Industrialização, Digitalização, Desempenho

5º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção e 5º Workshop de Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos

FLORIANÓPOLIS-SC | 20 a 22 de agosto

[1]EVOLUÇÃO DA GESTÃO DA PRODUÇÃO DE EDIFICAÇÕES COM O USO DE NOVAS TECNOLOGIAS DIGITAIS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Evolution of Production Management in Building Construction through the Use of New Digital Technologies: A Systematic Literature Review

Iuri Veríssimo Mendonça
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza, Ceará | iurivm13@alu.ufc.br

Marcelo Silva Santos Segundo
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza, Ceará | marcelo.segundo@alu.ufc.br

Hallana Karine Dias dos Santos
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza, Ceará | halanakarine@alu.ufc.br

Marcella Maria Gomes Damasceno
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza, Ceará | marcelladamasceno@alu.ufc.br

Alexandre Araújo Bertini
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza, Ceará | bertini@ufc.br

RESUMO

Nas últimas décadas, os avanços tecnológicos revolucionaram a produção industrial, promovendo transições para modelos de gestão mais eficientes. Na construção civil, a adoção das tecnologias da Construção 4.0 tem impulsionado a modernização dos processos, especialmente na gestão da produção. Este artigo tem como objetivo analisar, por meio de uma revisão sistemática da literatura, o impacto das tecnologias digitais, como BIM, IoT, inteligência artificial e automação, na gestão da produção na construção civil. A pesquisa foi realizada nas bases de dados Scopus e Web of Science, resultando em uma amostra de 105 artigos selecionados após aplicação de critérios de inclusão e exclusão. Os resultados revelam um crescimento significativo das publicações nos últimos cinco anos, indicando uma tendência de expansão do tema. Além disso, identificou-se que as principais tecnologias estudadas estão associadas à melhoria da produtividade, otimização de custos, planejamento, controle e integração dos processos construtivos. Conclui-se que, embora haja avanços relevantes, persistem desafios relacionados à capacitação dos profissionais, à resistência cultural e à necessidade de atualização das práticas e normas do setor.

Palavras-chave:.Construção 4.0, BIM, Digitalização na construção civil.

ABSTRACT

In recent decades, technological advancements have revolutionized industrial production, driving transitions toward more efficient management models. In the construction industry, the adoption of Construction 4.0 technologies has accelerated the modernization of processes, especially in production management. This paper aims to analyze, through a systematic literature review, the impact of digital technologies such as BIM, IoT, artificial intelligence, and automation on production management in construction. The research was conducted using the Scopus and Web of Science databases, resulting in a sample of 105 articles selected based on defined inclusion and exclusion criteria. The results reveal significant growth in publications over the past five years, indicating an expanding research trend on this topic. Furthermore, it was identified that the main technologies studied are associated with improvements in productivity, cost optimization, planning, control, and integration of construction processes. The study concludes that, although there have been significant advances, challenges remain related to professional training, cultural resistance, and the need to update industry practices and standards.

Keywords:. Construction 4.0, BIM, Digitalization of Construction.

[1]MENDONÇA I. *et al*. Evolução da gestão da produção de edificações com o uso de novas tecnologias digitais: uma revisão sistemática da literatura In: 5º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 4., 2025, Florianópolis. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2025.

1 INTRODUÇÃO

A indústria mundial tem passado por transformações significativas, conhecidas como revoluções industriais (Simão et al., 2019). Segundo Silva e Santos (2023), a Indústria 1.0 teve início no século XVIII com a Primeira Revolução Industrial, caracterizada pela mecanização dos processos produtivos e pelo uso da energia a vapor. A Indústria 2.0, por sua vez, surgiu no final do século XIX e início do século XX, impulsionada pela eletrificação das fábricas e pela produção em massa, consolidando o modelo fordista de manufatura (Oliveira et al., 2022). Já a Indústria 3.0, a partir da segunda metade do século XX, foi marcada pela automação industrial e pela introdução de sistemas computacionais, permitindo maior precisão e controle nos processos produtivos (Ferreira e Almeida, 2021).

Atualmente, estamos na era da Indústria 4.0, também chamada Quarta Revolução Industrial. Para atender às necessidades humanas e do mercado global, a indústria deve ser mais ágil, eficiente e eficaz para resolver o problema da crescente demanda. Como resposta a esses desafios, surgiram as fábricas inteligentes, capazes de atender a todas as necessidades com maior rapidez. Esse fenômeno é conhecido como Indústria 4.0, que se caracteriza por fábricas que produzem produtos inteligentes utilizando equipamentos e cadeias de abastecimento igualmente inteligentes, a principal ideia da Indústria 4.0 é ter uma produção totalmente integrada ao mundo digital ou virtual. O objetivo é fornecer produtos personalizados de forma individual, mas com a eficiência de uma produção em massa (Acatech, 2013).

Ao longo dos últimos três séculos, os processos produtivos industriais evoluíram com a incorporação de novas tecnologias e o aprimoramento de técnicas e métodos. A máquina a vapor e a divisão do trabalho permitiram a escalabilidade da produção; a linha de produção fordista possibilitou a produção em massa; e a aplicação de métodos estatísticos, estabeleceram a era da produção com qualidade (Peinado e Graeml, 2007; Santos et al., 2019). Em um mundo agora interconectado, com demandas em escala global, surge a preocupação com a gestão da cadeia de suprimentos, impulsionada por serviços e suportada por computadores (Gaither e Frazier, 2002; Peinado e Graeml, 2007; Santos et al., 2019). Acompanhando a tendência de outros setores, a construção civil está adotando os conceitos da Indústria 4.0, originando uma nova ramificação conhecida como “Construção 4.0” ou “Canteiro 4.0.” Diversos autores têm discutido as características dessa abordagem (Alaloul et al., 2018; Dallasega, Rauch e Linder, 2018; Frank et al., 2019; Miyasaka, Fabricio e Paoletti, 2018; Nowotarski e Paslawski, 2017; Oesterreich e Teuteberg, 2016)

Segundo Monteiro Filha, Costa e Rocha (2010), a indústria da Construção Civil no Brasil se divide essencialmente em três subsetores principais: materiais de construção, construção pesada e edificações, os quais interagem em uma rede complexa de produção. O setor da construção civil representa 8,57% do PIB do Brasil (Abramat, 2018) e aproximadamente 6% do PIB mundial. Um aumento anual de 1% na produtividade desse setor resultaria em uma economia global de cerca de 100 bilhões de dólares (World Economic Forum, 2016). No entanto, o setor é conhecido por sua fragmentação e tradicionalismo, fatores que dificultam a inovação e, consequentemente, os aumentos de produtividade (World Economic Forum, 2016). O governo tem implementado algumas iniciativas com o objetivo de alinhar a indústria nacional à transformação digital (Câmara I40, 2019). Segundo a Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro - FIRJAN, a Indústria da Construção Civil - ICC é um dos setores economicamente mais importantes. O crescimento do setor está diretamente ligado à capacidade produtiva brasileira (Firjan, 2013).

A Indústria 4.0 tem se consolidado na construção civil, não apenas com a adoção de seus princípios básicos (Endeavor, 2017), mas também com o desenvolvimento de novas tecnologias específicas para as demandas do setor. Uma das principais inovações para a construção civil é o Building Information Modeling (BIM), ou Modelagem de Informações da Construção (Ruschel et al., 2013; Pozin et al., 2016 Cavalcanti et al., 2018; Simão et al. 2019). O BIM é uma ferramenta que permite a elaboração de projetos de maneira integrada, incorporando todas as informações relevantes ao ciclo de vida da obra. O modelo BIM pode incluir dados sobre geometria, materiais, estrutura, eficiência térmica e energética, instalações, custos de produção, segurança da obra, manutenção, vida útil, entre outros aspectos. A adoção do BIM na cadeia produtiva da construção fortalece a ideia de monitoramento contínuo (WEF, 2016). Dentro deste contexto, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção vem se dedicando a promover o uso do BIM nos processos de construção civil (CBIC, 2016b; 2018).

Portanto, considerando todo esse contexto, este artigo visa enriquecer a literatura ao examinar como a gestão da produção no setor da construção civil tem sido influenciada pela adoção de tecnologias como sistemas de modelagem virtual. Serão explorados os aspectos teóricos da Construção 4.0, incluindo princípios e conceitos

dessas tecnologias, e sua aplicação específica nos diversos setores da construção com suas particularidades e aplicações no planejamento e controle de prazos e custos. Em seguida, serão descritos os procedimentos metodológicos para a coleta e análise de dados neste estudo.

2 METODOLOGIA

Para conduzir nossa revisão sistemática da literatura, foi realizada uma revisão bibliométrica, extraindo dados das bases de dados da Scopus e Web of Science, visando especificamente periódicos e artigos publicados até junho de 2024. Scopus e Web of Science foram selecionadas devido à sua cobertura abrangente de artigos revisados por pares de editoras respeitáveis e à acessibilidade de dados bibliométricos para a realização de análises aprofundadas. A Figura 1 mostra as etapas da pesquisa realizada, que são detalhadas nas seções seguintes.

Figura 1: Procedimento de coleta de dados



Fonte: Autores

A primeira etapa foi a coleta de dados do Scopus e Web of Science. A string de consulta usada neste estudo foi TITLEABS-KEY (("Construction 4.0" OR "Industry 4.0" OR "Fourth industrial revolution") AND ("construction planning" OR "construction management" OR "cost planning") AND (construction OR "construction site")), que retornou 823 documentos da base de dados Scopus e 37 da base de dados Web of Science. Uma primeira delimitação foi aplicada para filtrar apenas artigos publicados em periódicos, o que rendeu 449 documentos na Scopus e 9 na Web of Science. Uma segunda delimitação foi que o idioma de publicação ficou restrito ao inglês, espanhol e português, devolvendo 443 documentos na Scopus e 9 na Web of Science. O terceiro filtro aplicado foi a área de engenharia, retornando 297 artigos na Scopus e 4 na Web of Science. Ainda foi aplicado na base da Scopus filtros relacionados às palavras chaves (Construction 4.0, Project Management, Construction, Construction Management, Lean Construction, Pruductivity e Cost), limitando a 101 documentos.

Na segunda etapa foi realizado o processamento dos dados. Após a importação das duas bases de dados, foi utilizado o software Excel para a organização dos dados e a extração de tabelas com informações referentes a quantidades de artigos por autores, quantidade de citações por artigos e autores e a quantidade de artigos por países, além dos artigos mais relevantes por periódicos. Também foi utilizado o software VosViewer, para extração de informações como a correlação de autores por países e autores por autores. Por fim, a última etapa foi a realização da análise do conteúdo dos principais trabalhos identificados através de objetivos, referências conceituais, metodologia, resultado, limitações e perspectivas futuras. Esses resultados são apresentados na seção a seguir, que faz uma análise aprofundada dos principais trabalhos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

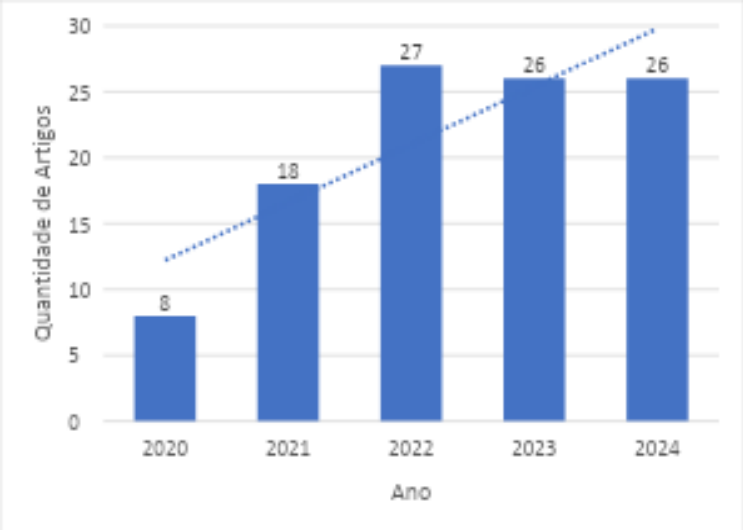
A amostra foi composta por 105 trabalhos de 2020 a 2024, sendo 96% presentes na base de dados Scopus e 4% presentes na Web of Science. Nenhum dos artigos estavam presentes nas duas bases simultaneamente, sendo exclusivas de cada base. A Figura 2 apresenta a composição dos artigos por bases de dados. Os trabalhos da amostra foram escritos por 95 autores principais, por 23 periódicos diferentes e com um total de

2.265 citações. Além disso, 44 países foram responsáveis pelas publicações dos artigos.

3.1 Tendências anuais de publicações

O Gráfico 1 apresenta as tendências anuais de publicação. As barras indicam a quantidade de publicações por ano e a linha tracejada indica a tendência ao longo dos anos.

Gráfico 1: Tendências anuais de publicação.



Fonte: Autores

As tendências anuais de publicação capturadas pela amostra mostram uma tendência de crescimento para os próximos anos, visto que em 2020 foram publicados 8 artigos, em 2021 dobrou o número de publicações, em 2022 houve um crescimento de 50% em relação ao ano anterior, em 2023 manteve-se o número de trabalhos publicados e na metade do ano de 2024 já se tem o mesmo número de artigos publicados durante todo o ano de 2023. Logo, percebemos ser um estudo recente, novo, que tem muito a ser explorado nos próximos anos, como mostra a linha de tendência crescente.

3.2 Revistas mais produtivas

A Tabela 1 apresenta os periódicos mais produtivos e o número de artigos publicados ao longo do tempo.

Tabela 1: Periódicos mais produtivos e o número de artigos publicados ao longo do tempo.

Classificação	Editora	2020	2021	2022	2023	2024	Total	Porcetagem (%)	(%) Acumulada
1	Emerald Publishing	0	0	3	7	10	20	19,05	19,05
2	MDPI	0	3	6	5	0	14	13,33	32,38
3	Emerald Group Holdings Ltd.	1	3	5	0	0	9	8,57	40,95
4	Elsevier Ltd	2	2	1	1	1	7	6,67	47,62
5	International Council for Research and Innovation in Building and Construction	1	1	1	2	2	7	6,67	54,29
6	American Society of Civil Engineers (ASCE)	0	1	3	1	1	6	5,71	60,00
7	Taylor and Francis Ltd.	0	0	2	2	2	6	5,71	65,71
8	Elsevier B.V.	0	1	1	2	1	5	4,76	70,48
9	MDPI AG	1	4	0	0	0	5	4,76	75,24
10	Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)	0	0	0	2	2	4	3,81	79,05
11	Construction Research Institute of Malaysia	1	0	0	1	1	3	2,86	81,90
12	ELSEVIER	0	1	1	0	1	3	2,86	84,76
13	Australian Institute of Quantity Surveyors	0	0	1	1	0	2	1,90	86,67
14	ICE Publishing	2	0	0	0	0	2	1,90	88,57
15	Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.	0	0	0	0	2	2	1,90	90,48
16	Penerbit UTHM	0	2	0	0	0	2	1,90	92,38
17	Springer	0	0	0	1	1	2	1,90	94,29
18	Ain Shams University	0	0	0	0	1	1	0,95	95,24
19	Hindawi Limited	0	0	1	0	0	1	0,95	96,19
20	John Wiley and Sons Inc	0	0	1	0	0	1	0,95	97,14
21	Publisher	0	0	0	1	0	1	0,95	98,10
22	Routledge	0	0	1	0	0	1	0,95	99,05
23	Springer Nature	0	0	0	0	1	1	0,95	100,00

Fonte: Autores

Inicialmente, observa-se uma concentração significativa de documentos nos primeiros cinco periódicos, enquanto os demais trabalhos apresentam uma alta dispersão, ou seja, do total de periódicos (23), 54,29% dos artigos são publicados em cinco periódicos (21,7% do número de periódicos). Essas revistas são: Esmerald Publishing (ISSN 1726-0531), MDPI (ISSN 2075-5309), Esmerald Group Holdings Ltd. (ISSN 1741-038X), Elsevier Ltd. (ISSN 0926-5805) e Internetional Council for Research and Innovation Building and Construction (ISSN 1874-4753).

3.3 Autores mais prolíficos

A Tabela 2 apresenta os principais autores, o total de citações e suas afiliações com base no número de artigos publicados como autor principal. A Tabela 2 mostra apenas os autores com dois ou mais artigos e alguns com apenas um artigo publicado, porém, com maior número de citações.

Tabela 2: Autores mais prolíficos em publicações de pesquisa sobre Industrialização da construção.

Nº	Autor	Total de Artigos	Total de Citações	Afiliação
1	Oke A.	5	95	Department of Quantity Surveying
2	Osunsanmi T.	2	84	Faculty of Engineering and the Built Environment
3	Lekan A.	2	60	Building Technology Department
4	Zabidin N.	2	54	School of Civil Engineering
5	Sonkor M.	2	31	S.M.A.R.T. Construction Research Group
6	Mantha B.	2	28	Division of Engineering
7	Aghimien D.	2	18	Department of Civil Engineering Technology
8	Shafei H.	2	1	Faculty of Civil Engineering Technology
9	Idris N.	2	0	Centre of Studies for Quantity Surveying
10	Baduge, SK	1	172	Qatar University
11	Panteli C.	1	126	School of Engineering, Frederick University, Cyprus
12	García de Soto B.	1	107	New York University Abu Dhabi (NYUAD)
13	Ozturk G.	1	82	Aydin Adnan Menderes University
14	Akanmu A.	1	77	Virginia Polytechnic Institute
15	Albalkhy, W.	1	70	Universite de Lille
16	Teisserenc B.	1	69	Faculty of Built Environment

Fonte: Autores

Em geral, os nove primeiros autores (ou 9,57% dos 94 autores), publicaram 21 artigos (ou 20% do total de 105 artigos em análise) e juntos acumularam 371 citações (16,8% do total de 2.265 citações). Muitos autores foram responsáveis pela produção de apenas um artigo, porém, artigos que foram muito bem citados, até mais dos autores com dois ou mais artigos. Dos sete últimos autores da Tabela 2, com um total de um trabalho por autor, acumularam 703 citações (31% do total de 2.265 citações). Por outro lado, 78 autores (82,9%) contribuíram para 77 artigos analisados. Apenas indicando que uma pequena “elite” de autores publicaram mais de um artigo na área. Além disso, foi constatado que os autores mais citados pertencem aos países que mais produzem pesquisas sobre o tema, apresentados na seção seguinte.

3.4 Produção por países

A Tabela 3 destaca os países que mais publicaram artigos na área ao longo dos anos, sendo apresentados 30 países, os demais (14) são responsáveis por apenas um documento publicado, com menores números de citações.

Tabela 3: Produção por país (artigos por autores)

Classificação	Países	Nº de Documentos	Classificação	Países	Nº de Documentos
1	Reino Unido	17	16	França	3
2	Estados Unidos	12	17	Alemanha	3
3	Malásia	12	18	Jordânia	3
4	Autrália	10	19	Eslovênia	3
5	Nigéria	9	20	Portugal	3
6	África do Sul	9	21	Itália	2
7	Emirados Árabes Unidos	6	22	Bangladeste	2
8	Turquia	6	23	Chile	2
9	China	5	24	Hong Kong	2
10	Índia	5	25	Coréia do Sul	2
11	Brasil	5	26	Romênia	1
12	Nova Zelândia	4	27	Suíça	1
13	Singapura	4	28	Chipre	1
14	Canadá	4	29	Etópia	1
15	Arábia Saudita	3	30	Finlândia	1

Fonte: Autores

O Reino Unido destaca-se como o país mais produtivo, com 17 artigos. Combinado com Estados Unidos, Malásia, Austrália e Nigéria, estes cinco países são responsáveis por publicarem 60 obras, representando aproximadamente 57% do total de publicações.

3.5 Principais trabalhos

A Tabela 4 apresenta os trabalhos de maior impacto com base no número de citações.

Tabela 4: Principais trabalhos nas publicações de pesquisa da industrialização da construção.

Autor	Ano	Título	Total de Citações	% de Citações	% Acumulada de Citação
Baduge, SK	2022	Artificial intelligence and smart vision for building and construction 4.0: Machine and deep learning methods and applications	172	8,46	8,46
Kor M.	2023	An investigation for integration of deep learning and digital twins towards Construction 4.0	54	2,38	10,84
Panteli C.	2020	Building information modelling applications in smart buildings: From design to commissioning and beyond A critical review	126	6,20	17,04
Garcia de Soto B.	2022	Implications of Construction 4.0 to the workforce and organizational structures	107	5,26	22,31
Ozturk G.B.	2021	Digital Twin Research in the AECO-FM Industry	82	4,03	26,34
Akanmu A.A.	2021	Towards next generation cyber-physical systems and digital twins for construction	77	3,79	30,13
Qi, B	2021	A systematic review of emerging technologies in industrialized construction	75	3,69	33,82
Demirkesen S.	2022	Investigating major challenges for industry 4.0 adoption among construction companies	70	3,44	37,26
Teisserenc B.	2021	Adoption of blockchain technology through digital twins in the construction industry 4.0: A PESTELS approach	69	3,39	40,65
Osunsanmi T.O.	2020	Appraisal of stakeholders' willingness to adopt construction 4.0 technologies for construction projects	61	3,00	43,65

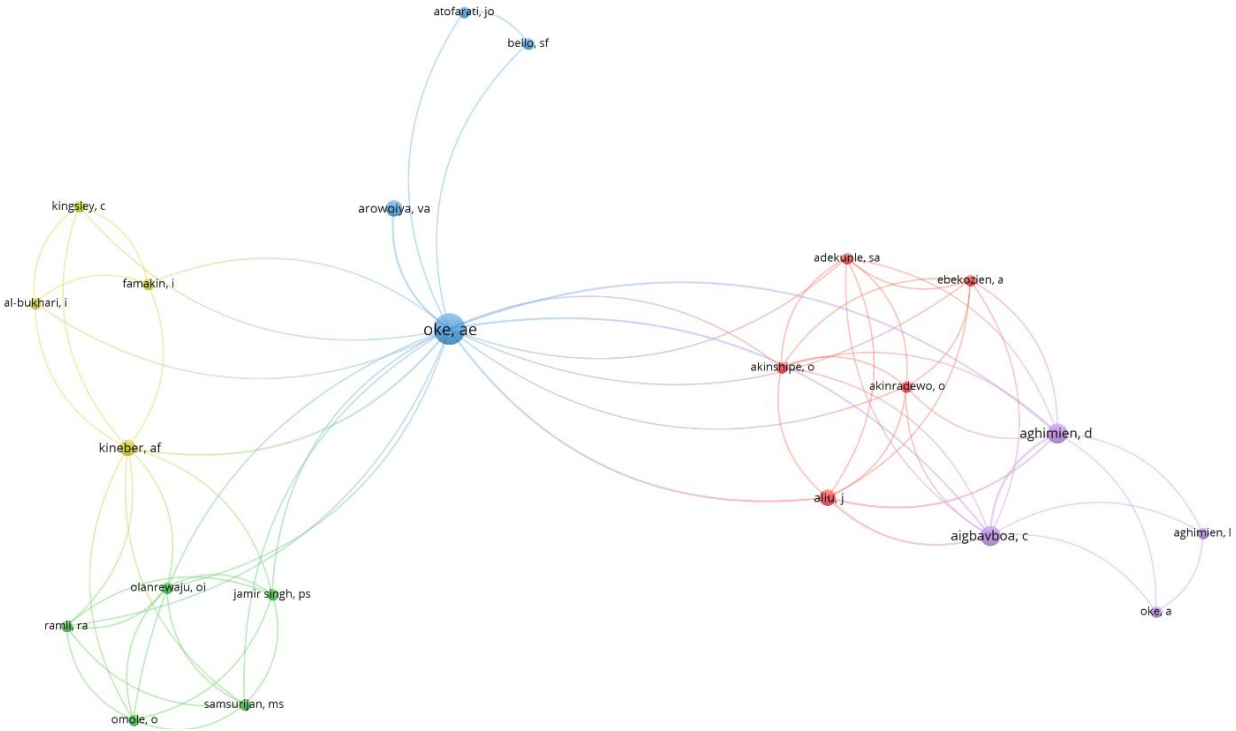
Fonte: Autores

Inicialmente, podemos observar uma elevada concentração de citações nos 10 trabalhos principais, enquanto os restantes apresentam uma elevada dispersão. Além disso, as pesquisas de maior impacto também foram publicadas nas principais revistas apresentadas na Seção 3.1 e de autoria dos principais autores mencionados na Seção 3.2.

3.6 Rede de Colaboração

A partir de uma unidade de análise, foi destacado através do software VosViewer os pesquisadores e países mais influentes, medindo-se o impacto de determinadas publicações, entre outros indicadores permitindo a organização e sistematização de informações científicas. Na Figura 3, é possível observar a rede de colaboração entre os autores, com a medida do diâmetro do círculo representando a quantidade de artigos publicados e as linhas mostrando a ligação com os demais autores.

Figura 3: Redes de autoria e co-autoria de publicações.



Fonte: Autores

É observado que os dados confirmam o que foi visto na Seção 3.2, sendo o Oke, o Autor com o maior número de artigos como representado na Tabela 2, assim o tamanho do círculo que representa os trabalhos do Autor é maior que os demais.

Figura 4: Rede de colaboração entre países.



Fonte: Autores

A rede de colaboração entre os países confirma o que foi exposto na Seção 3.3, com os países que mais publicaram apresentando maior destaque na Figura 4. É possível ver a relação entre os três maiores países produtores de artigos relacionados ao tema da industrialização da construção, o Reino Unido, os Estados

Unidos e a Malásia. O quarto país com mais trabalhos, a Austrália, não possui relação com os três principais mencionados, porém, possui ligação com a China e a Índia, países de grande relevância quando se trata sobre o tema.

3.7 Revisão da literatura

Os autores Baduge et al. (2022); Kor et al. (2023); Panteli et al. (2020) foram os que tiveram mais citações pelos trabalhos desenvolvidos na área de pesquisa da Construção 4.0 e por isso eles são destacados nesta seção do trabalho fazendo um comparativo entre seus estudos, destacando os principais pontos de pesquisa desta revisão.

3.7.1 Tecnologias Digitais na Construção 4.0

Ao comparar os dados dos trabalhos mais citados, os artigos analisados abordam a importância do BIM na Construção 4.0. Panteli et al. (2020) destacam a evolução do BIM para além da modelagem 3D, incorporando informações sobre custos, sustentabilidade e gestão de projetos (5D, 6D e 7D). Kor et al. (2023) exploram a integração do BIM com outras tecnologias, como IoT e DL, para criar modelos virtuais ricos em informações e otimizar a gestão do ciclo de vida do projeto. Já Baduge et al. (2022) mencionam o BIM como ferramenta para visualização de projetos e colaboração entre as partes interessadas. A IoT é apontada como uma tecnologia chave para o monitoramento em tempo real e a gestão de ativos na Construção 4.0. Baduge et al. (2022) destacam o uso de sensores e dispositivos conectados para coleta de dados em canteiros de obras, enquanto Kor et al. (2023) exploram a integração da IoT com o BIM para criar sistemas inteligentes de gestão predial. Panteli et al. (2020) também mencionam a IoT como parte integrante dos edifícios inteligentes.

A impressão 3D é apontada como uma tecnologia emergente na Construção 4.0, com potencial para a criação de estruturas complexas e personalizadas. Baduge et al. (2022) mencionam os benefícios da impressão 3D, como a eficiência na utilização de materiais e a redução do tempo de construção, mas também apontam as limitações, como a necessidade de materiais específicos e a adequação às normas de segurança.

A Realidade Aumentada e Virtual (AR/VR) é discutida como tecnologias que aprimoram a visualização de projetos, o treinamento de trabalhadores e a comunicação entre equipes. Baduge et al. (2022) destacam o uso da AR/VR para treinamento e visualização de projetos em 3D, enquanto Kor et al. (2023) mencionam a integração da realidade virtual com o BIM para simulação e tomada de decisões. Os três artigos mencionam a robótica e a automação como tecnologias que aumentam a produtividade e a segurança na construção. Baduge et al. (2022) destacam o uso de robôs em tarefas repetitivas e perigosas, enquanto Kor et al. (2023) mencionam a automação da tomada de decisões por meio da IA. Panteli et al. (2020) não exploram a robótica em detalhes, mas mencionam a automação como parte da Indústria 4.0.

3.7.2 Processos e Metodologias

Panteli et al. (2020) mencionam o Lean Construction como uma prática que pode ser integrada ao BIM para otimizar processos e reduzir desperdícios na construção. Os outros artigos não abordam o Lean Construction em detalhes. A sustentabilidade é um tema presente nos três artigos. Baduge et al. (2022) e Panteli et al. (2020) discutem o uso de tecnologias como a impressão 3D com materiais reciclados e a energia solar para a construção de edifícios mais sustentáveis. Kor et al. (2023) mencionam a importância da coleta e análise de dados para otimizar o consumo de energia em edifícios.

Os três artigos abordam a importância das ferramentas digitais para a gestão de projetos na Construção 4.0. Panteli et al. (2020) destacam o uso do BIM para planejamento e estimativa de custos, enquanto Baduge et al. (2022) mencionam o uso de plataformas colaborativas e softwares de planejamento. Kor et al. (2023) exploram a integração de ferramentas de gestão de projetos com o BIM e a IoT para otimizar o desempenho do projeto.

3.7.3 Desafios e Barreiras

Baduge et al. (2022) e Kor et al. (2023) apontam o custo e o investimento como desafios para a adoção de tecnologias da Construção 4.0, mas também destacam o potencial de retorno sobre o investimento a longo prazo. Panteli et al. (2020) não abordam essa questão em detalhes.

A necessidade de capacitação e treinamento de profissionais é mencionada nos três artigos. Baduge et al. (2022) destacam a importância de programas de treinamento para garantir que os trabalhadores estejam preparados para as mudanças. Kor et al. (2023) mencionam a necessidade de recursos humanos qualificados para operar as novas tecnologias, enquanto Panteli et al. (2020) enfatizam a importância do treinamento para a adoção do BIM.

A necessidade de atualização das normas e regulamentações para acompanhar a evolução das tecnologias digitais é mencionada por Baduge et al. (2022). Os outros artigos não abordam essa questão em detalhes.

3.7.4 Impactos na Indústria

Os três artigos apontam o aumento da produtividade como um dos principais impactos da Construção 4.0. Baduge et al. (2022) destacam a automação de tarefas e a otimização de processos, enquanto Kor et al. (2023) mencionam a tomada de decisões em tempo real e a otimização do fluxo de trabalho. Panteli et al. (2020) enfatizam a colaboração e a troca de informações proporcionadas pelo BIM.

A melhoria da qualidade das construções é outro impacto apontado pelos três artigos. Baduge et al. (2022) destacam o uso do BIM para identificação de erros e inconsistências no projeto, enquanto Panteli et al. (2020) mencionam a capacidade do BIM de melhorar a comunicação e a colaboração entre as partes interessadas.

O impacto das tecnologias na segurança dos trabalhadores é mencionado por Baduge et al. (2022) e Kor et al. (2023). Baduge et al. (2022) destacam o uso de robôs em tarefas perigosas, enquanto Kor et al. (2023) mencionam o uso de dados em tempo real para identificar riscos e tomar medidas preventivas.

3.7.5 Casos de Estudo e Implementações Práticas

Os três artigos mencionam a importância de estudos de caso e implementações práticas para demonstrar o potencial da Construção 4.0. Baduge et al. (2022) citam projetos que utilizam drones para inspeção de obras e impressão 3D de casas, enquanto Kor et al. (2023) mencionam a importância da coleta de dados em projetos reais para otimizar o desempenho. Panteli et al. (2020) exploram estudos de caso sobre o uso do BIM em projetos de reforma.

3.7.6 Futuro da Construção 4.0

Os três artigos apontam para um futuro promissor para a Construção 4.0, com o desenvolvimento de novas tecnologias e práticas. Baduge et al. (2022) mencionam a inteligência artificial, a análise de dados e a robótica avançada como tendências futuras, enquanto Kor et al. (2023) destacam a importância da integração entre tecnologias como BIM, IoT e DL. Panteli et al. (2020) exploram o potencial do BIM para lidar com um ambiente dinâmico e a necessidade de pesquisas futuras sobre a integração de dados em tempo real.

Baduge et al. (2022) mencionam a construção modular e os materiais inteligentes como inovações emergentes na Construção 4.0. Kor et al. (2023) destacam a importância da aprendizagem por transferência para a criação de modelos preditivos mais eficientes. Panteli et al. (2020) não abordam as inovações emergentes em detalhes, mas mencionam a necessidade de pesquisas futuras sobre o uso do BIM em projetos de reforma.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão sistemática da literatura sobre a aplicação da Construção 4.0 revela a importância crítica das inovações tecnológicas para a evolução do setor da construção civil. Historicamente, períodos de transição tecnológica têm impulsionado a produtividade industrial, e a Indústria 4.0 não é exceção. A integração digital da cadeia de suprimentos, promovida por essa nova era industrial, se mostra essencial para aumentar a eficiência e a competitividade do setor.

Os resultados obtidos através desta revisão e da utilização do software VOSviewer evidenciam uma crescente adoção de tecnologias emergentes, como o Building Information Modeling (BIM) e os sistemas de gerenciamento de projetos. Essas ferramentas têm se mostrado fundamentais para a melhoria do planejamento e controle de prazos e custos, oferecendo uma visão mais integrada e detalhada dos projetos. O BIM, em particular, destaca-se por suas capacidades de modelagem com diversas dimensões e gestão de informações ao longo do ciclo de vida do projeto, facilitando a comunicação entre os stakeholders e a coordenação das atividades construtivas.

No entanto, a implementação dessas tecnologias enfrenta desafios significativos, principalmente relacionados à mudança cultural nas empresas de construção e à necessidade de treinamentos contínuos. A transformação digital requer não apenas a adoção de novas ferramentas, mas também uma reestruturação dos processos internos e a integração plena da cadeia de suprimentos.

Perspectivas futuras indicam um cenário promissor, onde a continuidade dos esforços de pesquisa e desenvolvimento, aliada às políticas governamentais de incentivo, poderá consolidar a Construção 4.0 como um padrão na indústria. A tendência é que tecnologias como a Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial e realidade aumentada continuem a ser incorporadas, potencializando ainda mais a eficiência e a sustentabilidade do setor.

Em resumo, a revisão sistemática evidencia que a Construção 4.0 é uma abordagem revolucionária e necessária para a modernização da construção civil. A adoção de tecnologias avançadas, como o BIM, representa um avanço significativo na gestão de projetos, oferecendo maior precisão, controle e eficiência. Para que essa revolução tecnológica se concretize plenamente, será indispensável superar os desafios culturais e promover um ambiente de aprendizado contínuo nas empresas. Com isso, a Construção 4.0 poderá não apenas transformar o setor, mas também contribuir para a construção de um futuro mais sustentável e eficiente.

REFERÊNCIAS

ABRAMAT. Perfil da cadeia produtiva da construção Ed. 2018 -Indicadores ref 2017. Disponível em: http://www.abramat.org.br/site/lista.php?secao=9. Acesso em 18 de Dezembro de 2024.

ACATECH. National Academy of Science and Engineering. Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. Working Group, Germanz, 2013.

ALALOUL, W. S., LIEW, M. S., ZAWAWI, N. A. W. A., MOHAMMED, B. S. Industry revolution IR 4.0: future opportunities and challenges in construction industry. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CIVIL, OFFSHORE & ENVIRONMENTAL ENGINEERING-ICCOEE 2018, Kuala Lumpur, Malaysia, 2018. Proceedings: MATEC Web of Conferences, EDP Sciences, 2018,Vol. 203, p. 02010.

BADUGE, S. K., THILAKARATHNA, S., PERERA, J. S., ARASHPOUR, M., SHARAFI, P., TEODOSIO, B., SHRINGi, A., & MENDIS, P. (2022). Artificial intelligence and smart vision for building and construction 4.0: Machine and deep learning methods and applications. In Automation in Construction (Vol. 141). Elsevier B.V https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104440

CÂMARA 4.0 – CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA 4.0.(2019).Plano de Ação da Câmara Brasileira da Indústria 4.0 do Brasil 2019-2022. Brasília. Disponível em:<http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/backend/galeria/arquivos/2019/09/17/Camara_I40__Plano_de_AcaoVersao_finalrevisada.pdf> Acesso em 18 de Dezembro de 2024.

CAVALCANTi, V.Y.S.de L.,SOUZA, G.H.de.,SODRÉ, M.A.C.,ABREU, M.S.D. de.,MACIELI,T.da S., & SILVA, J.M.de A.(2018).INDÚSTRIA 4.0: DESAFIOS E PERSPECTIVAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL. Revista Campos do Saber, v.4, n.4.

CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO CIVIL.(2020) .Road Show BIM-Resultados da pesquisa e desdobramentos. Brasília: CBIC, 2018.

CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. (2016). Catálogo de inovação na construção civil. Brasília: CBIC

DALLASEGA, P., RAUCH, E., LINDER, C. Industry 4.0 as an enabler of proximity for construction supply chains: A systematic literature review. Computers in Industry, v. 99, p. 205-225. 2018.

ENDEAVOR. Indústria 4.0: as oportunidades de negócio de uma revolução que está

em curso. Endeavor Brasil. Disponível em: < https://endeavor.org.br/tecnologia/ Acesso em 18 de Dezembro de 2024.

FERREIRA, C.; ALMEIDA, T. Automação e computação na Indústria 3.0. Revista de Engenharia e Sistemas, v. 8, n. 3, p. 75-90, 2021. DOI: 10.9101/res.v8n3.2021.

FIRJAN.Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro Indústria 4.0. Disponível em: https://www.firjan.com.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=2C908A8A555B47FF01557D8802C639A4. Acesso em 18 de Dezembro de 2024.

FRANK, A. G., MENDES, G. H., AYALA, N. F., GHEZZI, A. Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective. Technological Forecasting and Social Change, v. 141, p. 341–351. 2019.

GAITHER, N., & FRAZIER, G.(2002).Administração da Produção e Operações. Tradução: José Carlos Barbosa dos Santos. São Paulo: Pioneira Thomson.

KOR, M., YITMEN, I., & ALIZADEHSALEHI, S. (2023). An investigation for integration of deep learning and digital twins towards Construction 4.0. Smart and Sustainable Built Environment, 12(3), 461–487. https://doi.org/10.1108/SASBE-08-2021-0148

MIYASAKA, E. L., FABRICIO, M. M., PAOLETTI, I. Industry 4.0 and the Civil Construction in Brazil. In:CONGRESSO DA SOCIEDADE IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, XXII, São Carlos, 2018. Anais[...],Editora Edgard Blücher, 2018,p. 6.

MONTEIRO FILHA, D. C.; COSTA, Ana C. R. da; ROCHA, Érico R. P. da. Perspectiva e desafios para inovar na construção civil. BNDES Setorial. Rio de Janeiro, n. 31, p. 353-410, 2010.

NOWOTARSKI, P., PASLAWSKI, J. Industry 4.0 concept introduction intoconstruction SMEs. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 245, n. 5, p. 052043. 2017.

OESTERREICH, Thuy Duong; TEUTEBERG, Frank. Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. Computers in Industry, v. 83,p. p.121-139. 2016.

OLIVEIRA, R.; SOUZA, P.; MENDES, L. Indústria 2.0 e o impacto da eletrificação na produção. Revista de Tecnologia e Inovação, v. 10, n. 1, p. 30-50, 2022. DOI: 10.5678/rti.v10n1.2022.

PANTELI, C., KYLILI, A., & FOKAIDES, P. A. (2020). Building information modelling applications in smart buildings: From design to commissioning and beyond A critical review. Journal of Cleaner Production, 265. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121766

PATTON, M. Q. Qualitative evaluation and research methods(2nd ed.). Newbury Park, CA: Sage. 1990.

Peinado, J., & Graeml, A. R. (2007).Administração da Produção: operações industriais e de serviços. Curitiba: Unicenp.

POZIN, M. A. A.,NAWI, M. N. M., & ROMLE, A. R.(2016).Effectiveness of virtual team for improving communication breakdown in IBS project delivery process. International Journal of Supply Chain Management, v.5, n.4, p.121-130.

Ruschel, R. C., Andrade, M.L.V.X.de., &Morais, M.de.(2013).O ensino de BIM no Brasil: onde estamos?Ambiente constr., v.13, n.2, p.151-165.https://doi.org/10.1590/S1678-86212013000200012

SANTOS, I. L. Dos., SANTOS, R. C. Dos., & SILVA JÚNIOR, D. S. (2019). Análise da Indústria 4.0 como Elemento Rompedor na Administração de Produção. Future Studies Research Journal -Future, v. 11, p. 48-64, 2019. https://doi.org/10.24023/FutureJournal/2175-5825/2019.v11i1.381

SCHWAB, K.(2016).The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond. World Economic Forum. Publicado em 14 de jan. 2016. Disponível em < https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond> Acesso em 18 de Dezembro de 2024.

SILVA, J.; SANTOS, M. A evolução da indústria: da mecanização à digitalização. Revista Brasileira de Engenharia Industrial, v. 15, n. 2, p. 45-60, 2023. DOI: 10.1234/rbei.v15n2.2023.

SIMÃO, A. dos S., ALCOFORADO, L. F., LONGO, O. C., SANTOS, D. A., SANTOS, F., SILVA, A. D., MMENEZES, C. A. G., & MEIRELLES JÚNIOR, J. C. (2019). Impactos da indústria 4.0 na construção civil brasileira. Brazilian Journal of Development, 5(10), 20130–20145. https://doi.org/10.34117/bjdv5n10-210

WORLD ECONOMIC FORUM. Shaping the future of construction. 2016. Disponível em: https://www.weforum.org/projects/future-of-construction .Acesso em 18 de Dezembro de 2024.