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

Estratégias para melhoria da produtividade na construção civil: Uma revisão sistemática da literatura

Strategies to improve productivity in construction: A systematic literature review

Luana Nayara Feitosa Sales
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará | Fortaleza | Brasil | luananayaraf@alu.ufc.br
Luis Felipe Candido
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará (PEC/UFC), Campus de Crateús | Crateús | Brasil | candido@crateus.ufc.br
José de Paula Barros Neto
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará | Fortaleza | Brasil | jpbarros@ufc.br

Resumo

A gestão da produtividade ainda é um desafio no setor da construção, o que tem levado as empresas a adotarem diferentes estratégias para sua melhoria. Assim, o presente trabalho tem por objetivo identificar essas estratégias, através de uma revisão sistemática da literatura que compreendeu 45 artigos levantados na Web Of Science. Foram identificadas nove estratégias, com destaque para o uso de Tecnologias Digitais como: machine learning, inteligência artificial, realidade aumentada entre outras. Ainda, foram identificadas o uso do BIM, a Construção Enxuta, a Gestão centrada nas pessoas e a Construção Modular. Conclui-se que a busca pela melhoria da produtividade ainda é um tema em destaque e que requer a aplicação de múltiplas estratégias que envolvem aspectos técnicos (processo construtivo), tecnológicos (aplicações que auxiliam o projeto e a execução) e sociais (fatores humanos) para sua consecução. Desta forma, o trabalho contribui para delinear o que está se pesquisando atualmente nesse campo e levar a uma reflexão crítica sobre a investigação do tema.

Palavras-chave: Gestão. Produtividade. Construção Civil.

Abstract

Productivity management remains a challenge in the building sector, prompting companies to adopt various strategies for improvement. Therefore, this paper aims to identify these strategies through a systematic literature review of 45 studies retrieved from the Web of Science. Nine strategies were identified, with emphasis on digital technologies such as machine learning, artificial intelligence, and augmented reality. Additionally, the strategies highlight BIM, Lean Construction, People-Centred Management, and Modular Construction. The study concludes

Como citar:
SALES, L. N. F.; CANDIDO, L. F.; BARROS NETO, J. DE P. Estratégias para melhoria da produtividade na construção civil: Uma Revisão Sistemática da Literatura. ENTAC2024. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

that the goal of improving productivity remains a hot topic, requiring multiple strategies that encompass various dimensions such as technical (construction methods), technological (applications to support project execution and design), and social (human factors). Therefore, the main contribution of the study lies in helping to delineate current research in this field, permitting a critical reflection on the theme.

Keywords: Management. Productivity. Civil Construction.

INTRODUÇÃO

A produtividade da mão de obra é uma medida crítica de eficiência na indústria da construção [1] e sua gestão ainda é um desafio para o setor [2]. Esse quadro é manifestado nos baixos níveis de produtividade seja no nível Indústria [3], do projeto (empreendimento) [4] ou da atividade – produtividade da mão de obra [5][6][7], especialmente quando comparado com a manufatura [8].

Tais indicadores apontam para um desafio de gestão do setor que tem buscado diferentes estratégias para melhorar sua produtividade e figurando-se como parte primordial na atuação dos gestores, conforme a Câmara Brasileira da Indústria da Construção [9].

Com participação significativa no PIB brasileiro, a indústria da Construção emprega de forma direta milhões de trabalhadores no Brasil. A gestão eficiente de sua mão de obra é, portanto, de suma importância para o êxito da economia do país. Tal colocação merece ainda mais atenção quando considerado o crescente acirramento da competição no mercado e a busca pela minimização do desperdício do esforço humano. [4]

Nesse contexto, compreender as técnicas de gestão que podem ajudar a melhorar a produtividade na indústria da construção tornam-se fundamentais [2], no que o este trabalho pretende contribuir, e que levou à seguinte questão de pesquisa: "Quais as estratégias de gestão da produtividade estão sendo abordadas na construção civil na atualidade?". Assim, o presente estudo buscou identificar essas estratégias, através de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) que compreendeu 45 artigos publicados nos últimos 5 anos e levantados na Web of Science.

A seguir, apresenta-se a fundamentação teórica, conceituando a produtividade em seus diferentes níveis. Em seguida, apresenta-se como a RSL foi operacionalizada. Na quarta seção, apresentam-se e discutem-se os resultados da RSL, caracterizando os artigos da amostra e em seguida explorando seu conteúdo que resultou na identificação das estratégias. Por fim, realiza-se a conclusão do estudo.

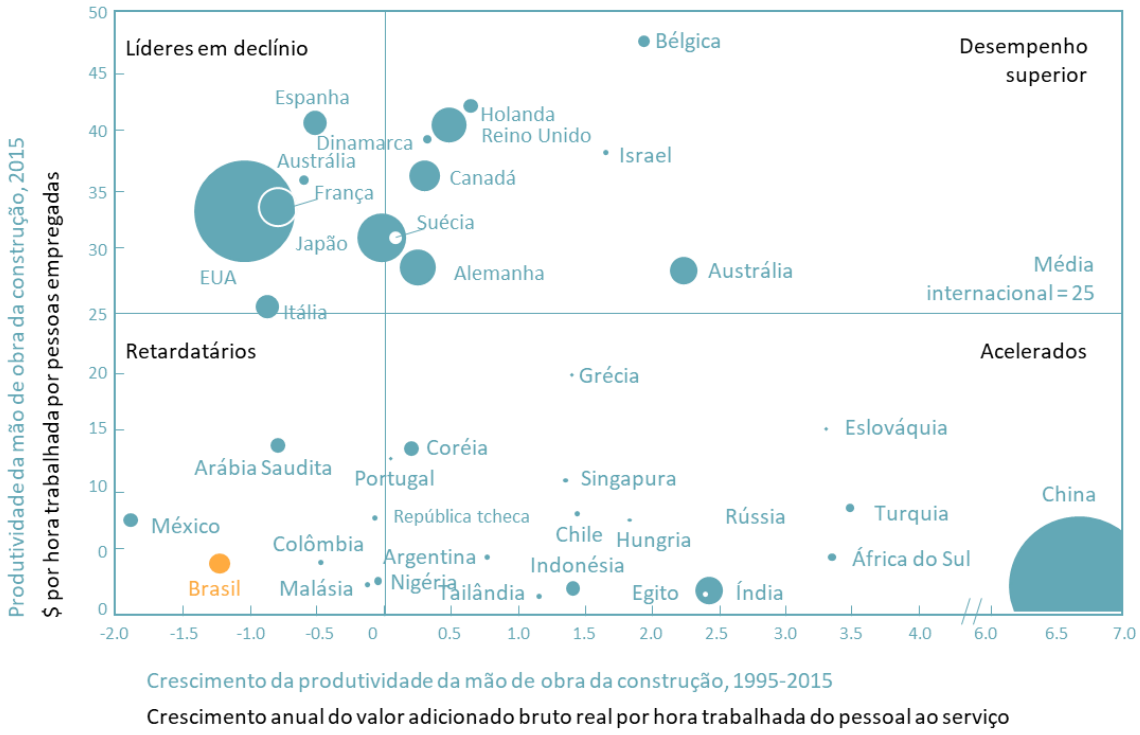
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

"Operacionalmente [...] produtividade é a relação entre o que é gerado por um sistema [...] dividido pelo que entra no sistema [...] durante um certo período de tempo" [10, p. 186], ou seja, o *output* sobre o *input*. Ela é um dos indicadores mais utilizados e, na construção, é medida nos níveis da indústria, da empresa, do projeto e das atividades.

No nível da indústria, normalmente a produtividade é analisada pela razão entre o total de dinheiro que sai e o total de dinheiro que entra [11]. Esse tipo de indicador é mais utilizado em estudos econômicos, devido à dificuldade de rastrear as entradas necessárias no setor da construção [11][12]. Nesse nível, as fontes disponíveis apontam para uma diferença avassaladora de 1,7 vezes entre o valor gerado por trabalhador na manufatura (cerca de 105 mil dólares por trabalhador ao ano) e no setor da construção (cerca de 61 mil dólares por trabalhador ao ano) [8].

Este quadro global torna-se mais preocupante quando as produtividades e as suas taxas de crescimento por país são consideradas, com destaque negativo para o Brasil. De acordo com [3] o Brasil está dentre os países retardatários, devido à sua baixa produtividade e taxa negativa de crescimento da produtividade, conforme destacado na Figura 1.

Figura 1: Produtividade da mão de obra versus crescimento da produtividade



Fonte: adaptado de [3].

No nível da empresa, a produtividade é uma informação fundamental para planejamento de um projeto, que é, por sua vez, crítico para garantir a lucratividade, a competitividade e o crescimento contínuo da empresa [13]. Além de permitir avaliar se a empresa vem melhorando ao longo do tempo, ela permite se comparar com os concorrentes [14].

No nível de projeto, a produtividade é tomada como medida global da quantidade de horas consumidas para se produzir um bem. Neste específico [4] apurou-se que para construir uma casa com valor econômico semelhante a um carro se gastam 2000hs, enquanto para o carro apenas 100hs. Além disso, agregar diferentes atividades com diferentes unidades de trabalho (por exemplo alvenaria em m² com concretagem em m³) é uma tarefa complicada, não existindo um parâmetro universalmente aceito [13]

ou um único parâmetro que possa ser usado com segurança para responder por que um projeto/atividade/empresa é melhor [15].

Em nível de atividade, a medida mais comum e amplamente reconhecida do desempenho da mão de obra na construção é a taxa unitária (Homens hora trabalhados por quantidade produzido) [15] , considerando a identificação dos fatores que impactam essa produtividade e o efeito aprendizado (Modelo dos Fatores) [16]. Esse modelo foi adaptado para o Brasil por [17] como RUP (Razão Unitária de Produção) e sua medida é amplamente conhecida e utilizada [9][18], além de servir de base metodológica para o levantamento de índices oficiais como o SINAPI da Caixa Econômica Federal.

Entretanto, medir a produtividade é apenas a primeira parte para que se possa realizar sua gestão dentro de uma perspectiva de gestão de desempenho [19]. Frente aos baixos níveis de produtividade [5]–[7], faz-se de suma importância compreender como a literatura tem reportado as estratégias associadas à melhoria da produtividade, no que o presente trabalho buscou contribuir. A seguir apresenta-se o método empregado para isso.

MÉTODO

Esta pesquisa realizou uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), por meio da qual buscou responder à seguinte questão: “Quais as estratégias de gestão da produtividade estão sendo abordadas na construção civil na atualidade?” Desta forma, selecionou-se e analisou-se a literatura sobre quais são as formas de otimização da gestão da produtividade na construção civil que têm sido adotadas nos últimos anos em âmbito mundial.

O delineamento da pesquisa seguiu [20], conforme etapas reproduzidas na figura 2.

Figura 2: Método para Revisão Sistemática da Literatura



Fonte: Adaptado de [20].

Para tanto elaborou-se o Protocolo de Revisão Sistemática da Literatura (RSL) apresentado no Quadro 1.

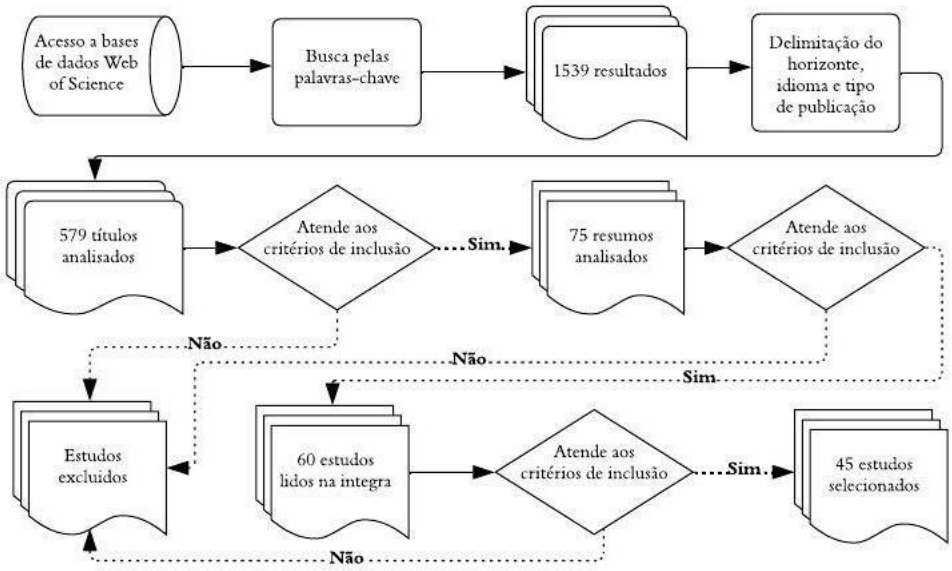
Quadro 1: Protocolo de Revisão Sistemática da Literatura

Item	Descrição
Delimitação do tema	Estratégias para otimização da Gestão da produtividade da construção civil em âmbito mundial
Horizonte	2019 a 2023
Idiomas	Português e Inglês
Questão de revisão	Quais as estratégias de gestão da produtividade estão sendo abordadas na construção civil na atualidade?
Critérios de busca	Critérios de Inclusão: “abordam gestão da produtividade na construção civil"; “Foram publicados nos idiomas português ou inglês”; "Foram publicados nos últimos 5 anos"; "São artigos de revista"; “O trabalho está totalmente disponível online”
	Critérios de Exclusão: "Não abordam gestão da produtividade na construção civil"; “Não foram publicados nos idiomas português ou inglês”; "Não foram publicados nos últimos 5 anos"; "Não são artigos de revista" ; “O trabalho não está totalmente disponível online”
Termos de Busca	Productivity AND Management AND Construction
Fontes de busca	Base de dados Web of Science

Fonte: dos autores.

Após a delimitação e validação do protocolo, iniciou-se a etapa de busca elegibilidade e codificação dos estudos, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3: Protocolo de Revisão Sistemática da Literatura



Fonte: dos autores.

Conforme o fluxograma proposto na figura 2, os termos “productivity AND management AND construction”, foram pesquisados na base de dados Web of Science, retornaram 1539 resultados. Em seguida foram delimitados o horizonte de 2019 a 2023, os idiomas português e inglês e o tipo de publicação artigos de revista, que retornaram 579 resultados. Os 579 títulos dos trabalhos foram analisados na busca pelos termos, que resultaram em 75 potenciais estudos, que por sua vez tiveram seus resumos analisados na procura das temáticas de gestão e produtividade na construção de forma conjunta. Nesta etapa 15 estudos foram excluídos, por não descreverem nenhuma técnica ou ferramenta de gestão aplicada, o que resultou em 60 estudos

para serem lidos na íntegra. Após a leitura, realizou-se a exclusão de 15 estudos, devido à não aderência com o escopo da pesquisa.

Por fim, iniciou-se o processo de síntese dos 45 estudos efetivamente selecionados. Inicialmente realizou-se uma análise bibliométrica em que os estudos foram caracterizados de acordo com ano ao qual as pesquisas foram publicadas, periódico e local de publicação. Em seguida, realizou-se uma análise de conteúdo para identificar as estratégias, ferramentas e filosofias aplicadas à otimização da gestão da produtividade na construção civil.

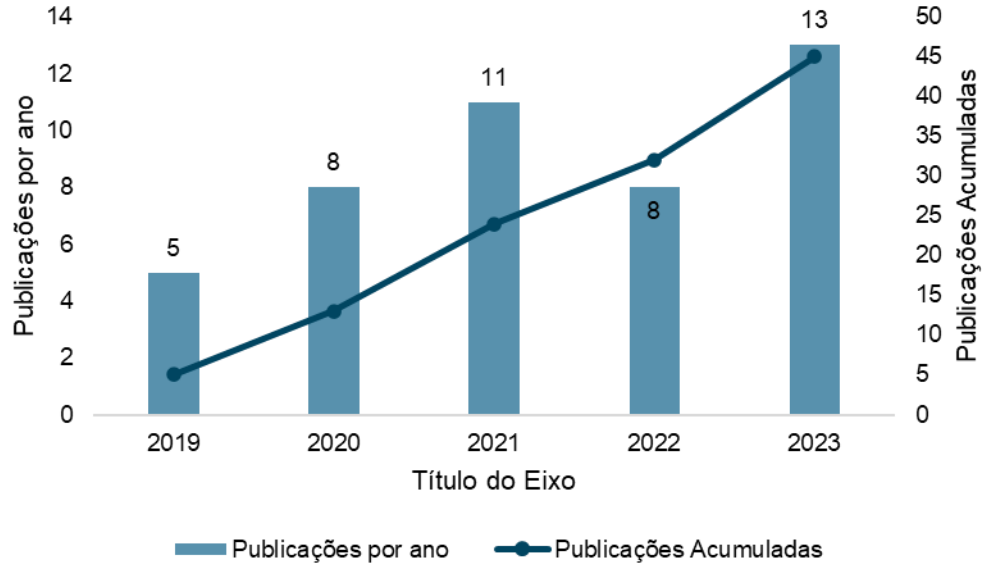
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente realizou-se uma breve caracterização dos 45 trabalhos e em seguida a análise das estratégias, objetivo principal do trabalho.

CARACTERIZAÇÃO DAS PUBLICAÇÕES REVISADAS

A Figura 4 apresenta a tendência de publicações nos últimos 5 anos.

Figura 4: Comportamento das publicações ao longo dos anos



Fonte: dos autores.

Pode-se notar uma tendência crescente de pesquisas entre 2019-2023. Ela reforça a importância do tema e está alinhado com [21] para quem o setor tem enfrentado uma queda em sua produtividade, o que tem a feito despertar para a busca por diferentes estratégias que viabilizem sua otimização.

Esses trabalhos foram publicados em 28 periódicos, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Periódicos das publicações

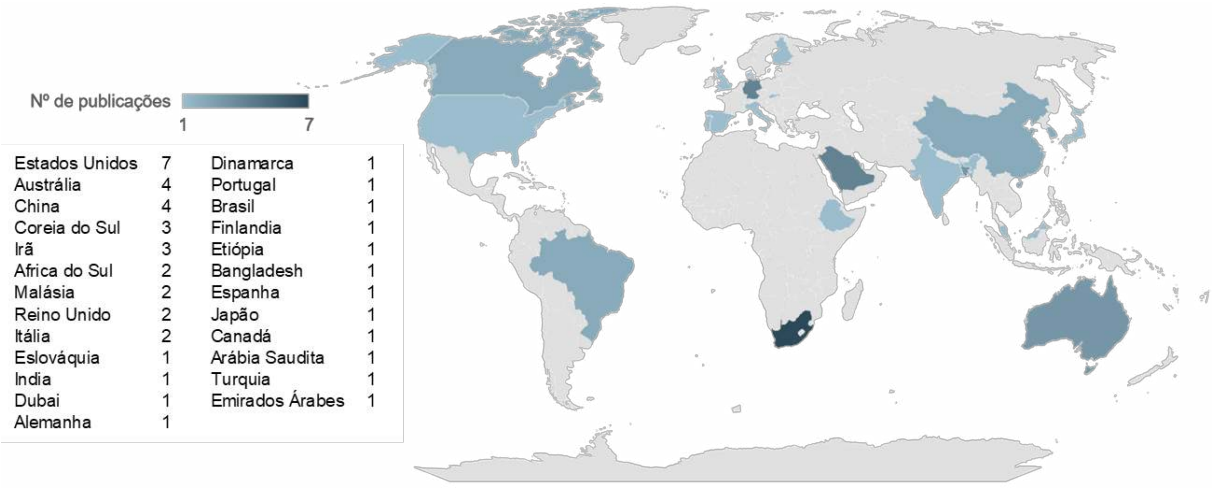
Nº	Periódico	Fator de impacto	Nº de publicações	% do total	% acumulada
1	*Buildings*	3,8	6	13,3	13,3
2	*Automation in Construction*	10,3	4	8,9	22,2
3	*Engineering, Construction and Architectural Management*	4,1	3	6,7	28,9
4	*Journal of Construction Engineering and Management*	5,1	3	6,7	35,6
5	*Sustainability*	3,9	3	6,7	42,2
6	*International Journal of Construction Management*	3,9	2	4,4	46,7
7	*Journal of Management in Engineering*	7,4	2	4,4	51,1
8	*Construction Innovation*	3,3	2	4,4	55,6
9	*Applied Sciences*	2,7	2	4,4	60,0
	Σ 9 periódicos com pelo menos 2 artigos publicados	***2,7-10,3***	***27***	***60,0***	***60,0***
	Σ 19 periódicos com apenas 1 artigo publicado	***0,2-12,3***	***18***	***40,0***	***40,0***
	Total (28 periódicos)	**0,2-12,3**	**45**	**100**	**100**

Fonte: dos autores.

Observa-se uma concentração significativa de artigos em 9 periódicos (59,6%), enquanto os demais (19 periódicos) representam 40,4% das publicações. Dentre os principais periódicos, apenas dois não são específicos da área de construção (*Sustainability* e *Applied Science*), o que indica a abertura dessas revistas para esses temas, inclusive em periódicos de alto impacto como o *Automation in Construction*.
Por fim, apenas uma publicação foi realizada em periódico nacional, na "Revista de Gestão e Projetos" (e-ISSN: 2236-0972). Isso pode apontar para um baixo interesse das revistas nacionais ou que o processo de busca não retornou trabalhos nacionais, constituindo-se uma limitação do estudo.

A Figura 5 apresenta a origem dos trabalhos.

Figura 5: Origem das publicações



Fonte: dos autores.

Pode-se constatar relevância em nível global, uma vez que a amostra levantou trabalhos de todos os continentes habitados. Além disso, grande parte dos estudos (cerca de 15%) são originários dos Estados Unidos, indicando uma contribuição significativa do país. Essa ampla cobertura permite apontar, também, que indiferente do desempenho do setor, a busca pela otimização da produtividade é uma métrica ainda válida.

Tomando como referência [3], pode-se notar que tanto países considerados com desempenho superior com relação à produtividade, como a Dinamarca, como retardatários – como o Brasil, têm artigos na amostra. Desta forma, o presente trabalho ganha relevância, uma vez que explora as estratégias empregadas nesses diferentes contextos

ESTRATÉGIAS PARA GESTÃO DA PRODUTIVIDADE

A análise dos 45 trabalhos resultou em nove estratégias, conforme a Tabela 2.

Tabela 2: Estratégias para melhoria da produtividade

Estratégia	Trabalhos	Total	% total	% Acumulada
Uso de Tecnologias Digitais	[22][23][24][25][26] [27][28][29][30][31] [32][33][34][35][36] [37][38][39][40][41] [42][43][44][45][46][47]	19	42,2	42,2
Construção Enxuta		7	15,6	57,8
BIM	[48][49][50][51][52][53]	6	13,3	71,1
Gestão centrada nas pessoas	[54][55][56][57]	3	8,9	80,0
Construção Modular	[58][59][60]	3	6,7	86,7
Gestão da Qualidade Total	[61][62]	2	4,4	91,1
Construção Enxuta & BIM	[21][63]	2	4,4	95,6
Boas práticas de Gestão de Suprimentos	[64]	1	2,2	97,8
Boas práticas de Segurança	[65]	1	2,2	100,0

Fonte: dos autores.

Pode-se notar que o Uso de Tecnologias Digitais foi a principal estratégia, representando cerca de 40% dos trabalhos. É importante frisar que o BIM ficou separado das Tecnologias Digitais por ser uma tecnologia distinta e específica para o setor, diferente de outras aplicações genéricas incluídas na categoria como Machine Learning, Realidade Aumentada, Sensores, Inteligência Artificial, Robótica e Simulação. A seguir, essas estratégias são brevemente apresentadas.

USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS

As inovações da indústria 4.0 foram identificadas como as estratégias mais importantes para melhorar a produtividade na construção. Isso corrobora com os autores [66] para quem uma dos principais objetivos do uso de tecnologias digitais é alcançar uma construção eficiente.

Nesse contexto, [28] desenvolveram modelos de estimativa de produtividade utilizando Machine Learning (ML), a partir de dados históricos de relatórios diários de trabalho. Os modelos possibilitam compreender a influência dos diversos fatores que afetam a produtividade, tais como: Tecnologia, mão de obra, gestão, fatores externos, complexidade do projeto, gestão da construção, supervisão da equipe, tipo de projeto, escopo do trabalho, complexidade do projeto e fatores ambientais, antecipando as melhores condições para aumentar a produtividade e permitindo gerenciá-las. Segundo [26] o uso de ML permite a visualização de quais trabalhadores estão

realizando um trabalho ineficiente, de modo a possibilitar a correta alocação dos recursos e garantir a melhoria da qualidade.

Outra estratégia foi o uso de Realidade Aumentada que, conforme [30], permite uma melhor compreensão dos projetos para os operários, o que ajuda a aumentar sua produtividade. Já [38][43] apontaram a melhoria da produtividade por meio do uso de robótica, já que sua utilização proporciona a aceleração do tempo das atividades [38].

A implantação das Tecnologias Vestíveis também se mostrou relevante [33][34][37]. Tal tecnologia permite, por exemplo, que as informações sobre os recursos do canteiro de obras, como trabalhadores, equipamentos e materiais sejam obtidas e gerenciadas de forma eficaz e em tempo real, melhorando as condições de trabalho e, consequentemente, da produtividade [33].

CONSTRUÇÃO ENXUTA

A segunda estratégia com maior frequência foi a Construção Enxuta [41]–[47]. De fato, a busca na eficiência da produção da construção enxuta e diversos relatos sobre aumento da produtividade estão disponíveis na literatura [46], como por exemplo, empresas de Fortaleza, Ceara registraram aumento de produtividade de seus serviços em até 65% [67]. De acordo com [41] a implementação da construção enxuta em uma obra na China permitiu que a produtividade aumentasse, mesmo no contexto da pandemia.

BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

A terceira estratégia identificada foi o uso do BIM [48]–[53]. De acordo com [48], o BIM é muito eficaz para a gestão da produtividade e, segundo [53], para a maximização da qualidade. [49] exemplificaram que os atributos 4D do BIM possibilitaram a melhoria, a eficiência e a produtividade na gestão da obra. Já [51] utilizaram o BIM para o gerenciamento da produtividade através do monitoramento do progresso da construção.

GESTÃO CENTRADA NAS PESSOAS

A quarta estratégia identificada foi a Gestão Centrada nas pessoas [54]–[57]. [54] mostraram que uma gestão que se concentra na melhor forma de realizar as tarefas, considerando as necessidades dos membros da equipe, nos seus interesses e nas áreas de desenvolvimento pessoal é significativa para melhorar a produtividade. Outro aspecto relevante é a autonomia no trabalho [57]. Por fim, [56] apontou a delegação clara de responsabilidades, a estabilidade da estrutura organizacional e a composição da equipe como três práticas importantes que podem aumentar a produtividade.

CONSTRUÇÃO MODULAR

A quinta estratégia identificada foi a Construção Modular (CM) [58][59][60]. De acordo com [60], a CM é uma abordagem que envolve o projeto de módulos repetitivos e padronizados, a fabricação dos módulos em uma fábrica e a entrega em um canteiro de obras para montagem. Além da melhoria da produtividade, são apontados como vantagens da CM: redução do tempo de construção, redução de custos, facilidade de

construção, alta qualidade dos materiais, melhoria da saúde e segurança, exploração de recursos eficientes, minimização de desperdícios, aumento vida útil dos edifícios e redução do consumo de energia [58].

GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL (TQM)

A sexta estratégia foi a Gestão da Qualidade Total (Total Quality Manager, TQM) [61][62]. A TQM é uma técnica de gestão sistemática para desenvolver uma cultura orientada a processos dentro de uma organização para alcançar qualidade e satisfação de clientes e funcionários [62]. Nesse sentido, [61] documentou quantitativamente o efeito da aplicação do TQM na produtividade da execução de sistemas prediais, através de um estudo de caso de um projeto simétrico, em que metade das atividades foram geridas adotando a gestão integrada baseada em TQM e a outra metade com as abordagens tradicionais, observou-se que as atividades progrediram mais rapidamente com a gestão que abordava o TQM.

CONSTRUÇÃO ENXUTA E BIM

A sétima estratégia, na verdade, é a aplicação conjunta da Construção Enxuta e BIM, já mencionadas anteriormente. Estudos sobre a sinergia Construção Enxuta e BIM têm longo histórico, podendo-se mencionar [68] como um dos trabalhos seminais. Isso ocorre porque diversos benefícios proporcionados pela adoção de Tecnologias Digitais, como o BIM, estão alinhados com os princípios de Construção Enxuta [69]. Por exemplo, o desenvolvimento do ambiente colaborativo entre as abordagens possibilita a minimização de diferentes naturezas de desperdícios [21].

BOAS PRÁTICAS DE GESTÃO DE SUPRIMENTOS E BOAS PÁTRIAS DE SEGURANÇA DO TRABALHO

Com um artigo cada, as últimas estratégias identificadas foram Boas Práticas de Suprimentos [64] e de Segurança do Trabalho [65]. De acordo com [64] a identificação de materiais de longo prazo, os planos de aquisição e cronograma de entrega são boas práticas que podem melhorar a produtividade. Já [65] apontaram a importância das boas práticas de segurança para a produtividade, com base na análise de dados de práticas de gestão da segurança de 39 projetos de construção em Melbourne, Austrália.

CONCLUSÃO

O presente trabalho teve por objetivo identificar estratégias para melhoria da produtividade da mão de obra no setor da construção. Para tanto, realizou uma Revisão Sistemática da Literatura que compreendeu 45 artigos de periódico dos últimos 5 anos levantados na base da Web Of Science.

Pôde-se constatar a importância do tema, que foi publicado em 28 periódicos, com pesquisas de todos os continentes habitados. Tal resultado indica uma preocupação contemporânea de buscar maior eficiência na construção, independente do desempenho atual (alto ou baixo) dos setores nos diversos países. Essa preocupação

está alinhada a tendência de Transformação Digital dos setores econômicos, o que foi confirmado na análise dos trabalhos que revelou o Uso de Tecnologias Digitais como a principal estratégia.

A análise do conteúdo dos artigos levou à identificação de nove estratégias: Uso de Tecnologias Digitais; BIM; Construção Enxuta; Gestão centrada nas pessoas; Construção Modular; Gestão da Qualidade Total; Aplicação Sinérgica da Construção Enxuta e o BIM; Boas Práticas de Gestão de Suprimentos; e Boas Práticas de Gestão de Segurança do Trabalho. Como já destacado, o uso de Tecnologias Digitais foi a estratégia mais frequente.

Assim, pode-se concluir que a busca pela melhoria da produtividade ainda é um tema em destaque e que requer a aplicação de múltiplas estratégias que envolvem aspectos técnicos (processo construtivo), tecnológicos (aplicações que auxiliam o projeto e a execução) e sociais (fatores humanos) para sua consecução. Desta forma, o trabalho contribui ao ajudar a delinear o que está se pesquisando atualmente nesse campo.

Apesar disso, o estudo possui limitações. Primeiro, o horizonte de análise foi restrito aos últimos 5 anos em uma única base de dados (WoS), o que pode ter restringido os resultados, inclusive com o baixo retorno de estudos nacionais. Desta forma, estudos futuros poderiam abordar a temática combinando bases adicionais como a Scopus e a SciElo. Além disso, não se descreveu com maior profundidade como essas estratégias foram utilizadas, o que seria enriquecedor para estudos futuros. Por fim, essas estratégias poderiam ser investigadas empiricamente para verificar sua real aplicação e importância no contexto brasileiro.

REFERÊNCIAS

[1] LEE, T. Y.; AHMAD, F.; SARIJARI, M. A. Current status and future research trends of construction labor productivity monitoring: a Bibliometric Review. **Buildings**, v. 13, n. 6, p. 1479, 2023.

[2] HWANG, B.-G. et al. Prioritizing critical management strategies to improving construction productivity: empirical research in Singapore. **Sustainability**, v. 12, n. 22, p. 9349, 2020.

[3] BARBOSA, F.; WOETZEL, J.; MISCHKE, J. **Reinventing construction: A route of higher productivity**. McKinsey Global Institute, 2017.

[4] DE SOUZA, U. E. L. **Como aumentar a eficiência da mão-de-obra**. 2006.

[5] ALMEIDA, E. L. G. DE et al. Study of delays in constructions: A managerial point of view of private companies in Brasilia, Brazil. **Gestão e Produção**, v. 28, n. 3, 2021.

[6] SAMBASIVAN, M. et al. Analysis of delays in Tanzanian construction industry: transaction cost economics (TCE) and structural equation modelling (SEM) approach. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 24, n. 2, p. 308–325, 2017.

[7] VILES, E.; RUDELI, N. C.; SANTILLI, A. Causes of delay in construction projects: a quantitative analysis. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 27, n. 4, p. 917–935, 2020.

[8] CHANGALI, S.; MOHAMMAD, A.; NIEUWLAND, M. VAN. **The construction productivity imperative**. McKinsey Quarterly, p. 1–10, 2015.

[9] CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Manual Básico de Indicadores de Produtividade na Construção Civil** – Vol. 1. Brasilia: CBIC, 2017.

[10] SINK, D. S.; TUTTLE, T. C. **Planejamento e medição para performance**. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark, 1993.
[11] THOMAS, H. R. et al. Modeling construction labor productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 116, n. 4, p. 705–726, 1990.
[12] SHEHATA, M. E.; EL-GOHARY, K. M. Towards improving construction labor productivity and projects' performance. **Alexandria Engineering Journal**, v. 50, n. 4, p. 321–330, 2011.
[13] SONG, L.; ABOURIZK, S. M. Measuring and Modeling Labor Productivity Using Historical Data. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 134, n. 10, p. 786–794, 2008.
[14] EL-MASHALEH, M. S.; MINCHIN JR, R. E.; O'BRIEN, W. J. Management of Construction Firm Performance Using Benchmarking. **Journal of Management in Engineering**, v. 23, n. 1, p. 10–17, 2007.
[15] THOMAS, H. R. Benchmarking Construction Labor Productivity. **Practice Periodical on Structural Design and Construction**, v. 20, n. 4, p. 1–10, 2015.
[16] THOMAS, H. R.; YIAKOUMIS, I. Factor Model of Construction Productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 113, n. 4, p. 623–639, 1987.
[17] SOUZA, U. E. L. de. **Método para a previsão da produtividade da mão-de-obra e do consumo unitário de materiais para os serviços de fôrmas, armação, concretagem, alvenaria, revestimentos com argamassa, contrapiso, revestimentos com gesso e revestimentos cerâmicos**. [s.l.] 357f. Tese (Livre docência) – Escola politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.
[18] CAMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Manual básico de indicadores de produtividade na construção civil completo**. Brasília: CBIC, 2017b.
[19] CÂNDIDO, L. F.; LIMA, S. H. DE O.; BARROS NETO, J. DE P. Medição e gestão de desempenho em empresas construtoras. **Ambiente Construído**, v. 20, n. 1, p. 195–214, mar. 2020.
[20] DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. **Design Science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015.
[21] HEIGERMOSER, D. et al. BIM-based Last Planner System tool for improving construction project management. **Automation in Construction**, v. 104, p. 246–254, ago. 2019.
[22] JAHANGER, Q. K.; TREJO, D.; LOUIS, J. Evaluation of field labor and management productivity in the USA construction industry. **Engineering, Construction and Architectural Management**, 20 jul. 2023.
[23] VIGNESHWAR, R. V. K.; SHANMUGAPRIYA, S. Investigating the factors affecting construction site productivity – a case of India. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 30, n. 2, p. 963–985, 14 mar. 2023.
[24] PANERU, S.; JEELANI, I. Computer vision applications in construction: Current state, opportunities & challenges. **Automation in Construction**, v. 132, p. 103940, dez. 2021.
[25] HASAN, A. et al. Empirical Study on Implications of Mobile ICT Use for Construction Project Management. **Journal of Management in Engineering**, v. 35, n. 6, nov. 2019.
[26] LI, J. et al. Evaluating the Work Productivity of Assembling Reinforcement through the Objects Detected by Deep Learning. **Sensors**, v. 21, n. 16, p. 5598, 19 ago. 2021.
[27] CALVETTI, D. et al. Worker 4.0: The Future of Sensored Construction Sites. **Buildings**, v. 10, n. 10, p. 169, 23 set. 2020.
[28] SADATNYA, A. et al. Machine learning for construction crew productivity prediction using daily work reports. **Automation in Construction**, v. 152, p. 104891, ago. 2023.

[29] ZULU, S. L.; SAAD, A. M.; OMOTAYO, T. The Mediators of the Relationship between Digitalisation and Construction Productivity: A Systematic Literature Review. **Buildings**, v. 13, n. 4, p. 839, 23 mar. 2023.
[30] RATAJCZAK, J.; RIEDL, M.; MATT, D. BIM-based and AR Application Combined with Location-Based Management System for the Improvement of the Construction Performance. **Buildings**, v. 9, n. 5, p. 118, 9 maio 2019.
[31] AKANMU, A. A.; ANUMBA, C. J.; OGUNSEIJU, O. O. Towards next generation cyber-physical systems and digital twins for construction. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 26, p. 505–525, Hwang, 26 jul. 2021.
[32] FATHI, SAHAND; FATHI, SOHEIL; BALALI, V. Time–Space Conflict Management in Construction Sites Using Discrete Event Simulation (DES) and Path Planning in Unity. **Applied Sciences**, v. 13, n. 14, p. 8128, 12 jul. 2023.
[33] TURNER, C. J. et al. Utilizing Industry 4.0 on the Construction Site: Challenges and Opportunities. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 17, n. 2, p. 746–756, fev. 2021.
[34] YU, Y. et al. Automatic Biomechanical Workload Estimation for Construction Workers by Computer Vision and Smart Insoles. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 33, n. 3, maio 2019.
[35] MESA FERNÁNDEZ, J. M. et al. Bibliometric Analysis of the Application of Artificial Intelligence Techniques to the Management of Innovation Projects. **Applied Sciences**, v. 12, n. 22, p. 11743, 18 nov. 2022.
[36] ASLAM, M.; GAO, Z.; SMITH, G. Development of Innovative Integrated Last Planner System (ILPS). **International Journal of Civil Engineering**, v. 18, n. 6, p. 701–715, 11 jun. 2020.
[37] RYU, J. et al. Automated Action Recognition Using an Accelerometer-Embedded Wristband-Type Activity Tracker**. Journal of Construction Engineering and Management**, v. 145, n. 1, jan. 2019.
[38] M. A. AlRushood, F. Rahbar, S. Z. Selim, and F. Dweiri, "Accelerating Use of Drones and Robotics in Post-Pandemic Project Supply Chain," **Drones**, vol. 7, no. 5, p. 313, May 2023, doi: 10.3390/drones7050313.
[39] JAHANGER, Q. K. et al. Potential Influencing Factors Related to Digitalization of Construction-Phase Information Management by Project Owners**. Journal of Management in Engineering**, v. 37, n. 3, maio 2021.
[40] PRADHANANGA, P.; ELZOMOR, M.; SANTI KASABDJI, G. Identifying the Challenges to Adopting Robotics in the US Construction Industry. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 147, n. 5, p. 622–639, 14 maio 2021.
[41] JIANG, L. et al. Study on the construction workforce management based on lean construction in the context of COVID-19. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 30, n. 8, p. 3310–3329, 1 set. 2023.
[42] LERCHE, J.; ENEVOLDSEN, P.; SEPPÄNEN, O. Application of Takt and Kanban to Modular Wind Turbine Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 148, n. 2, fev. 2022.
[43] NOORZAI, E. Evaluating lean techniques to improve success factors in the construction phase. **Construction Innovation**, v. 23, n. 3, p. 622–639, 14 abr. 2023.
[44] PÓVOAS SOUTO FILHO, J. A.; CASADO LORDSLEEM JÚNIOR, A.; AQUINO ROCHA, J. H. Construção enxuta em obras de edificações: avaliação e sugestões. **Revista de Gestão e Projetos**, v. 13, n. 3, p. 117–148, 9 dez. 2022.
[45] LIMENIH, Z. M.; DEMISSE, B. A.; HAILE, A. T. The Usefulness of Adopting the Last Planner System in the Construction Process of Addis Ababa Road Projects. **Advances in Civil Engineering**, v. 2022, p. 1–12, 26 fev. 2022.

[46] AHMED, S.; HOSSAIN, M. M.; HAQ, I. Implementation of lean construction in the construction industry in Bangladesh: awareness, benefits and challenges. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**, v. 39, n. 2, p. 368–406, 31 mar. 2020.
[47] SCHULZE, F.; DALLASEGA, P. Lean and Industry 4.0 mitigating common losses in Engineer-to-Order theory and practice: an exploratory study. **Flexible Services and Manufacturing Journal**, 31 jul. 2023.
[48] MESÁROŠ, P.; MANDIČÁK, T.; BEHÚNOVÁ, A. Use of BIM technology and impact on productivity in construction project management. **Wireless Networks**, v. 28, n. 2, p. 855–862, 16 fev. 2022.
[49] KIM, SEUNGHO; KIM, SANGYONG; LEE, D.-E. 3D Point Cloud and BIM-Based Reconstruction for Evaluation of Project by As-Planned and As-Built. **Remote Sensing**, v. 12, n. 9, p. 1457, 4 maio 2020.
[50] WONG, J.; RASHIDI, A.; ARASHPOUR, M. Evaluating the Impact of Building Information Modeling on the Labor Productivity of Construction Projects in Malaysia. **Buildings**, v. 10, n. 4, p. 66, 30 mar. 2020.
[51] CHA, H.; KIM, J. A study on 3D/BIM-based on-site performance measurement system for building construction. **Journal of Asian Architecture and Building Engineering**, v. 19, n. 6, p. 574–585, 1 nov. 2020.
[52] SHIN, M.-H.; JUNG, J.-H.; KIM, H.-Y. Quantitative and Qualitative Analysis of Applying Building Information Modeling (BIM) for Infrastructure Design Process. **Buildings**, v. 12, n. 9, p. 1476, 17 set. 2022.
[53] ALABOUD, N.; ALSHAHRANI, A. Adoption of Building Information Modelling in the Saudi Construction Industry: An Interpretive Structural Modelling. **Sustainability**, v. 15, n. 7, p. 6130, 3 abr. 2023.
[54] MOYO, T.; CRAFFORD, G.; EMUZE, F. People-centred management for improving construction workers' productivity in Zimbabwe. **Built Environment Project and Asset Management**, v. 11, n. 2, p. 350–368, 27 abr. 2021.
[55] BAMFO-AGYEI, E.; THWALA, D. W.; AIGBAVBOA, C. The effect of management control on labour productivity of labour-intensive works in Ghana. **Acta Structilia**, v. 29, n. 1, 2022.
[56] GURMU, A. T. Fuzzy synthetic evaluation of human resource management practices influencing construction labour productivity. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 70, n. 2, p. 256–276, 30 mar. 2020b
[57] TAM, N. VAN; WATANABE, T.; HAI, N. L. Measuring Work Autonomy and Its Role in Enhancing Labour Productivity: The Case of the Vietnamese Construction Industry. **Buildings**, v. 12, n. 9, p. 1477, 17 set. 2022.
[58] SHAHPARI, M. et al. Assessing the productivity of prefabricated and in-situ construction systems using hybrid multi-criteria decision making method. **Journal of Building Engineering**, v. 27, p. 100979, jan. 2020.
[59] ZHAO, J. et al. Using Real-Time Tracking of Materials and Labor for Kit-Based Logistics Management in Construction. **Frontiers in Built Environment**, v. 7, 3 set. 2021.
[60] LU, W.; YANG, Z.; KONG, L. Identification of Learning Effects in Modular Construction Manufacturing. **Automation in Construction**, v. 154, p. 105010, out. 2023.
[61] SMALL, E. P.; BAKRY, I.; AYYASH, L. Evaluating the effect of TQM on MEP construction productivity and project delivery in Dubai. **International Journal of Construction Management**, v. 21, n. 10, p. 1061–1075, 3 out. 2021.
[62] ALAWAG, A. M. et al. The Role of the Total-Quality-Management (TQM) Drivers in Overcoming the Challenges of Implementing TQM in Industrialized-Building-System (IBS) Projects in Malaysia: Experts' Perspectives. **Sustainability**, v. 15, n. 8, p. 6607, 13 abr. 2023.

[63] DEMIRDÖĞEN, G. et al. Lean Based Maturity Framework Integrating Value, BIM and Big Data Analytics: Evidence from AEC Industry. **Sustainability**, v. 13, n. 18, p. 10029, 7 set. 2021.

[64] GURMU, A. T. Construction materials management practices enhancing labour productivity in multi-storey building projects. **International Journal of Construction Management**, v. 20, n. 1, p. 77–86, 2 jan. 2020a.

[65] GURMU, A. T. Hybrid Model for Assessing the Influence of Safety Management Practices on Labor Productivity in Multistory Building Projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 147, n. 11, nov. 2021.

[66] ERNSTSEN, S. N. et al. How Innovation Champions Frame the Future: Three Visions for Digital Transformation of Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 147, n. 1, 2021.

[67] BARBOSA, G. et al. Heijunka System to Level Telescopic Forklift Activities Using Tablets in Construction Site (C. T. Formoso & P. Tzortzopoulos, Eds.)**21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction**. Anais...Civil engineer trainee. Colmeia Construction Company, Fortaleza, Brazil, 2013. Disponível em: <http://iglc.net/Papers/Details/873/pdf>

[68] SACKS, R.; KOSKELA, L. Interaction of lean and building information modeling in construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 136, n. 9, p. 968–981, 2010.

[69] ALTAN, E.; IŞIK, Z. Digital twins in lean construction: a neutrosophic AHP – BOCR analysis approach. **Engineering, Construction and Architectural Management**, 2023.