ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Análise Bibliométrica da Construção *Off-site*: Tendências e Perspectivas

Bibliometric Analysis of *Off-site* Construction: Trends and perspectives

Paulla Borges Avila da Silva
UFBA| Salvador | Brasil | paullaborges.engcivil@gmail.com
Milena Borges dos Santos Cerqueira
UFBA| Salvador | Brasil | milena.bsc@gmail.com
Jardel Pereira Gonçalves
UFBA | Salvador | Brasil | jardelpg@gmail.com

Resumo

A construção Off-Site é um método que envolve a fabricação de elementos de um edifício em uma fábrica ou em um local de produção externo ao próprio canteiro de obra. Diante dos benefícios documentados resultantes da sua adoção global, o crescimento da quantidade e diversidade das pesquisas, essenciais para o seu entendimento, resulta em um grande volume de informações que requer a utilização de técnicas específicas de análise. Assim, este artigo objetiva avaliar de forma quantitativa a produção científica voltada para a construção Off-Site, bem como identificar as nuances, tendências e seus impactos. A metodologia empregada baseou-se em análise bibliométrica, utilizando a base de dados Scopus, entre os anos de 2018 a 2023, para investigar textos científicos sobre o tema. Os resultados indicaram um crescimento no número de artigos publicados ao longo dos anos. No entanto, notou-se uma escassez de publicações originadas do Brasil, enquanto a China se destacou com o número de periódicos. Dos artigos analisados, 44,5% abordaram temas referentes à estrutura e comportamento mecânico de elementos e sistemas da construção industrializada, indicando uma tendência de estudos no período.

Palavras-chave: Construção Off-Site. Pré-fabricados. Bibliometria. Construção industrializada.

Abstract

Off-Site construction is a method that involves the manufacturing of building elements in a factory or a production site external to the construction site itself. Given the documented benefits resulting from its global adoption, the growth in the quantity and diversity of research, which is essential for its understanding, has led to a large volume of information that requires the use of specific analysis techniques. Therefore, this article aims to quantitatively assess the scientific output related to Off-Site construction, as well as identify the nuances, trends, and their impacts. The methodology employed was based on bibliometric analysis, using the Scopus database, covering the years 2018 to 2023, to investigate scientific texts on the subject. The results indicated a growth in the number of published articles over the years. However, a scarcity of publications originating from Brazil was noted, while China stood out with the highest number of publications. Of the articles analyzed, 44.5% addressed topics related to the structure

Como citar:
SILVA, P.; CERQUEIRA, M.; GOLÇAVES, J. Análise Bibliométrica da Construção Off-site: Tendências e Perspectivas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

and mechanical behavior of elements and systems in industrialized construction, indicating a trend in studies during the period.

Keywords: Off-Site Construction. Prefabricated. Bibliometrics. Industrialized construction.

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil além de contribuir com o fortalecimento da economia, é também capaz de proporcionar desenvolvimento social. No entanto, sua relevância vem acompanhada por impactos ambientais significativos, decorrentes do uso intensivo de recursos, geração de resíduos e emissões, além do alto consumo de energia [1]. Os métodos tradicionais de construção apresentam desafios como baixa produtividade, desperdício elevado e grande demanda por recursos [2].

De acordo com [3], a construção *off-site* refere-se a uma nova abordagem de construção que move o processo de construção para longe do local físico, mas para um ambiente de fábrica controlado, apresentando um processo típico de produção multiestágio que envolve projeto, fabricação em fábrica, transporte, montagem e construção no local [4].

A construção *off-site* foi identificada como uma abordagem eficaz para aumentar a sustentabilidade da indústria da construção [4], além de representar um conjunto de inovações significativas nesse setor. Os benefícios apresentados pela construção *off-site* abrangem, entre outros, a redução de desperdício, economia de tempo, otimização da mão de obra, redução de custos, minimização de riscos para a saúde e segurança, e menor impacto ambiental [5].

Os termos "*off-site*", "construção modular" e "pré-fabricado" são frequentemente usados de maneira intercambiável na construção, mas possuem definições distintas. Enquanto construção modular refere-se a um método onde edifícios ou componentes são construídos em módulos completos, fabricados em uma fábrica e transportados para o local de construção para montagem, o pré-fabricado envolve a fabricação de componentes estruturais diversos fora do local de construção, como vigas e painéis, que são posteriormente montados no canteiro de obras. Assim, enquanto *off-site* é um termo mais abrangente, construção modular e pré-fabricado são subcategorias específicas desse método [6]. O interesse em edifícios modulares e pré-fabricados tem gerado um corpo crescente de pesquisa, visando desenvolver os sistemas estruturais [7].

De acordo com [8], a eficácia do *off-Site* é potencializada com a incorporação do BIM, o que inclui a utilização de ferramentas avançadas como scanners a laser 3D, empregados para a geração de informações *as-built*, o desenvolvimento de sistemas de MEP (Mecânica, Elétrica e Hidráulica) e a implementação de robótica para instalação mais eficiente. Dessa forma, a integração do *off-site* com outras ferramentas pode enriquecer o escopo do projeto, oferecendo suporte aos diversos processos e atividades ao longo do ciclo de vida do empreendimento.

Devido aos diversos benefícios apresentados pelo método construtivo, este tem recebido crescente atenção tanto dos profissionais da indústria, quanto dos

pesquisadores da área da construção civil. Esse interesse vem acompanhado de um aumento importante de estudos sobre a implementação desse método construtivo em diferentes sistemas e aplicações.

Nesse contexto, com a relevância do mapeamento científico e suas crescentes aplicações em diversas áreas do conhecimento, a análise bibliométrica é usada para detectar tendências de pesquisa em evolução, em campos específicos, e identificar tópicos emergentes que moldam o avanço do conhecimento nesse campo [9]. Definida como um método de análise quantitativa para a pesquisa científica, ao qual possibilita a observação do estado da ciência e tecnologia por meio de toda a produção científica registrada em um repositório de dados [10].

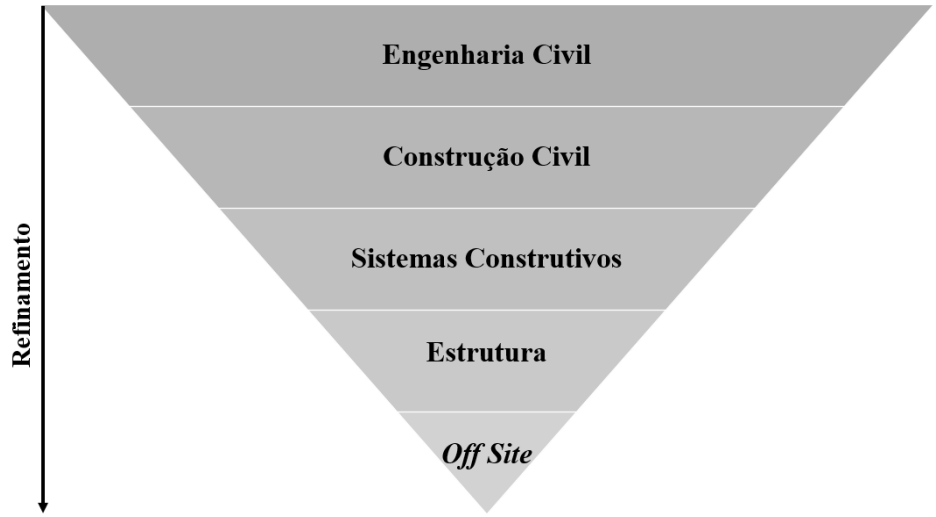
Embora a construção *off-Site* tenha ganhado destaque como uma abordagem inovadora e que contribui com a qualidade das construções, ainda existem poucas investigações que explorem de forma abrangente as tendências, colaborações e áreas emergentes associadas a este método. Ao fornecer um mapeamento detalhado dos estudos realizados entre 2018 e 2023, este artigo oferece *insights* inéditos sobre as dinâmicas e impactos dessa tecnologia, abordando um vazio crítico no conhecimento acadêmico e servindo como base para futuras pesquisas e desenvolvimento na área.

METÓDO

O presente trabalho teve como etapa inicial um estudo preliminar exploratório, na qual foram obtidas informações acerca de aspectos gerais e palavras-chave relacionadas à construção *off-site*.

Em seguida, foi realizada a delimitação da pesquisa proposta pela pirâmide invertida, conforme Figura 1.

Figura 1: Pirâmide invertida da delimitação do tema de pesquisa



Fonte: os autores.

O "paradigma da pirâmide invertida", fundamentado em autores como [11], é um conceito metodológico amplamente utilizado que orienta a estruturação de pesquisas,

começando com uma visão geral e gradualmente se aprofundando em detalhes específicos. Na metodologia adotada neste estudo, o paradigma da pirâmide invertida foi aplicado para estruturar a análise bibliométrica de forma que começasse com uma visão ampla da literatura existente sobre o sistema construtivo *off-site* e, em seguida, se concentrasse nos aspectos mais específicos e detalhados dos artigos selecionados. Esse método proporciona uma visão organizada e lógica, facilitando a compreensão das tendências e padrões emergentes no campo e assegurando que a pesquisa seja conduzida de maneira sistemática e coerente.

Em seguida, a metodologia adotada foi a análise bibliométrica, que se trata de uma abordagem amplamente reconhecida para mapear e avaliar a produção científica. Essa escolha metodológica é respaldada por autores como [12], que discutem detalhadamente os procedimentos e fundamentos da análise bibliométrica em suas obras.

Segundo [13] em uma análise bibliométrica, a primeira fase, caracteriza-se pela escolha da base de dados, e direções que a análise tomará. A segunda fase, a fase de exploração, constitui-se pela administração das técnicas, ou seja, a bibliometria em si. E a terceira fase, de interpretação dos resultados, estabelece as inferências obtidas pelos resultados

No presente trabalho, a coleta de dados foi conduzida na base de dados *Scopus* (http://www.scopus.com), escolhida por ser a plataforma com o grande número de publicações científicas na área de engenharia, abrangendo produções em escala global, sendo considerado o mais abrangente em cobertura, associado à facilidade de restrição de pesquisa e consistente na recuperação de resultados [14].

Para etapa de criação da *string* de busca inicial, foram utilizadas as palavras-chave mais frequentes encontradas no estudo preliminar exploratório, relacionadas à construção *off-site*.

Assim, o banco de publicações relevantes foi construído de maneira estruturada e abrangente, possibilitando uma investigação precisa sobre o tema. Foram localizadas publicações relacionadas aos termos *"Off-site Construction" OR "Prefabricated Construction" OR "Prefabrication" OR "Industrialized Building" OR "Panelized Construction" OR "Modular Construction" OR "Precast Construction" OR "Constructive Systems" OR "Modular buildings" OR "Prefabricated modules" OR "Prefabrication"* no título, resumo e palavras-chave, totalizando 17.815 documentos.

Ao analisar as áreas de conhecimento abordadas nas pesquisas, conforme a classificação da base de dados Scopus, observou-se um destaque significativo nas áreas de Engenharia, com 12.033 publicações, Ciência da Computação, com 4.178 publicações, e Ciência dos Materiais, com 2.172 publicações. Em seguida, destacaram-se as áreas de Matemática, Energia, e Negócios, Gestão e Contabilidade, com 1.554, 1.540 e 1.309 publicações, respectivamente. Vale ressaltar que, devido à natureza multidisciplinar do levantamento, uma única publicação pode abranger diversas áreas de conhecimento.

Como critérios para inclusão e exclusão, foram consideradas apenas as publicações relacionadas à área de Engenharia. Aplicou-se um filtro temporal para incluir trabalhos publicados nos anos entre 2018 e 2023, resultando na identificação de 4.331 publicações.

Visando direcionar a pesquisa seguindo o paradigma da pirâmide invertida, foram adicionados os termos *"Production" OR "Assembly" OR "Optimal design" OR "Design"* com o conectivo *AND*. Essa combinação visou restringir a pesquisa em publicações relacionadas à construção *off-site* na fase pré-operacional do edifício. Esse filtro resultou em 2.358 publicações. Em seguida, a palavra-chave "*reinforced concrete*" foi adicionada também com o operador *AND*, reduzindo o número de publicações para 460. Aplicou-se por fim, o critério de seleção de artigos, resultando em um total de 335.

A Tabela 1 apresenta o número de documentos conforme os termos e critérios foram aplicados.

Tabela 1: Número de artigos em função dos termos e critérios de pesquisa

Termos e Critérios	Resultado
"Off-site Construction" OR "Prefabricated Construction" OR "Prefabrication" OR "Industrialized Building" OR "Panelized Construction" OR "Modular Construction" OR "Precast Construction" OR "Constructive Systems" OR "Modular buildings" OR "Prefabricated modules" OR "Prefabrication"	17.815
"Engineering" AND 2018- 2023	4.331
"Production" OR "Assembly" OR "Optimal design" OR "Design"	2.358
"Reinforced Concrete"	460
Artigos	335

Fonte: os autores.

Na fase de análise bibliométrica das publicações resultantes, foi realizada uma leitura de todos os artigos na íntegra. Os dados extraídos foram utilizados para conduzir uma análise baseada nas informações dos autores, suas afiliações institucionais e países de origem, permitindo identificar as principais instituições responsáveis pelas publicações, bem como a forma como esses autores colaboraram entre si. Para isso, utilizou-se o software *VOSViewer*, uma ferramenta que permite gerar mapas baseados em dados de rede, além de visualizar e examinar esses mapas [15].

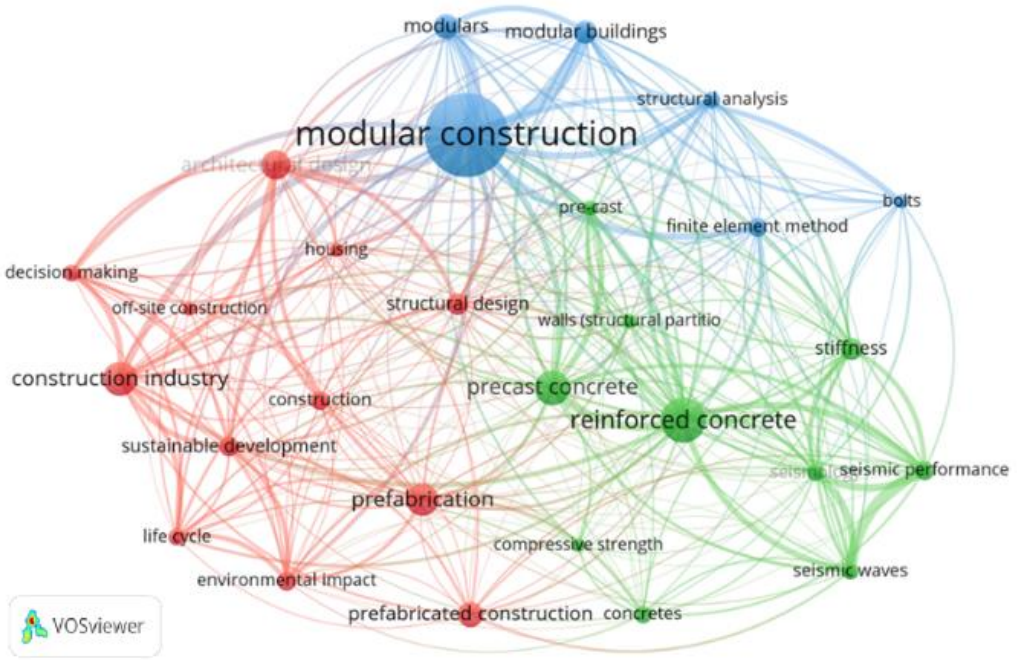
RESULTADOS E DISCUSSÃO

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

A estratégia de busca adotada no presente trabalho resultou em 335 documentos. A análise das palavras-chave mais frequentes, com pelo menos 15 ocorrências nas publicações, foi realizada utilizando o software VOSViewer. Esse software criou grupos de similaridade, conhecidos como "*clusters*", que estão conectados por termos de afinidade, facilitando a identificação de temas e subtemas relacionados ao estudo.

Na figura 2, é possível visualizar os três *clusters* apresentados por meio das diferentes colorações, assim como as relações entre os termos.

Figura 2: Palavras-chave de maior ocorrência nas publicações



Fonte: os autores.

O nó representa a palavra-chave, e seu tamanho corresponde ao número de citações. Os relacionamentos entre os nós são representados por curvas; quanto mais curvas um nó emitir, maior será sua influência. Os clusters vermelho, azul e verde ocupam posições semelhantes, estabelecendo conexões entre si.

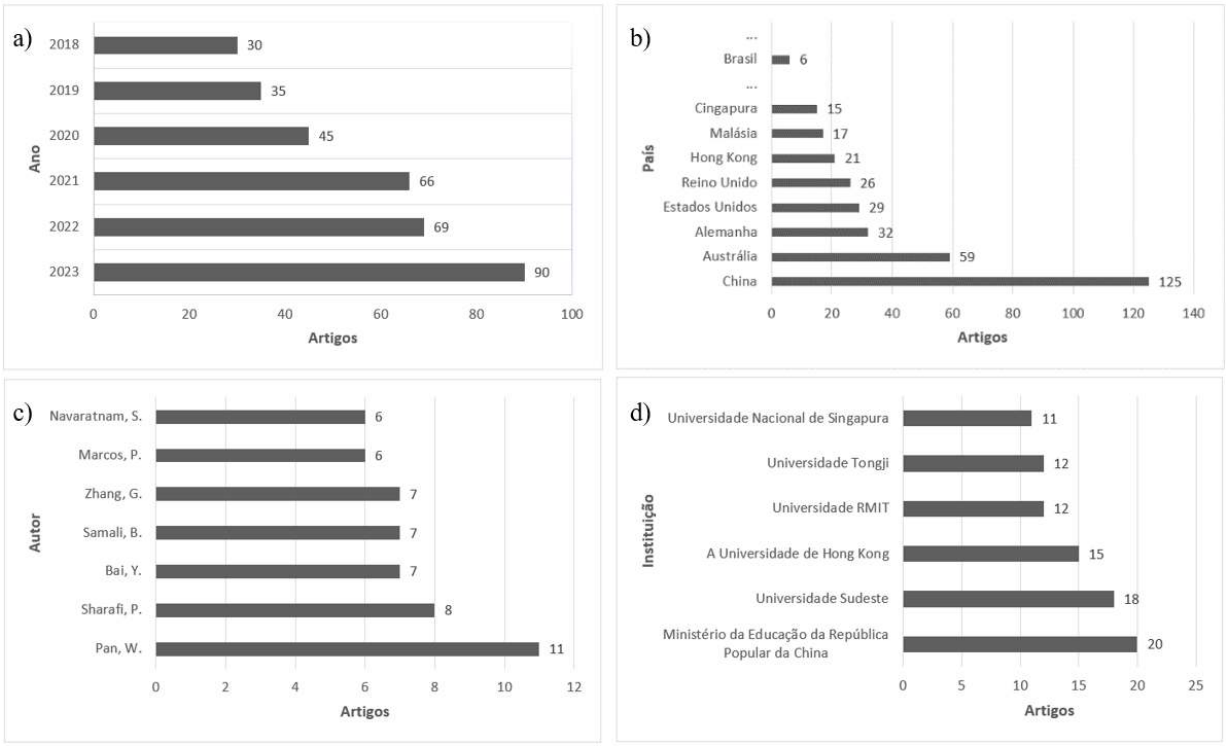
As palavras-chave mais proeminentes incluem "*Modular Construction"* (98 ocorrências), *"Reinforced Concrete"* (53 ocorrências), *"Precast Concrete"* (41 ocorrências), *"Construction Industry"* (39 ocorrências) e *"Prefabrication"* (38 ocorrências), indicando tendências de pesquisa na construção *off-site*. Termos como *"Life Cycle*", "E*nvironmental Impact*" e "*Sustainable Development*" também se destacam em ocorrências, sendo abordados em diversos estudos de grande impacto.

É interessante notar que as palavras-chave *"Precast Concrete*" e "*Construction Industry",* que apareceram em evidência, não foram adicionadas na *string* de busca, assim como outros termos de menor ocorrência. Dessa forma, é importante destacar a necessidade de uma análise mais aprofundada com a inserção desses termos.

Durante a análise, observou-se também que variações de um mesmo conceito foram encontradas, como por exemplo, *"Concrete",* referenciado de diferentes formas, como *"Concretes*" e "*Reinforced Concrete*". O resultado concentra-se em construções modulares, ocupando uma posição central e estabelecendo conexões com todos os outros *clusters* e termos da pesquisa. Isso sugere que um número significativo de estudos aborda discussões sobre este tema. A análise de palavras-chave pode ajudar os pesquisadores a compreender rapidamente o tema de um artigo, assim como os pontos críticos e as fronteiras da pesquisa na área.

As pesquisas quanto ao ano de publicação, países de origem, autores e instituições podem ser observadas na Figura 3.

Figura 3: Produção anual de pesquisa (a), Produção de pesquisa por país (b), Produção de pesquisa por autor (c), Produção por instituição de pesquisa (d)



Fonte: os autores.

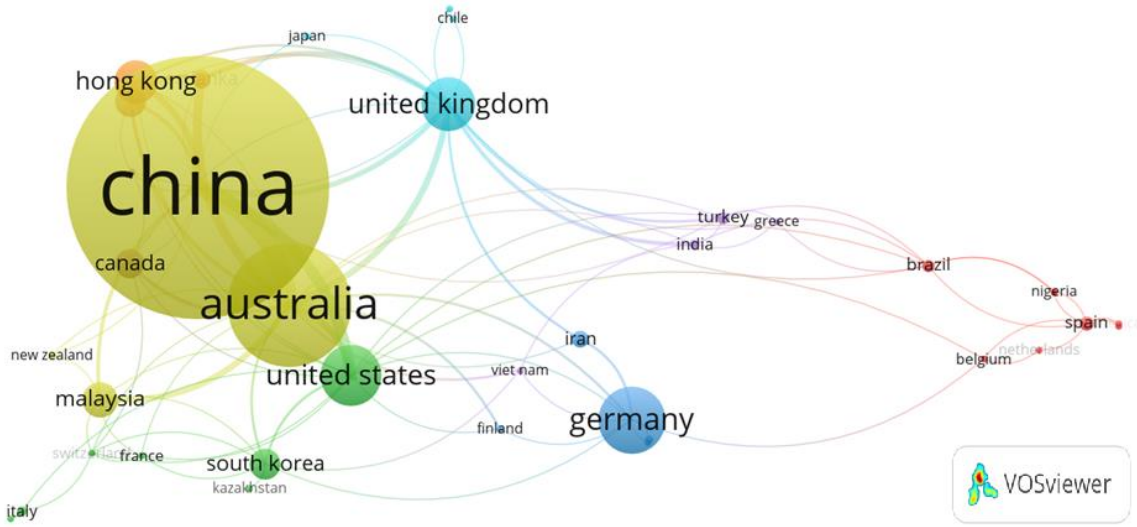
Ao analisar a Figura 3-a, torna-se evidente o progresso no número de publicações ao longo dos anos, com uma média de 55,83 publicações. Essa tendência crescente de pesquisas envolvendo o método construtivo *off-site* é ressaltada pelo aumento significativo de 46,7% na produção científica entre os anos de 2020 e 2021.

As publicações são oriundas de 49 países, destacando-se a China com 125 registros, seguida pela Austrália com 59 artigos, Alemanha com 32 artigos e Estados Unidos com 29 artigos, conforme apresentado na Figura 3-b. É importante observar que o Brasil também contribuiu, embora em menor escala, com 6 publicações, das quais 3 ocorreram em 2023, sugerindo um potencial crescente de pesquisas voltadas para o método construtivo *off-site*.

No presente estudo bibliométrico, foram identificados 160 autores que publicaram sobre construção *off-site*. A Figura 3-c revela que alguns autores se destacaram, como Pan, W. e Sharafi, P., com 11 e 8 publicações, respectivamente. Além disso, instituições de origem chinesa, como o Ministério da Educação da República Popular da China (20 publicações) e a Universidade Sudeste (18 publicações), ocupam posições de destaque, conforme mostrado na Figura 3-d.

Na Figura 4, pode-se observar a rede de interações entre os países mais influentes nesse estudo.

Figura 4: Rede de interações dos países de pesquisa mais influentes

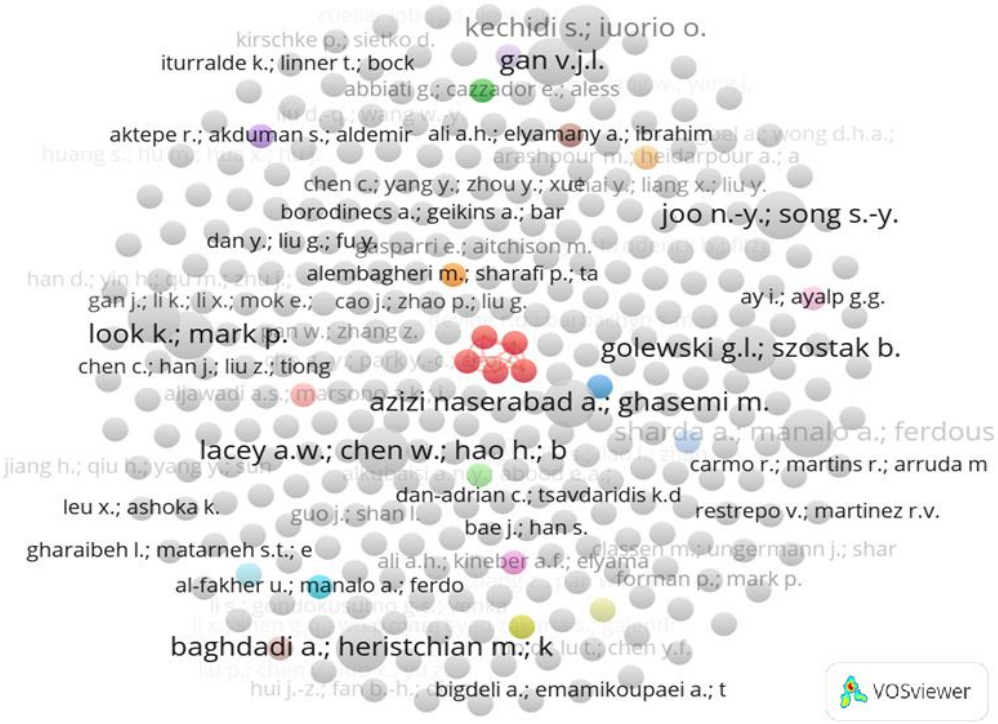


Fonte: os autores.

É possível observar a liderança da China e as interações entre os países, representadas pelas linhas de conexão. Quanto mais espessas, maior é a colaboração entre eles. Essa análise proporciona *insights* sobre as redes de colaboração e as parcerias mais significativas dentro do campo de estudo do método construtivo *off-site*.

Na Figura 5, é possível avaliar as contribuições dos autores entre si, revelando a dinâmica de colaboração dentro do campo de estudo.

Figura 5: Rede de interações dos autores de pesquisa mais influentes

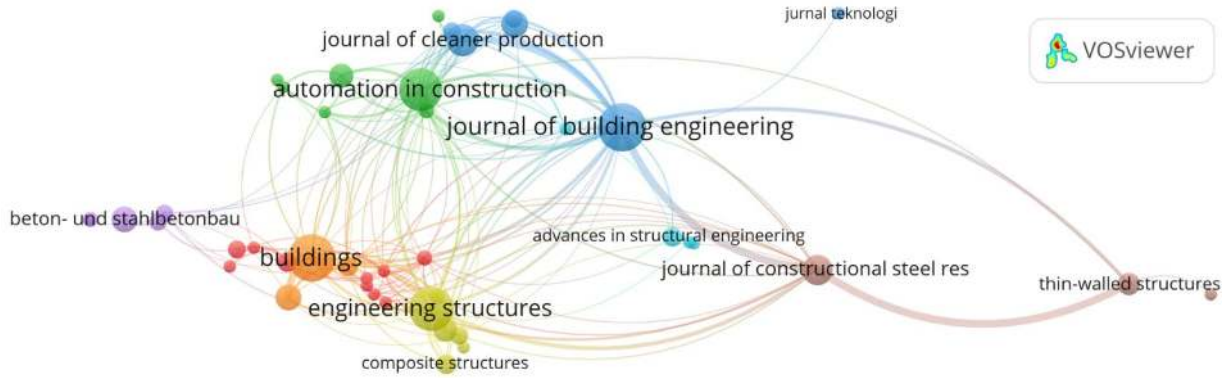


Fonte: os autores.

A análise sugere uma falta de interação significativa entre os autores, indicando que muitas das publicações são fruto do trabalho de pesquisadores isolados ou de grupos com pouca colaboração entre si. Isso ressalta a necessidade de incentivar e facilitar uma maior cooperação entre os autores para promover a troca de ideias, o compartilhamento de recursos e o avanço coletivo do conhecimento na área.

Os 335 artigos de pesquisa sobre *off-site* foram publicados em 111 revistas distintas. Na Figura 6, é possível avaliar os periódicos que exercem maior influência entre as publicações sobre o tema e como eles interagem entre si.

Figura 6: Rede de interações dos periódicos de pesquisa mais influentes



Fonte: os autores.

Os nós que se destacam com seu maior impacto baseado no total de citações são representados pelo *Journal Of Building Engineering* (28 citações), *Buildings* (27 citações), *Engineering Structures* (24 citações) e *Automation In Construction* (22 citações). Cada *cluster* mostra os periódicos co-citados pelos pesquisadores, essa análise não só identifica os líderes em termos de produção de pesquisa, mas também destaca a natureza colaborativa e interdisciplinar, revelando padrões de cooperação e compartilhamento de conhecimento entre os principais autores do domínio. Essa colaboração envolve, principalmente, parcerias entre pesquisadores, resultando em estudos com colaborações institucionais e geoespaciais.

Com base nas contagens de citações da Scopus, o artigo [16] (168 citações) se destaca com maior influência, seguidos por [17] (143 citações) e [18] (125 citações). Considerando o contexto da análise de impacto dentro do domínio da pesquisa, a métrica de citação apresenta uma limitação, pois não fornece uma medida personalizada da influência desses artigos dentro desse campo específico de pesquisa. Essas informações fornecem aos futuros pesquisadores dados altamente individualizados para estudos científicos, uma vez que os artigos citados e referenciados nesses documentos representam literatura de alta qualidade para pesquisas personalizadas sobre o método *off-site*.

Do total de 335 artigos resultantes do presente estudo bibliométrico, 44,5% abordaram temas referentes à análise estrutural e comportamento mecânico de elementos e sistemas pré-fabricados, enquanto 10,7% apresentaram estudos relacionados à execução e aperfeiçoamento de projetos, 7,8% analisaram tipos de materiais para melhoramento de desempenho mecânico de elementos e sistemas

estruturais pré-fabricados, 6,7% são referentes à estudos voltados à qualidade dos processos de construções *off-site modulares*, 4,8% abordaram o *Building Information Modeling* (BIM) e 3,6% avaliam o ciclo de vida desse sistema construtivo. Os demais artigos abordaram temas com significativo potencial de pesquisa, como desempenho térmico, energético e acústico de construções modulares, uso de novas tecnologias e inteligência artificial aplicados para inspeção e avaliação de danos, emissão de carbono e sustentabilidade, segurança na fase de montagem de pré-fabricados, e custos referentes às construções *off-site.*

Building Information Modeling e avaliação do ciclo de vida de construções *off-site*, embora sejam objeto de estudo de forma individual em alguns artigos, apenas um estudo utilizou a integração entre ambos, indicando a necessidade de avanços nessa direção.

Esses resultados estão fortemente associados às palavras-chave e ao paradigma da pirâmide invertida utilizadas na pesquisa. A escolha específica das palavras-chave e filtros foi crucial para direcionar a análise. Caso fossem incluídas outras palavras-chave ou aplicados diferentes critérios na pirâmide invertida, os resultados poderiam apresentar uma variação substancial, refletindo outras áreas de foco e padrões emergentes na literatura.

Os resultados apresentados neste artigo contribuem significativamente para o avanço do conhecimento sobre a construção *off-site* ao fornecer uma visão abrangente e detalhada da produção científica na área. Ao mapear e avaliar a literatura existente, o estudo identifica tendências emergentes, lacunas no conhecimento e áreas de pesquisa que ainda não foram suficientemente exploradas. Essas informações são essenciais para orientar futuras pesquisas, otimizar práticas de construção e promover a inovação no setor, destacando a importância e o impacto da construção *off-site* na indústria da construção.

DISCUSSÃO

A partir da análise bibliométrica realizada no presente estudo, esta seção destaca as principais discussões e abordagens apresentadas pelos pesquisadores da área sobre construção off-site.

A integração do *Building Information Modeling* (BIM) e sistemas construtivos de produção de habitações pré-fabricada é discutida no estudo apresentado por [19], indicando a necessidade de estabelecer uma interação contínua entre todas as partes interessadas do processo construtivo. Paralelamente, no estudo apresentado por [20] é proposta uma abordagem digital que combina BIM e engenharia reversa para reduzir erros e retrabalhos em projetos de renovação urbana.

O estudo apresentado por [21] enfatiza a necessidade de facilitar o processo de tomada de decisão para selecionar sistemas de construção apropriados de modularização. Destacam que a compreensão fundamental das relações entre projeto, modelagem detalhada e automação de fabricação ainda é muito limitada. Dessa forma, o avanço das tecnologias digitais, como a digitalização a laser 3D, conforme discutido por [22], oferece melhorias significativas na inspeção de qualidade

dos módulos pré-fabricados, uma vez que o processo tradicional é impreciso e demorado.

A adoção de tecnologias de sistemas de construção industrializados, conforme revisado por [23] apresenta-se predominante e crescente nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, sendo incentivado por diversos países. Para [24], as tecnologias de construção inovadoras oferecem oportunidades sem precedentes para acelerar as transições da indústria da construção, sendo indispensável compreender como elas interagem e se influenciam mutuamente durante as suas evoluções.

De acordo com [25], a prática de construção modular *off-site* nos países desenvolvidos está em crescimento, impulsionada por seus benefícios ambientais. No entanto, para [26], devido aos processos de produção fragmentados da construção externa, o controle de defeitos de qualidade tornou-se um desafio significativo na promoção de projetos de construção externa.

Estudos recentes, como o de [27] abordam estratégias para a redução de carbono em edifícios pré-fabricados, sob incentivo do governo de Hong Kong. Sendo importante salientar, que segundo [28], ainda existe uma variabilidade notável entre os diferentes estudos de avaliação de carbono incorporados, sejam pelas diferentes correlações tecnológicas e geográficas dos dados coletados, bem como pela composição de materiais específicos, para os quais ajustes e modificações adequadas devem ser consideradas para reduzir equívocos na interpretação.

[29] e [30] investigam as compensações ambientais e os desafios energéticos associados aos edifícios pré-fabricados, destacando a necessidade de soluções sustentáveis e inovadoras para o futuro da construção civil.

Os estudos apresentados exemplificam a diversidade e a importância da pesquisa em construção *off-site*, fornecendo conhecimentos essenciais para o desenvolvimento contínuo de soluções mais eficientes, sustentáveis e resilientes na indústria da construção.

CONCLUSÃO

A análise bibliométrica adotada neste estudo demonstrou sua eficácia ao analisar o panorama atual e a evolução das pesquisas em construção *off-site*. Proporcionou uma compreensão abrangente do campo de pesquisa, revelando um notável aumento no número de publicações ao longo dos últimos anos, refletindo a tendência de interesse e investigação global sobre o tema.

A China emerge como líder na colaboração para o desenvolvimento de pesquisas sobre *off-site*, seguida por Austrália, Alemanha e Estados Unidos, conforme indicado pelo número de publicações na base de dados do *Scopus.* Entretanto, o Brasil ainda demonstra uma produtividade limitada nesse contexto, apontando para a necessidade de uma investigação mais profunda para entender as razões dessa disparidade.

A expressão "Construção Modular" se destaca como a palavra-chave mais frequente entre as publicações. Embora este estudo tenha utilizado um conjunto de palavras-

chave na busca do *Scopus*, é possível que algumas questões relevantes do método construtivo *off-site* não tenha sido capturadas. Assim como, a utilização da palavra-chave concreto armado influenciou a quantidade de artigos expressiva voltados à análise estrutural (44,5%).

Portanto, para futuras investigações, é crucial expandir a análise, com pesquisadas realizadas em outras bases de dados, empregando outras variações de palavra-chave, métodos mais avançados e explorando tecnologias emergentes, como a inteligência artificial, para obter *insights* mais profundos e eficazes, o que promoverá a otimização dos processos na construção civil.

Foi identificada muita generalidade nas pesquisas em construção *off-site,* indicando um conhecimento ainda em fase de disseminação. No entanto, quase metade dos artigos analisados abordaram temas referentes à análise estrutural e comportamento mecânico de elementos e sistemas pré-fabricados, indicando a tendência de estudos no período de 2018 a 2023. Enquanto os demais artigos apresentaram estudos relacionados à projetos, materiais, qualidade, BIM, avaliação do ciclo de vida, desempenho, novas tecnologias e inteligência artificial aplicados para inspeção e avaliação de danos, sustentabilidade, segurança, e custos, aplicados em construções *off-site,* evidenciando tendências e oportunidades de desenvolvimento em outras direções.

Conclui-se que esses estudos representam um corpo crescente e diversificado de conhecimento que impulsiona a inovação e aprimoramento contínuo na indústria da construção *off-site*, oferecendo soluções mais eficientes, sustentáveis e resilientes para os desafios enfrentados pelo setor.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio recebido.

REFERÊNCIAS

[1] EVANGELISTA, P. **Desempenho ambiental na construção civil: parâmetros para aplicação da avaliação do ciclo de vida em edificações residenciais brasileiras.** 2017. Doutorado (Engenharia Civil) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

[2] SHARMA, A.; SAXENA, A.; SETHI, M.; SHREE, V. Life cycle assessment of buildings: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 15, Issue 1, 2011, Pages 871-875, ISSN 1364-0321, https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.09.008.

[3] JIANG, R. A SWOT analysis for promoting off-site construction under the backdrop of China's new urbanisation. **Journal of cleaner production**, v. 173, p. 225-234, 2018.

[4] YU, T. Evaluating different stakeholder impacts on the occurrence of quality defects in offsite construction projects: A Bayesian-network-based model. **Journal of Cleaner Production**, v. 241, p. 118390, 2019.

[5] XUE, H. Effect of stakeholder collaborative management on off-site construction cost performance. **Journal of Cleaner Production**, v. 184, p. 490-502, 2018.

[6] JIANG, Y.; ZHAO, D.; WANG, D.; XING, Y. Sustainable Performance of Buildings through Modular Prefabrication in the Construction Phase: A Comparative Study. **Sustainability**, 11(20), 5658, 2019.

[7] WU, D.; ZHAO, B.; ZHU, H. Experimental study on effect of assembly process on seismic performance of modular precast composite shear wall structures**. Journal of Building Engineering**, v. 80, p. 107916, 2023.

[8] LI, L.; ZHANG, Q.; TIAN, J.; WANG, H. Characterizing information propagation patterns in emergencies: A case study with Yiliang Earthquake. **Int. J. Inf. Manag**. 2018, 38, 34–41.

[9] LINGLIN, Z. A bibliometric review of zero waste in the built environment using VOSviewer: evolution, hotspots, and prospects. **Frontiers in Environmental Science**, v. 11, p. 1326458, 2024.

[10] SOARES, P.; CARNEIRO, T.; CALMON, J.; CASTRO, L. Análise bibliométrica da produção científica brasileira sobre Tecnologia de Construção e Edificações na base de dados Web of Science. **Ambiente Construído,** Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 175-185, jan./mar. 2016.

[11] CRESWELL, J.; CRESWELL, J. **Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches**. 5. ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2018.

[12] DONOVAN, A.; HAMBRICK, D. **Bibliometrics: Tools for Mapping and Evaluating Scientific Research**. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 2021.

[13] REYNAUD, L.; TODESCAT, M. **Análise bibliométrica: fundamentos, fases e aplicação.** São Paulo: Editora Acadêmica, 2017.

[14] WUNI, I.; SHEN, G.; OSEI-KYEI, R. Sustainability of off-site construction: A bibliometric review and visualized analysis of trending topics and themes. **Journal of Green Building**, v. 15, n. 4, p. 131-154, 2020.

[15] BUKAR, U. A method for analyzing text using VOSviewer. **MethodsX**, v. 11, p. 102339, 2023.

[16] GRAYBEAL, B. International perspective on UHPC in bridge engineering. **Journal of Bridge Engineering,** v. 25, n. 11, p. 04020094, 2020.

[17] HE, R. BIM-enabled computerized design and digital fabrication of industrialized buildings: A case study**. Journal of Cleaner Production**, v. 278, p. 123505, 2021.

[18] SHARAFI, P. Interlocking system for enhancing the integrity of multi-storey modular buildings. **Automation in construction**, v. 85, p. 263-272, 2018.

[19] LI, X. Integrating building information modeling and prefabrication housing production. **Automation in Construction**, v. 100, p. 46-60, 2019.

[20] DING, Z.; LIU, S.; LIAO, L.; ZHANG. L. A digital construction framework integrating building information modeling and reverse engineering technologies for renovation projects. **Automation in construction**, v. 102, p. 45-58, 2019.

[21] SHARAFI, P.; RASHIDI, M.; SAMALI, B.; RONAGH, H.; MORTAZAVI, M. Identification of factors and decision analysis of the level of modularization in building construction. **Journal of Architectural Engineering**, v. 24, n. 2, p. 04018010, 2018.

[22] JINGJING, G.; QIAN, W.; JAE-HYUK, P. Geometric quality inspection of prefabricated MEP modules with 3D laser scanning. **Automation in Construction**, v. 111, p. 103053, 2020.

[23] AKMAM, S.; GAJENDRAN, T.; ROSE, T.; BREWER, G. Contextual, structural and behavioural factors influencing the adoption of industrialised building systems: A review. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 14, n. 1-2, p. 3-26, 2018.

[24] YI, Y.; MI, P.; WEI, P. Co-evolution through interaction'of innovative building technologies: The case of modular integrated construction and robotics. **Automation in construction**, v. 107, p. 102932, 2019.

[25] HAMZA, P.; YOUSAF, A.; ANTONELLA, P. A quantitative assessment of greenhouse gas (GHG) emissions from conventional and modular construction: A case of developing country. **Journal of Cleaner Production**, v. 294, p. 126210, 2021.

[26] YU, T.; MAN, Q.; WANG, Y.; SHEN, G.; HONG, J.; ZHANG, J.; ZHONG, J. Evaluating different stakeholder impacts on the occurrence of quality defects in offsite construction projects: A Bayesian-network-based model. **Journal of Cleaner Production,** v. 241, p. 118390, 2019.

[27] TENG, Y.; PAN, W. Systematic embodied carbon assessment and reduction of prefabricated high-rise public residential buildings in Hong Kong. **Journal of Cleaner Production**, v. 238, p. 117791, 2019.

[28] TENG, Y.; PAN, W. Estimating and minimizing embodied carbon of prefabricated high-rise residential buildings considering parameter, scenario and model uncertainties. **Building and Environment**, Volume 180, 2020, 106951, ISSN 0360-1323, https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106951.

[29] TAVARES, V.; SOARES, N.; RAPOSO, N.; MARQUES, P.; FREIRE, F. Prefabricated versus conventional construction: Comparing life-cycle impacts of alternative structural materials. **Journal of Building Engineering**, v. 41, p. 102705, 2021.

[30] ZOU, S. Experimental research on an innovative sawdust biomass-based insulation material for buildings. **Journal of Cleaner Production**, v. 260, p. 121029, 2020.