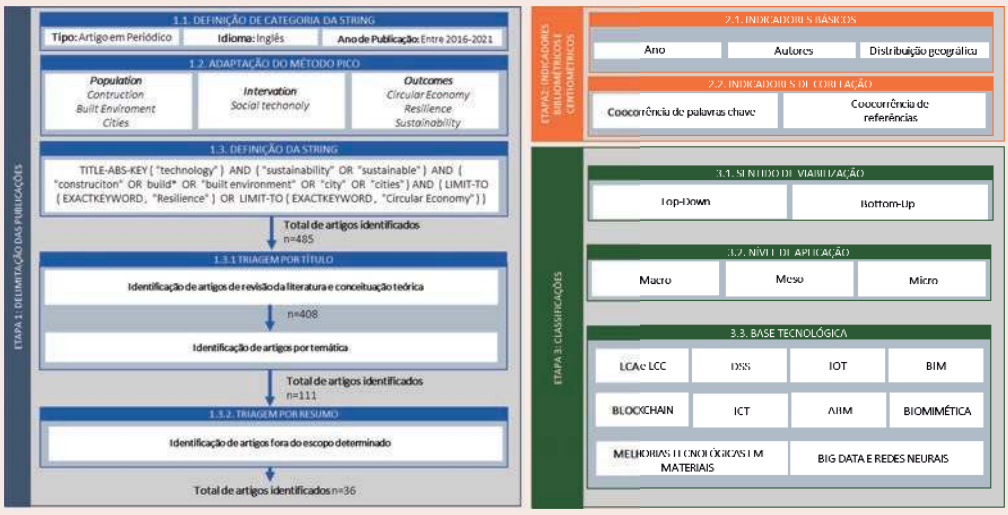


**Figura 1.** Fluxograma da metodologia utilizada

Utilizando um protocolo baseado na metodologia Prisma (PRISMA, 2020), foram realizados alguns refinamentos automáticos na própria plataforma do Scopus, limitando a amostra em artigos publicados em periódicos no idioma inglês nos últimos 5 anos (2021-2016). Deste modo, a busca inicial da *string* identificou 485 resultados. Seguindo o protocolo adotado, realizaram-se novos filtros utilizando outros critérios de inelegibilidade a partir da leitura dos títulos e resumos. Primeiramente, por meio dos títulos foi realizada a seleção de trabalhos que demonstravam possuir pesquisas conceituais ou de revisão da literatura que não apontassem a utilização de nenhuma tecnologia. Deste filtro, foram removidos 77 trabalhos, caracterizados como revisão da literatura ou proposta conceitual sobre a temática. Posteriormente, ainda utilizando os títulos dos trabalhos, foi possível categorizá-los em áreas temáticas de interesse (gestão das cidades, construção, gestão de desastres, saneamento básico e outros). Em seguida, um segundo filtro foi realizado, identificando apenas os artigos que tinham como objetivo solucionar problemáticas da construção, gestão de cidades ou propostas multidisciplinares. Nesta fase, obteve-se uma amostra de 111 publicações. O terceiro filtro aplicado foi realizado a partir da leitura dos resumos levando em consideração os mesmos critérios anteriores. Das 111 publicações, apenas 36 foram considerados elegíveis.

Na etapa 2 foram aplicados indicadores bibliométricos e centimétricos. As publicações foram categorizadas de acordo com o ano de publicação, distribuição geográfica, quantidade de citações e rede de co-ocorrências de termos em resumo. Para o estudo de dados cientométricos foram realizadas análises através de mapas e gráficos produzidos com o apoio do software VOSviewer®.

Na terceira etapa, os estudos analisados foram classificados por:

- Base tecnológica: nesta classificação agrupam-se os estudos conforme a base tecnológica/metodológica principal utilizada na pesquisa, a partir de semelhanças encontradas nas propostas de ferramenta apresentadas nos artigos.
- Sentido de aplicação: categoriza-se o estudo em função de sua abordagem: top-down (de cima para baixo) ou bottom-up (de baixo para cima). Lieder e Rashid (2016) determina estes dois tipos de abordagens para implementação em larga escala da Economia Circular. O sentido top-down (de cima para baixo) compreende ações da sociedade e do poder publico. No âmbito da EC, envolve políticas e legislações específicas, infraestrutura de suporte e consciência social. Por outro lado, o sentido bottom-up (de baixo para cima) abrange ações lideradas pela iniciativa privada No âmbito da EC, compreende modelos colaborativos de negócio, melhorias em design de produtos e cadeias de suplementos, além de tecnologia da informação.
- Nível de aplicação: Esta classificação envolve a escala de aplicação que a tecnologia se propõe nos estudos (micro, meso ou macro). Segundo Oliveira, Dantas e Soares (2020), a escala micro abrange produtos ou empresas, a escala meso abrange cidades e comunidades, enquanto a escala macro abrange estados, países e setores industriais.

Os dados levantados em todas as fases foram cruzados para que análises mais especificas fossem realizadas.

# 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O primeiro filtro aplicado à amostra inicial de 485 artigos, correspondeu à avaliação sobre a natureza da pesquisa. Deste filtro, foram removidos cerca de 16% dos trabalhos caracterizados como revisão da literatura ou proposta conceitual sobre a temática. Os 408 artigos restantes foram classificados quanto a área temática (Figura 2). A maior fatia tinha como ponto principal a utilização e tecnologias para gestão de desastres (22% da amostra), pois é o campo de maior interesse para estudos sobre resiliência. A segunda e terceira posição foram ocupadas pelos temas de interesse deste estudo, ou seja, focados nas temáticas de gestão de cidades e construção. Estudos que abrangem múltiplas áreas, aqui classificados como multidisciplinares, também foram incluídos na amostragem final.

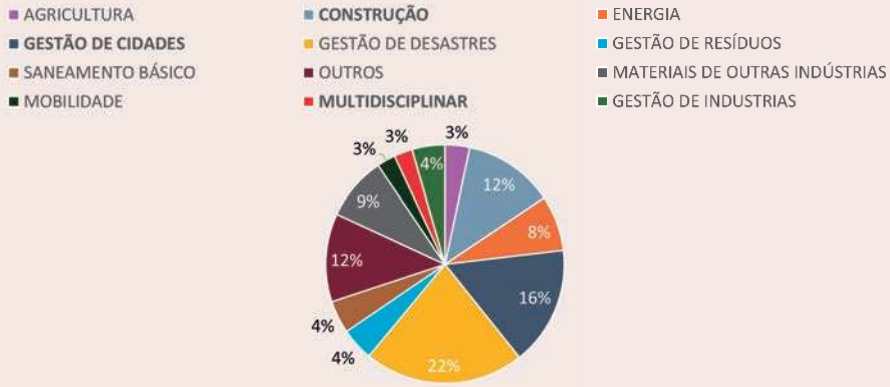


**Figura 2.** Categorização temática dos artigos identificados

Considerando apenas os artigos que tinham como objetivo solucionar problemáticas da construção, gestão de cidades ou propostas multidisciplinares (total de 111 artigos), destacam-se os estudos voltados a gestão de cidades. Deste total, 58 atuam sobre gestão de cidades, 44 sobre construção e 9 possuem caráter multidisciplinar.

A Figura 3 apresenta a evolução temporal das 36 produções que compõem a amostral final selecionada. Nela, é possível perceber um grande progresso de publicações, especialmente a partir de 2019, demonstrando um aumento do interesse sobre a temática. Considerando que os resultados apontados para o ano 2021 são parciais e levantados até o mês de maio de 2021, é possível inferir que o aumento de publicações será ainda maior que o apresentado.

Quanto a localização das produções (Figura 4), é possível notar que os EUA se destaca em publicações acadêmicas sobre o tema, como é usual observar, visto os diversos investimentos que o país realiza em pesquisa na área tecnológica para a construção civil. Na segunda posição aparece a Itália, onde observa-se que o interesse do país pode ser correlacionado a investimentos públicos realizados na área de resiliência urbana. Ainda sobre a análise de localização das produções, é possível perceber uma distribuição entre os continentes com produções também na Oceania, África e Ásia. A América Latina, por sua vez, possui uma única publicação no Chile.

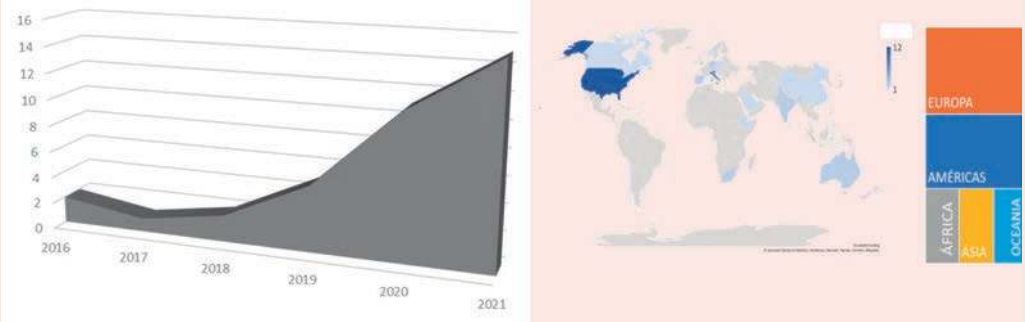


**Figura 3 e 4.** Produções por ano e produção por país e continente

As Figura 5 e 6 estruturam análises de rede efetuadas através do instrumento de mineração de texto do VOSviewer. A partir do software, foi possível desenvolver redes baseadas no total link strength (TLS), métrica que se baseia na interação entre os nós e a quantidade de conexões entre os elementos objeto de análise.

A figura 5 apresenta a rede de ocorrência de palavras do resumo que se repetem ao menos 2 artigos da amostra final. De um total de 81 termos inicialmente identificados, e com a remoção de palavras sinônimas e termos de menor relevância e ocorrência, a rede final foi composta por uma amostra de 22 palavras-chave (27% do total inicial). Os termos que apareceram significativamente com mais ocorrência foram "*technology*", "*building*", "*sustentability*" e "*resilience*", todas palavras-chave utilizadas na *string*. As palavras "*circular economy*" e "*circularity*", por sua vez, apareceram em escala menor. Apesar de serem contempladas na *string*, foram palavras mais adotadas em trabalhos que não possuíam natureza aplicada e, portanto, tais artigos foram descartados nos filtros iniciais.

Por fim, a relevância das publicações que compõe a amostra final foi avaliada a partir da quantidade de citações encontradas na plataforma Scopus (Figura 6). Nesta análise, destacam-se os trabalhos de Marjaba e Chidiac (2016), Fregonare et al. (2017) e Serrat-Capedevilla et al. (2019).

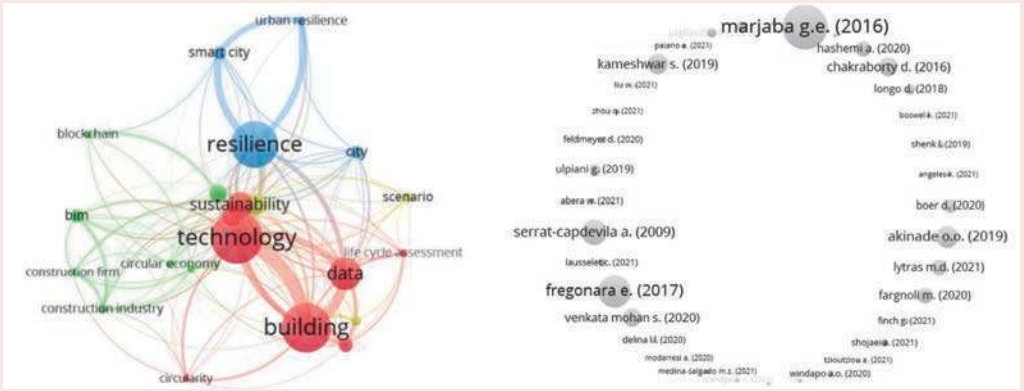


**Figura 5 e 6.** Palavras-chave mais utilizadas em resumos e artigos mais citados

Após aplicação do último filtro e leitura completa da amostra final, foi realizada a proposição de 10 categorias, agrupando os estudos conforme a base metodológica da ferramenta proposta, podendo um mesmo artigo pertencer a mais de uma categoria. São elas:

Análise do ciclo de vida (ACV) e *Life Cycle Cost* (LCC): Nesta categoria foram agrupados os estudos que adotaram ACV e/ou LCC como uma das bases tecnológicas principais. O ACV é uma ferramenta que avalia o impacto de produtos no meio ambiente considerando todos os elementos do processo a partir da aquisição de matérias-primas até o descarte (Itskos et al., 2016). Por sua vez, o LCC contabiliza os custos que incorrerá ao longo de seu ciclo de vida, incluindo despesas de capital e despesas operacionais (Kubba, 2012)

*Decision Support System* (DSS): Nesta categoria se encontram os estudos que utilizaram de forma destacada DSS, sistema informatizado que coleta e analisa dados, sintetizando-os para auxiliar no processo de tomada de decisão de gestores (Li; Liu, 2019);

*Internet of things* (IoT): Nesta categoria foram agrupados os estudos que enfatizam o uso de tecnologias que utilizam IoT, um sistema computadorizado que relaciona máquinas mecânicas e digitais com a capacidade de transferir dados através de uma rede sem exigir necessariamente interação entre humanos ou entre humano e computador (Paret; Crégo, 2019);

*Building Information Modeling* (BIM): Nesta categoría foram agrupados os trabalhos que adotaram o BIM como base tecnológica/metodológica principal. O BIM pode ser definido como uma metodologia que representa o processo de desenvolvimento e uso de uma edificação a partir de modelo gerado por computador para simular o planejamento, projeto, construção e operação de uma instalação (Yun, 2019);

*Blockchain*: Nesta categoria encontram-se as pesquisas que adotaram a tecnologia de registro *blockchain* como uma das tecnologias principais. *Blockchain* pode ser entendida como uma tecnologia de registro de dados criptografados e armazenados como blocos interconectados em uma rede, tendo como características principais a autenticação, descentralização, imutabilidade e confiabilidade dos dados armazenados (Bassam, 2021);

*Information and communication technologies* (ICTs): Nessa categoria estão os estudos que utilizaram ICTs, tecnologias que permitem o manuseio da informação e facilitam diferentes formas de comunicação entre seres humanos e sistemas eletrônicos (Rondeau et al., 2015);

*Agent Based-Model* (ABM): Nesta categoria encontram-se as pesquisas que realizaram ABMs, ou seja, modelagens computacionais que tentam capturar complexos processos e fenômenos sociais dentro de um ambiente e suas influências com o objeto de estudo (Chen, 2012);

Biomimética: Nessa categoria se encontram os estudos que adotaram tecnologias novas que têm como premissa o conceito de biomimética, sendo está uma emulação dos modelos, sistemas e elementos da natureza com o propósito de resolver problemas de outras áreas (Thandapani et al., 2018);

*Big Data* e redes neurais: Nessa categoria se encontram os estudos que adotaram tecnologias para previsão de dados que utilizam banco de dados em larga escala (*Big Data*) e redes neurais como forma de que sejam automatizadas respostas para determinados padrões (Rautenberg; do Carmo, 2019);

Melhorias tecnológicas em materiais: Nessa categoria se encontram os trabalhos que buscam desenvolver tecnologias aplicadas para melhoria dos processos produtivos de matérias primas da construção civil, buscam melhorar a vida útil do produto ou reinserir seus resíduos na cadeia produtiva.

A Figura 7 apresenta o panorama da amostra selecionada por base tecnológica e nível de aplicação dos estudos. Observa-se uma maior concentração de pesquisas desenvolvidas a nível micro com destaque para estudos que realizam ACV e LCC, buscam melhorias tecnológicas em materiais e utilizam *Big Data* e redes neurais. Quanto as publicações em nível meso, há um grande destaque para o uso de DSS, seguido de trabalhos que utilizam ICT e ABM. Também é possível notar que pouquíssimas tecnologias são abordadas pensando em uma escala macro, o que configura um deserto de evidências sobre essa ótica.

A Figura 8 correlaciona as bases tecnológicas com o sentido de aplicação do estudo. No sentido *Bottom-Up* há uma grande concentração de trabalhos que realizam ACV e LCC, buscam melhorias tecnológicas em materiais e utilizam *Big Data* e redes neurais. Dentro deste âmbito, nota-se a utilização destas tecnologias principalmente para auxiliar na tomada de decisões de projetos de construções. No sentido *Top-Down* as tecnologias DSS, ICT e ABM se destacam. Nesses casos, as tecnologias são utilizadas como forma de suporte para tomada de decisão de gestores públicos em nível de comunidade ou cidades.

Observa-se aqui que os 3 trabalhos mais citados entre as publicações da amostra final tem em comum a utilização da base tecnológica DSS (Marjaba e Chidiac, 2016; Fregonare et al., 2017 e Serrat-Capedevilla et al., 2019).

O uso de tecnologias alinhadas ao conceito de biomimética, por outro lado, foi observado tanto em aplicações com sentido *Bottom-Up* quanto *Top-Down*. Mohan e Modestra (2020) utilizam os princípios para o desenvolvimento de bioprodutos enquanto Hayes, Desha e Baumeiter (2020) buscam melhorias do setor da construção civil como um todo.

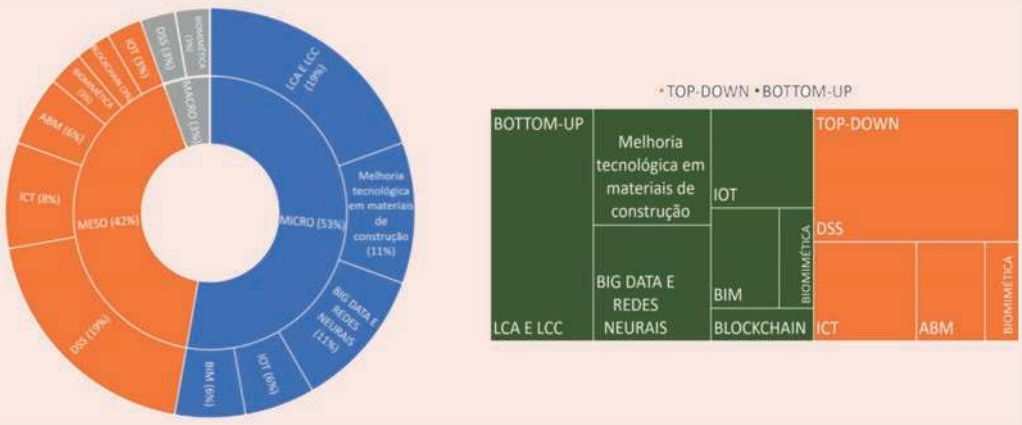


**Figura 7 e 8.** Tipo de tecnologia por nível de atuação e Bases tecnológicas e sentido de aplicação

# 4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho fornecem uma importante base para a compreensão do atual cenário das pesquisas sobre a utilização de tecnologias para fomento de sustentabilidade, circularidade e resiliência no ambiente construído. Contribui especialmente para a consolidação de uma visão geral das pesquisas na área, atuando como norteador para o desenvolvimento de novos trabalhos sobre o assunto. A curva ascendente de publicações ressalta o aumento do interesse na área de pesquisa nos últimos anos. A relativa distribuição de publicações em todo o mundo, com uniformidade do número de trabalhos publicados por continentes evidencia ainda mais o interesse global na utilização dessas tecnologias com esse propósito, apesar de um relativo deserto de publicação na América Latina. Apenas a categoria denominada biomimética apresenta estudos que adotam tecnologias aplicadas tanto no sentido *bottom-up* quanto *top-down*, situação está provavelmente atribuída ao caráter amplo da categoria proposta.

O estudo também apontou como caminho destacado a utilização de DSS no sentido *top-down*, não apenas como uma das tecnologias mais utilizadas, mas como a tecnologia observada nos estudos com maior número de citações. No sentido *bottom-up* a base metodológica mais consolidada adota as ferramentas ACV e LCC focadas em análises de edificações. Poucos trabalhos que utilizam ICT e ABM no sentido *top-down* e IoT e redes neurais foram identificados, mas se mostram como tendências de pesquisa que carecem de maiores avanços.

Observa-se que há a possibilidade de a amostra final estudada não ter incluído outros trabalhos que dissertem sobre o tema devido às restrições impostas pelas palavras-chave selecionadas na *string* de pesquisa e demais restrições, como o idioma. Contudo, os resultados encontrados são interessantes e trazem valiosas percepções sobre a área. Para trabalhos futuros podem ser levantadas as principais barreiras e limitações para utilização dessas tecnologias e uma análise a partir dos resultados obtidos, além de revisões sistemáticas aprofundadas nos *clusters* identificados e realização de trabalhos primários nos desertos.

# 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANSAL, N.; SHRIVASTAVA, V.; SINGH, J. **Smart Urbanization** – Key to Sustainable Cities. Proceedings REAL CORP 2015 Tagungsband, p. 5-7, 2015. Ghent, Belgium. Disponível em: < http://www.shram.org/uploadFiles/20180110110534.pdf>. Acessado em: 25 de mai. 2021.

BASSAM, N. E. **Blockchain**. Distributed Renewable Energies for Off-Grid Communities (Second Edition). Empowering a Sustainable, Competitive, and Secure Twenty-First Century. 2021, Pages 447-450

BIGOLIN, M. **Towards evolutionary resilience in the house-building sector**: a framework proposal and application to building skin. 2018. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura, UFRGS, Porto Alegre. Acessado em: 02 de jul. 2021.

CHEN, L. **Agent-based modeling in urban and architectural research**: A brief literature review. Frontiers of Architectural Research. Volume 1, Issue 2, June 2012, Pages 166-177.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso Futuro Comum**. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

FREGONARA, E.; GIORDANO, R.; FERRANDO, D. G.; PATTONO, S. **Economic-environmental indicators to support investment decisions**: A focus on the buildings' end-of-life stage. 2017. Buildings, 7. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/buildings7030065>.

HAN, H. HAWKEN, S. **Introduction**: Innovation and identity in next-generation smart cities. City, Culture and Society. v. 12, 2018. Disponível em: < https://doi.org/10.1016/j.ccs.2017.12.003>. Acessado em: 25 de mai. 2021.

HASSLER, U.; KOHLER, N. **Resilience in the built environment**. Building Research & Information, v. 42, n. March 2015, p. 119–129, 2014. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/263145260_Resilience_in_the_built_environment>. Acessado em: 26 de mai. 2021.

HAYES, S.; DESHA, C.; BAUMEISTER, D. **Learning from nature** – Biomimicry innovation to support infrastructure sustainability and resilience. Technological Forecasting and Social Change, 161. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120287>. Acessado em: 23 de mai. 2021.

INGRAO, C.; MESSINEO, A.; BELTRAMO, R.; YIGITCANLAR, T.; IOPPOLO, G. **How can life cycle thinking support sustainability of buildings?** Investigating life cycle assessment applications for energy efficiency and environmental performance. Journal of Cleaner Production, [s. l.], v. 201, p. 556–569, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.080>. Acessado em: 24 de mai. 2021.

ITSKOS, G., NIKOLOPOULOS, N., KOURKOUMPAS, D.S., KOUTSIANOS, A., VIOLIDAKIS, I.,DROSATOS, P., GRAMMELIS, P., 2016. **Energy and the environment**. Environ. Dev. Basic Princ. Hum. Activit., Environ. Implic. 363.

KITCHENHAM, B. A. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. Version 2.3, EBSE Technical Report, Keele University and University of Durham, UK, 2007.

KUBBA, S. **Green Design and Building Economics**. Handbook of Green Building Design and Construction. 2012, Pages 493-528

KUMMITHA, R. K. R.; CRUTZEN, N. **How do we understand smart cities?** An evolutionary perspective. Cities, v.67, p.43-52, 2017.Disponível em:< https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.04.010>. Acessado em: 26 de mai. 2021.

LI, D.; LIU, S. **Water Quality Early Warnings**. Water Quality Monitoring and Management. Basis, Technology and Case Studies. 2019, Pages 199-210

LIEDER, M.; RASHID, A. **Towards circular economy implementation**: a comprehensive review in context of manufacturing industry. Journal of Cleaner Produc-

tion. V. 115. p. 36-51. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>. Acessado em: 23 de mai. 2021.

MARJABA, G.E.; CHIDIAC, S.E. **Sustainability and resiliency metrics for buildings** - Critical review. Building and Environment, 2016. Disponível em: < https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.03.002>. Acessado em:22 de mai. 2021.

OLIVEIRA, C. T.; DANTAS, T. E. T.; SOARES, S. R. **Nano and micro level circular economy indicators**: Assisting decision-makers in circularity assessments. Sustainable Production and Consumption, 2020. Disponível em:< http://dx.doi.org/10.1016/j.spc.2020.11.024>. Acessado em: 21 de mai. 2021.

PAI, M., MCCULLOCH, M., GORMAN, J. D., PAI, N., ENANORIA, W., KENNEDY, G., THARYAN, P., & COLFORD, J. M. (2004). **Revisões sistemáticas e meta-análises**: Um guia ilustrado, passo a passo. National Medical Journal of India, 17(2), 86–95.

PARET, D. CRÉGO, P. **Definitions and Position**. Wearables, Smart Textiles and Smart Apparel. Smart Textiles and Smart Apparel. 2019, Pages 5-8

PRISMA. **PRISMA 2020 flow diagram for new systematic reviews which included searches of databases, registers and other sources**. 2020. Disponível em: < http://www.prisma-statement.org/documents/PRISMA_2020_flow_diagram_new_SRs_v2.docx>. Acessado em: 05 de jun. 2021.

RONDEAU, E., LEPAGE, F., GEORGES, J.P., MOREL, G. **Measurements and sustainability**, chapter 3. In: Dastbaz, Pattinson, Akhgar (Eds.), Green information Technology, first ed. Elsevier Book, pp. 29e59. a sustainable approach.2015.

SCHÖGGL, J. P.; STUMPF, L.; BAUMGARTNER, R. J. **The narrative of sustainability and circular economy** - A longitudinal review of two decades of research. Resources, Conservation and Recycling. v.163, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105073>. Acessado em: 22 de mai. 2021.

SERRAT-CAPDEVILA, A.; BROWNING-ALKEN, A.; LANSEY, K; FINAN, T.; VALDÉS, J. B. **Increasing social-ecological resilience by placing science at the decision table**: The role of the San Pedro Basin (Arizona) decision-support system model. Ecology and Society, 2019. Disponível em: < http://dx.doi.org/10.5751/ES-02839-140137>. Acessado em: 21 de mai. 2021.

SKONDRAS, N. A.; TSESMELIS, D. E.; VASILAKOU, C. G.; KARAVITIS, C.Resilience–Vulnerability Analysis: A Decision-Making Framework for Systems Assessment. Sustainability, 2020. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/346109413_ResilienceVulnerability_Analysis_A_Decision-Making_Framework_for_Systems_Assessment>. Acessado em: 04 de jul. 2021.

THANDAPANI, G.; RADHA, E.; JAYASHRI, J.; FLORENCE, J. A. K. ; SUDHA, P. N. **Bioactive metallic surfaces for bone tissue engineering**. Fundamental Biomaterials: Metals. Woodhead Publishing Series in Biomaterials. 2018, Pages 79-110

UN ENVIRONMENT. **Global status report 2018**: towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector. 2018. Disponível em: <ht-

tps://www.worldgbc.org/sites/default/files/2018%20GlobalABC%20Global%20Status%20Report.pdf>. Acessado em: 24 de mai. 2021.

VENKATA MOHAN, S.; AMULYA K.; ANNIE MODESTRA, J. **Urban biocycles** – Closing metabolic loops for resilient and regenerative ecosystem: A perspective. 2020. Bioresource Technology, nº306. Disponível em: < https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123098>. Acessado em: 26 de mai. 2021.

YIN, B.C.L., LAING, R., LEON, M.; MABON, L. 2018. **An evaluation of sustainable construction perceptions and practices in Singapore**. Sustainable cities and society, 39, 613-620. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.03.024>. Acessado em: 25 de mai. 2021.

YUN, B. **Design of Underground Structures**. Underground Engineering. Planning, Design, Construction and Operation of the Underground Space. 2019, Pages 47-115

ZHU, S.; LI, D.;FENG, H. **Is smart city resilient? Evidence from China**. Sustainable Cities and Society. v. 50, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101636>. Acessado em: 27 de mai. 2021.