Economia Circular e o Papel das Startups: Um Estudo no Setor da Construção Civil

Beatriz Henning, Luciana Rosa Leite

INTRODUÇÃO

A construção civil é responsável por aproximadamente 30% dos resíduos gerados na União Europeia (Köhler et al., 2024). Esse elevado impacto ambiental evidencia a necessidade de uma transição do setor para modelos de construção menos prejudiciais ao meio ambiente. Diante dessa problemática, a adoção de um modelo circular torna-se uma solução possível. Entretanto, o atraso tecnológico do setor atua como uma barreira, visto que tecnologias digitais são consideradas fundamentais para a economia circular (Çetin; De Wolf; Bocken, 2021). Nesse cenário, as *startups* se posicionam como principais motores da transformação digital, atendendo aos desafios específicos do setor na transição para modelos mais circulares de construção (Tanaka; Matsuda; MacLennan, 2024). Com modelos de negócios ágeis, escaláveis e baseados em soluções tecnológicas, essas empresas emergentes desenvolvem abordagens que priorizam o reuso de materiais, o design para a desmontagem, a rastreabilidade de componentes e a digitalização de processos construtivos (Klofsteb *et al*., 2024). Assim, o objetivo dessa pesquisa foi estudar o papel das *startups* na transição para a Economia Circular dentro do setor da construção civil, buscando identificar principais tecnologias associadas e seus devidos papéis neste processo.

DESENVOLVIMENTO

A pesquisa foi realizada por meio de uma revisão sistemática bibliográfica, estruturada de acordo com o PRISMA 2020 (Page et al., 2021). As bases de dados selecionadas para a busca dos artigos foram *Web of Science* e *Scopus* com a seguinte *string* aos campos de título, resumo e palavras-chaves*:* ((“*Circular Economy” OR “Cradle-to-Cradle" OR “Zero-Waste” OR “Circular Business Model” OR “Closed Loop Economy) AND (“Startup” OR “Tech Startup” OR “Entepreneurial Firm” OR “New Venture” OR “Technology Based Firm” OR “Digital Platform” OR “Digital”) AND (“Construction Industry” OR “Construction Sector” OR “Civil Construction” OR “Building Industry” OR “Built Environment” OR “Construction Waste”*)).

A busca inicial retornou 178 documentos, com os filtros prévios de restrição para língua inglesa e tipologia do documento como “artigo”. Os resultados da busca foram importados na plataforma *Parsifal* para a condução do processo de triagem. Na primeira etapa, a leitura dos resumos, os critérios de exclusão foram: ausência de foco em economia circular ou construção civil; e não menção a tecnologias digitais. Foram aprovados para a segunda avaliação 56 artigos, que passaram pela etapa de leitura da introdução e conclusão. Os critérios de inclusão definidos nesta etapa foram identificar uma tecnologia ou *startup*, ou identificar uma relação entre esses elementos.

Por fim, 42 artigos foram selecionados para a leitura completa. Essa amostra foi importada para software *Nvivo 14,* em que o conteúdo foi analisado por meio da codificação de tecnologias digitais e papéis. Adicionalmente, foi realizada uma análise bibliométrica na plataforma *R studio/Biblioshiny*, com o uso do pacote *Bibliometrix* para caracterizar a amostra quanto ao ano de publicação, país de origem do estudo, autores e periódico do artigo.

RESULTADOS

Após a leitura completa da amostra final (42 artigos), foi possível identificar que poucos artigos estudaram diretamente *startups* e suas relações, mas diversas tecnologias foram mapeadas. Por conta dessa característica da amostra, identificamos os papéis de forma indireta por meio das tecnologias,

considerando a relação das *startups* com tecnologias, e o entendimento da sua função como vetores de inovação e capacidade de facilitar a transformação digital (Charron Júnior; Quesado Filho, 2020). Por meio da análise bibliográfica, mapeamos que a maior parte das contribuições dentro da amostra provém de países da União Europeia, a qual possui políticas e metas para a transição a economia circular desde 2015 (*European Commission*, 2020).

A partir da análise conteúdo, foi possível identificar a frequência de ocorrência das tecnologias na amostra, conforme apresentado na Figura 1. Observa-se que a principal tecnologia é o *Building Information Modeling* (BIM), seguido de *Material Passport (Digital Product Passport* ou MP*).* Plataformas Digitais, *Blockchain* e *Digital Twin* aparecem em mais da metade dos artigos analisados. Quanto aos papéis e a aplicação, foi possível identificar cinco principais papéis para as tecnologias: (1) **Conectar o ecossistema**, para tecnologias que permitem a troca de informações entre diferentes agentes em uma só plataforma; (2) **Facilitador de informações,** para tecnologias que armazenam dados, permitem rastrear o histórico do material ao longo da cadeia produtiva ou então facilitam cálculos complexos, aparecendo predominantemente relacionado a *Material Passports;* (3) **Monitor e Auditor**, no caso de monitorar ou auditar as construções, materiais, ou prédios finalizados; (4) **Planejamento e Processo**s, em tecnologias que participam no processo de design, operações e a tomada de decisões; (5) **Permitir novas criações,** especificamente para a criação de novas peças e frequentemente encontrado junto de impressão 3D, para uma produção com zero desperdícios.

A Figura 2 retrata a relação de papéis identificados por tecnologias, demonstrando que uma mesma tecnologia pode exercer múltiplas funções. Esse aspecto é explicado pela multifuncionalidade de cada tecnologia e a necessidade de integração para que atuem de forma complementar.

Embora poucas pesquisas mencionem explicitamente *startups* como objeto de estudo, foi possível identificar projetos como *Environmate*, *Circularise*, *Spotr* e *Print Your City* para exemplificar na prática os papéis analisados. A primeira é um *marketplace,* e desempenha o papel de conectar o ecossistema para a comercialização de restos de materiais (Çetin; De Wolf; Bocken, 2021); a segunda, *Circularise,* utiliza *blockchain* para desempenhar o papel de facilitador de informação na cadeia produtiva, proporcionando maior visibilidade dos recursos (Setaki; Van Timmeren, 2022). A *Spotr* fornece um sistema de monitoramento por meio de IA e drones, exercendo o papel de monitor e auditor (Çetin; Gruis; Straub, 2022). Por fim, *Print your city* permite novas criações de itens urbanos por meio de resíduos plásticos e impressão 3D (Setaki; Van Timmeren, 2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da pesquisa realizada, foi possível compreender e identificar os papéis das tecnologias na promoção da economia circular na construção civil, com a sua viabilização liderada por BIM e *Material Passport.* Apesar das poucas aparições de *startups* na amostra, concluímos que as tecnologias estudadas podem ser implementadas por esses agentes no setor da construção civil. Os resultados demonstraram que nenhuma ferramenta atua exclusivamente em um único papel, essa característica permite que se complementem em um ecossistema de tecnologias para viabilizar a Economia Circular. Ademais, Elghaish *et al.* (2022) pontuam a importância da criação desse ecossistema digital para viabilizar a Economia Circular e aproveitar a possibilidade de que as tecnologias atuem de forma integrada. Como trabalhos futuros, recomenda-se a condução de estudos de caso para aprofundar os temas abordados na pesquisa, assim como compreender as relações entre agentes participantes do ecossistema da construção civil em um caso de economia circular.

Palavras-chave: Economia Circular, Construção Civil, Tecnologias, Startups

ANEXOS

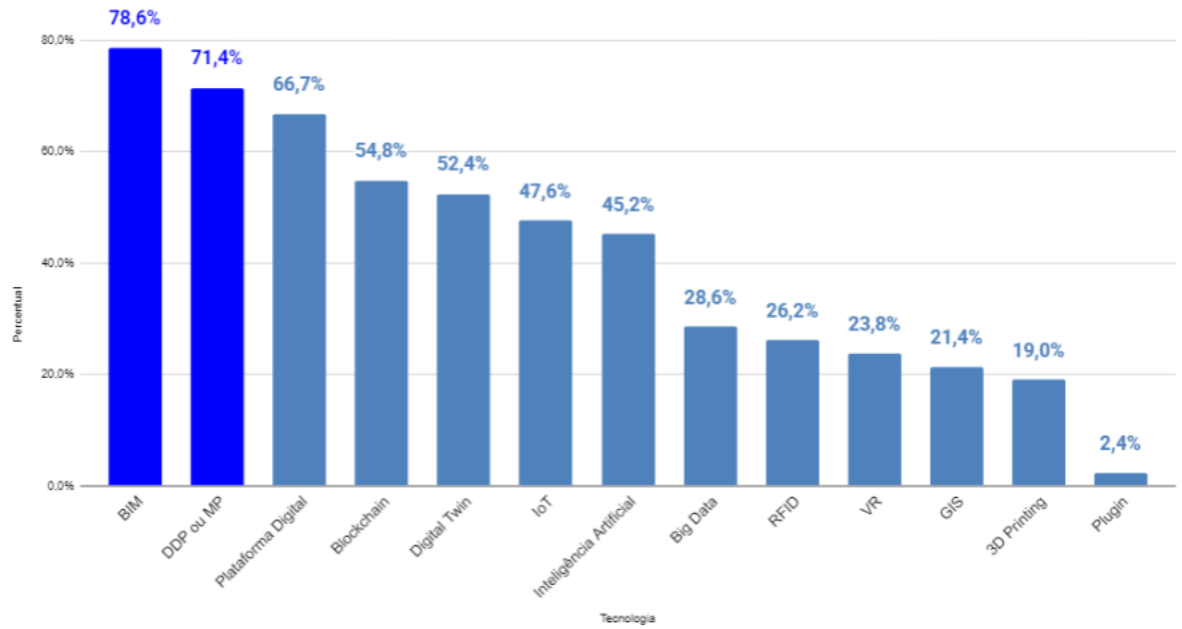


Figura 1. *Principais tecnologias nos artigos analisados*

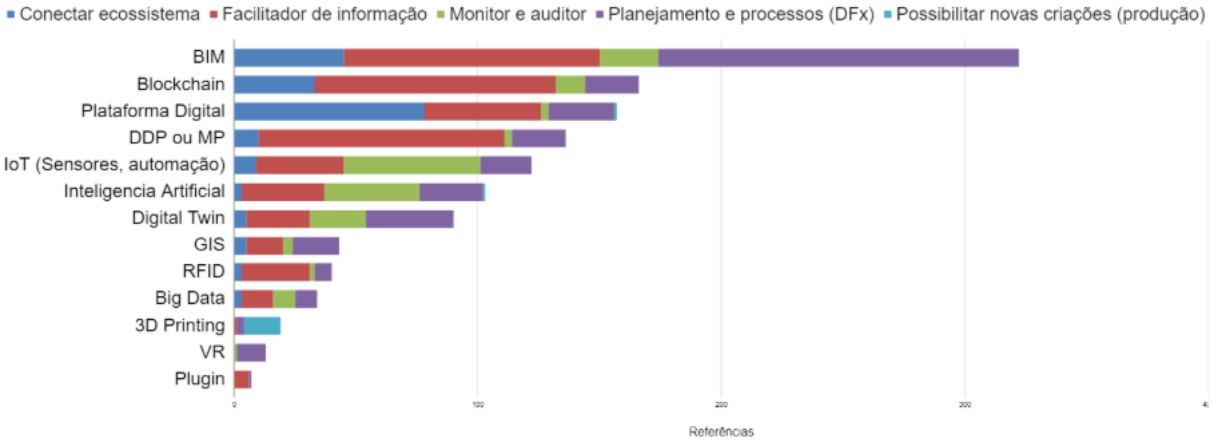


Figura 2. *Papéis identificados por tecnologias digitais encontrados na amostra analisada*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHARRON JÚNIOR, F. P.; QUESADO FILHO, N. O. A influência das startups no mercado da construção civil brasileiro. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 8, p. 56860–56875, 2020. DOI: https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-192.

ÇETIN, S.; DE WOLF, C.; BOCKEN, N. Circular digital built environment: an emerging framework. *Sustainability*, v. 13, n. 11, p. 6348, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/su13116348.

ÇETIN, S.; GRUIS, V.; STRAUB, A. Digitalization for a circular economy in the building industry: multiple-case study of Dutch social housing organizations. *Resources, Conservation & Recycling Advances*, v. 15, p. 200110, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2022.200110.

DIRECTORATE-GENERAL FOR COMMUNICATION (EUROPEAN COMMISSION). *Circular economy action plan: for a cleaner and more competitive Europe*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2020. DOI: https://doi.org/10.2779/05068.

ELGHAISH, F. et al. Applications of Industry 4.0 digital technologies towards a construction circular economy: gap analysis and conceptual framework. *Construction Innovation*, v. 22, n. 3, p. 647–670, 2022. DOI: https://doi.org/10.1108/CI-03-2022-0062.

KLOFSTEN, M. et al. Start-ups within entrepreneurial ecosystems: Transition towards a circular economy. *International Small Business Journal: Researching Entrepreneurship*, v. 42, n. 4, 2024. DOI: https://doi.org/10.1177/026624262412275.

KÖHLER, J.; NIELSEN, F. F.; VERSTERMARK, J.; THUESEN, C. Recirculation of construction and demolition waste: a case study of Danish producers and demolishers. *Cleaner Materials*, v. 14, p. 100276, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.clema.2024.100276.

PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, v. 372, n. 71, 2021. DOI: https://doi.org/10.1136/bmj.n71.

SETAKI, F.; VAN TIMMEREN, A. Disruptive technologies for a circular building industry. *Building and Environment*, v. 223, p. 109394, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109394.

TANAKA, C. A.; MATSUDA, P. M.; MACLENNAN, M. L. F. Transformação digital na construção civil no Brasil: estratégias adotadas de desenvolvimento. *Gestão & Regionalidade*, v. 40, 2024. DOI: https://doi.org/10.13037/gr.vol40.e20248242