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]INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E BIM NA GESTÃO DE PROJETOS: ONDE ESTAMOS?

Artificial Intelligence and BIM in design management: where are we?

Mônica Santos Salgado
PROARQ FAU UFRJ | Rio de Janeiro, RJ | monicassalgado@fau.ufrj.br

RESUMO

A modernização da indústria da construção civil envolve a atualização dos processos de projeto e execução. O avanço das tecnologias digitais tem possibilitado mudanças, mas estas não podem ser adotadas de forma acelerada, pois o setor não consegue absorver as inovações tecnológicas rapidamente. Ao mesmo tempo, há um interesse crescente nas possibilidades oferecidas pela Inteligência Artificial (IA), devido ao seu potencial de automatizar processos que ainda são realizados manualmente por profissionais da AECO. Assim, este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa que visa avaliar o potencial da Inteligência Artificial associada ao BIM (Building Information Modeling) na gestão do processo de projeto, apresentando o resultado da revisão bibliográfica realizada em publicações nacionais e na base de dados SCOPUS. O VOSviewer foi utilizado para análise bibliométrica, incluindo a coocorrência de palavras-chave. A pesquisa permitiu identificar algumas tendências na associação BIM+IA para o processo de gestão de projeto, apresentando alternativas que visam: aumento da produtividade, melhoria da coordenação de projetos, sustentabilidade da construção, foco no usuário e verificação de regras. No entanto, ainda são poucas as publicações, indicando a necessidade de mais pesquisas sobre o tema.

Palavras-chave: Tecnologias digitais, Inteligência Artificial, Modelagem da Informação da Construção (BIM), Gestão de projetos.

ABSTRACT

The modernization of the civil construction industry involves updating the design and execution processes. The advancement of digital technologies has enabled changes, but these cannot be adopted in a rapid path, as the sector is unable to absorb technological innovations quickly. At the same time, there is a growing interest in the possibilities offered by Artificial Intelligence (AI), due to its potential to automate processes that are still performed manually by AECO professionals. Thus, this paper presents the results of a research project that aims to evaluate the potential of Artificial Intelligence associated with BIM (Building Information Modeling) in the management of the design process, presenting the result of the literature review carried out in national publications and in the SCOPUS database. VOSviewer was used for bibliometric analysis, including the co-occurrence of keywords. The research allowed us to identify some trends in the BIM+AI association for the design management process, presenting alternatives aimed at: increasing productivity, improving project coordination, construction sustainability, user focus, and rule verification. However, there are still few publications, indicating the need for further research on the topic.

Keywords: *Digital Technologies, Artificial Intelligence, Building Information Modeling, Project management*.

1 INTRODUÇÃO

A adoção das tecnologias digitais tem promovido a modernização do trabalho em diferentes setores produtivos. Na construção civil a partir da disseminação do BIM (Building Information Modeling) esse movimento ganhou impulso. As possibilidades oferecidas pelos aplicativos que viabilizam a modelagem da informação da construção, oferecem oportunidades para o trabalho colaborativo, visando a produção do projeto integrado. BIM emerge a partir da evolução das tecnologias computacionais, e se apresenta não apenas como “um conjunto de softwares”, mas especialmente como um novo processo de trabalho, facilitando a colaboração entre os membros das equipes de projeto e obra.

No Brasil mais recentemente a homologação da Nova Lei de Licitação e Contratos (Lei n°14.133, 2021), estabeleceu a preferência para as contratações em BIM, sinalizando para um mercado de trabalho onde não haverá espaço para os profissionais que desconheçam a metodologia. O interesse no tema tem incentivado a realização de eventos, conferências, simpósios e seminários, cujo objetivo principal tem sido difundir a metodologia e outras possibilidades oferecidas ao setor da construção civil. Alternativas associando BIM com

[1]SALGADO, M S, A. Inteligência Artificial e BIM na gestão de projetos: onde estamos? In: 5º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 4., 2025, Florianópolis. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2025.

tecnologias como a realidade virtual (RV) e/ou aumentada (RA) têm sido testadas, uma vez que oferecem outras possibilidades ao processo de projeto. Como exemplo, tem destaque o trabalho de Silva e Groetelaars (2021), que propõem aplicações em RV/RA onde um modelo BIM e suas informações associadas passam a ser visualizadas pelo usuário de forma interativa e imersiva. Aplicações como esta podem servir tanto para as etapas de projeto e construção quanto para o gerenciamento e manutenção do edifício.

Mais recentemente, os interesses têm se voltado às possibilidades oferecidas pela Inteligência Artificial. (IA) Levantamento apresentado por Henshall (2024) apresentou os resultados de um estudo comparando o desempenho de IA de última geração com o desempenho humano em tarefas como: reconhecimento de texto manuscrito, reconhecimento do texto falado, reconhecimento de imagens, compreensão de texto, compreensão da linguagem, entre outras habilidades. O estudo teve início em 1998 comparando dados obtidos até 2022, e permitiu concluir que a IA superou os seres humanos em várias tarefas, e ainda pode superar novas tarefas rapidamente.

Ao se considerar a complexidade do projeto de edificações, e as possibilidades oferecidas pela metodologia BIM, surge a questão: quais alternativas a inteligência artificial pode trazer ao processo de projeto? Este questionamento levou ao desenvolvimento dessa pesquisa, que visa avaliar o potencial da Inteligência Artificial associada ao BIM (Building Information Modeling) na gestão do processo de projeto, e apresentar algumas tendências. Com a crescente digitalização das informações da construção, entende-se que a inteligência artificial pode ser um importante aliado na otimização das etapas de projeto e execução.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A modelagem da informação da construção é um processo de trabalho que permite a criação de um modelo digital parametrizado da obra, permitindo a identificação de conflitos antes do início da construção. A bibliografia consagrada sobre o tema, define BIM como uma metodologia que depende de políticas, pessoas e tecnologias para que seja possível explorar o máximo potencial oferecido. (Succar, 2009)

No Brasil, a partir do Decreto que estabeleceu a estratégia BIM-BR (Decreto 9833, 2019), o interesse no tema cresceu e levou à criação do BIM Fórum – uma associação civil de âmbito nacional, neutra, sem fins lucrativos que reúne os diversos agentes da cadeia produtiva da construção envolvidos e interessados na disseminação do conceito e prática da Modelagem da Informação da Construção (BFB, 2024). Desde 2023 o BIM Fórum tem promovido o evento internacional BIM Conference. A nuvem de palavras construída a partir dos temas divulgados na programação do primeiro evento (Figura 1), permite identificar que o destaque desta edição foram as discussões sobre a norma NBR 15965, que trata do sistema de classificação da informação. (BIM Conference, 2023).

Figura 1: Temas em destaque no BIM Conference de 2023.

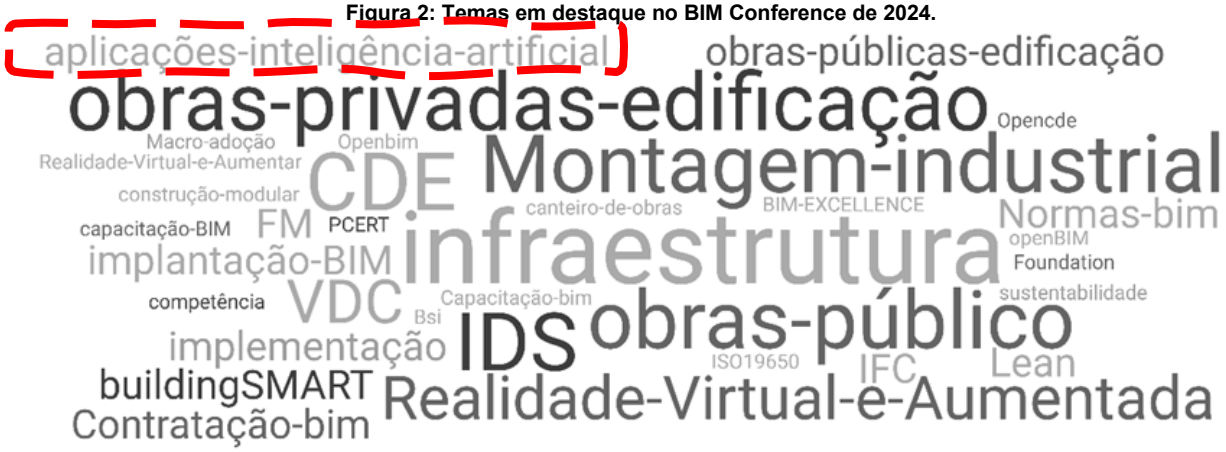


Fonte: autora

A segunda edição do evento realizada em 2024, por sua vez, apresentou diversidade de temas, sem destacar um tema específico, conforme ilustra a Figura 2 (BIM Conference, 2024). Observa-se que o tema “Inteligência Artificial” apareceu no segundo evento em dois momentos: uma sessão técnica com o tema “Onde podemos aplicar IA na Gestão de Projetos” e em duas palestras internacionais: “Future of AI on AECO” (Futuro da

Inteligência Artificial na área de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação) ministrada por Nicolas Mangon (VP Autodesk); e “Building Smarter: when VDC, Lean, and AI converge to enable Proactive Project Controls” (Edificações mais inteligentes: quando VDC[2] , Lean[3] e Inteligência Artificial convergem para viabilizar o controle proativo de projetos) ministrada por Prof. Mani Golparvar Fardi (University of Illinois Urbana-Champaign). Cabe acrescentar que a palestra do prof. Rafael Sacks intitulada “Recent Developments in BIM” (Desdobramentos recentes em BIM) tratou o tema da inteligência artificial associada à metodologia BIM, corroborando a importância da pesquisa sobre o tema.

Figura 2: Temas em destaque no BIM Conference de 2024.



Fonte: autora

Entende-se que o desenvolvimento de projetos AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação) no ambiente BIM envolve variáveis que vão desde a capacitação profissional até a incorporação de tecnologias apropriadas, e o reconhecimento das possibilidades oferecidas pela Inteligência Artificial pode trazer novas alternativas ao processo de projeto.

2.1 Gestão de projetos e BIM

A discussão sobre os aspectos a serem considerados pelo setor AECO na adoção das tecnologias digitais não é recente, e intensificou nos anos 2000. Ao pesquisar o tema, Ferreira (2002) apresentou o que chamou de “agentes influenciadores" que seriam: gestão da tecnologia (tecnologia e ferramentas), gestão das pessoas (trabalho em equipe (t*eamwork*, treinamento e talentos) e gestão dos processos (tarefas e tempo). Nos anos seguintes, as pesquisas evoluíram, e surgiram as primeiras publicações brasileiras em eventos nacionais abordando especificamente o BIM na gestão de projetos. Entre as publicações pioneiras, cita-se o artigo de Florio (2007) que examinou três projetos com o objetivo de testar o potencial da modelagem paramétrica de componentes e sua eficácia na visualização dos elementos.

Conforme lembra Wang *et al.* (2014) um bom sistema de gestão de projetos deve integrar o controle de custos e o controle de progresso, agilizar ou mesmo automatizar os processos de coleta de dados, ter funções de análise automatizadas e ser aplicável a todos os tipos de obras de construção. Exatamente por isso, a transformação digital (digitalização, automação, integração) tem levado a uma mudança no setor da construção civil, que passa de uma abordagem tradicional orientada a projetos para uma abordagem orientada a processos (Schranz *et al*., 2021).

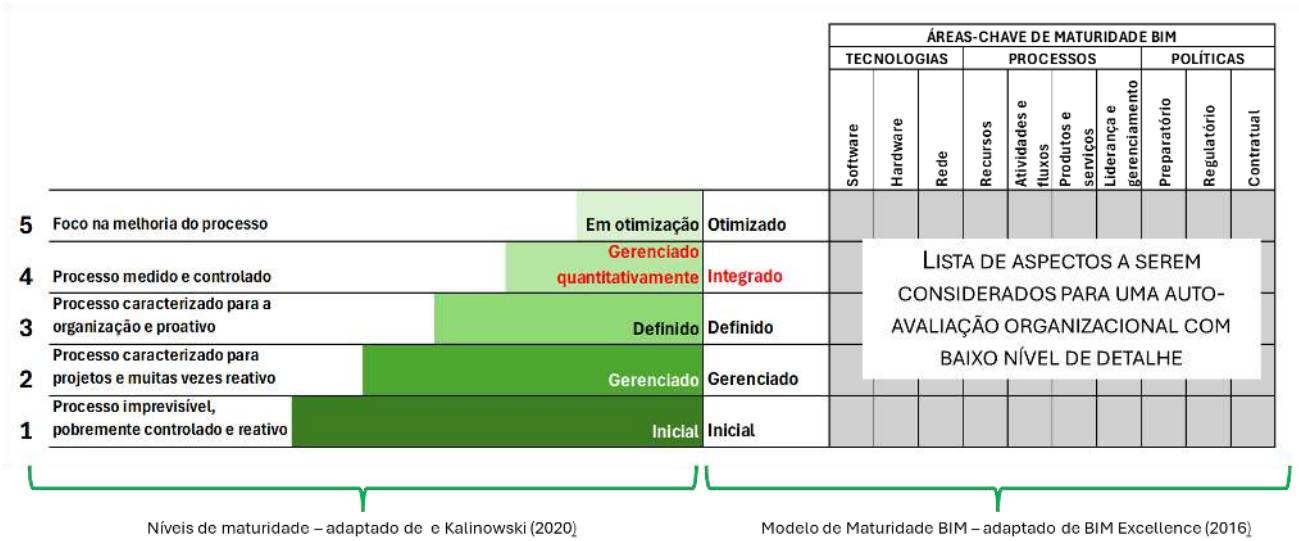
Como forma de auxiliar as empresas no processo de adequação para adoção da metodologia BIM no desenvolvimento de projetos, foi desenvolvida a Matriz de Maturidade BIM, definida pelo BIMe (2016) como uma ferramenta de conhecimento para identificar a maturidade de uma organização ou equipe de projeto em relação ao BIM, e se baseia nos conceitos de: capacidade (habilidades mínimas de uma organização ou equipe para entregar resultados BIM mensuráveis); e maturidade (melhoria gradual e contínua na qualidade, repetibilidade e previsibilidade dentro da capacidade BIM disponível). As etapas propostas por esta ferramenta tomam por base o modelo desenvolvido pela Universidade Carnegie Mellow conhecido como CMMI DEV– *Capability Maturity Model Integration for Development* (Modelo para Integração de Maturidade e Capacidade

[2] VDC = Virtual Design and Construction (Construção e Projeto Virtual)
[3] Lean referindo-se à Lean Construction = construção enxuta

para Desenvolvimento) (Team, 2010) elaborado para uso por organizações na busca pela melhoria de processos.

A primeira versão do CMMI-DEV foi publicada em 1993 e versão atual data de 2010 - versão 1.3 (CMMI PRODUCT TEAM, 2010). Nesta proposta, a “capacidade” se divide em 4 etapas – Nível 0: Incompleto; Nível 1: Executado; Nível 2: Gerenciado; e Nível 3: Definido. A Maturidade estaria dividida em 5 etapas: Nível 1: Inicial; Nível 2: Gerenciado; Nível 3: Definido; Nível 4: Gerenciado quantitativamente; e Nível 5: Otimizado. No modelo proposto pelo BIMe (2016), a definição do nível 4 passou a ser “Integrado” – identificação que não corresponde à proposta original, que define este nível como “Gerenciado quantitativamente”. A figura 3 compara os níveis definidos pelo CMMI-Dev com aqueles indicados na matriz proposta pelo BIMe Initiative.

Figura 3: Etapas modelo CMMI e a Matriz de Maturidade BIMe Initiative.



Fonte: autora, com base em BIMe Initiative (2016) e Kalinowski (2020)

A matriz de maturidade pode sugerir caminhos para as empresas avaliarem as próximos etapas na adoção da metodologia BIM. No entanto, são muitas as barreiras. Pesquisa sobre o tema (BFB, 2024) revelou que a padronização das práticas para organização e gestão do processo de trabalho é uma das principais dificuldades. Isto porque apenas 19,6% dos profissionais manifestaram seguir uma rotina de atividades capaz de aplicar sistemas de classificação comuns, e, simultaneamente, fazer uso de ferramentas de gestão. Um sistema de gestão formalizado, estruturado com base na NBR ISO 9001:2015 é desejável para as empresas que desejam adotar a metodologia BIM, como sugere a NBR ISO 19650-1:2022 (pág.8).

Conforme o conhecimento sobre BIM aumenta, crescem também as dúvidas e dificuldades na sua adoção. Como alerta Amorim (2023) a ampla difusão da metodologia trouxe problemas novos, decorrentes das aplicações dos princípios do BIM em projetos complexos, associada à transformação radical na cultura de projetos a partir de um processo baseado na colaboração. O suporte às empresas e equipes de profissionais interessados na adoção do BIM, particularmente no que se refere às dificuldades técnicas, pode vir da Inteligência Artificial, que apresenta possibilidades a serem exploradas pelo setor.

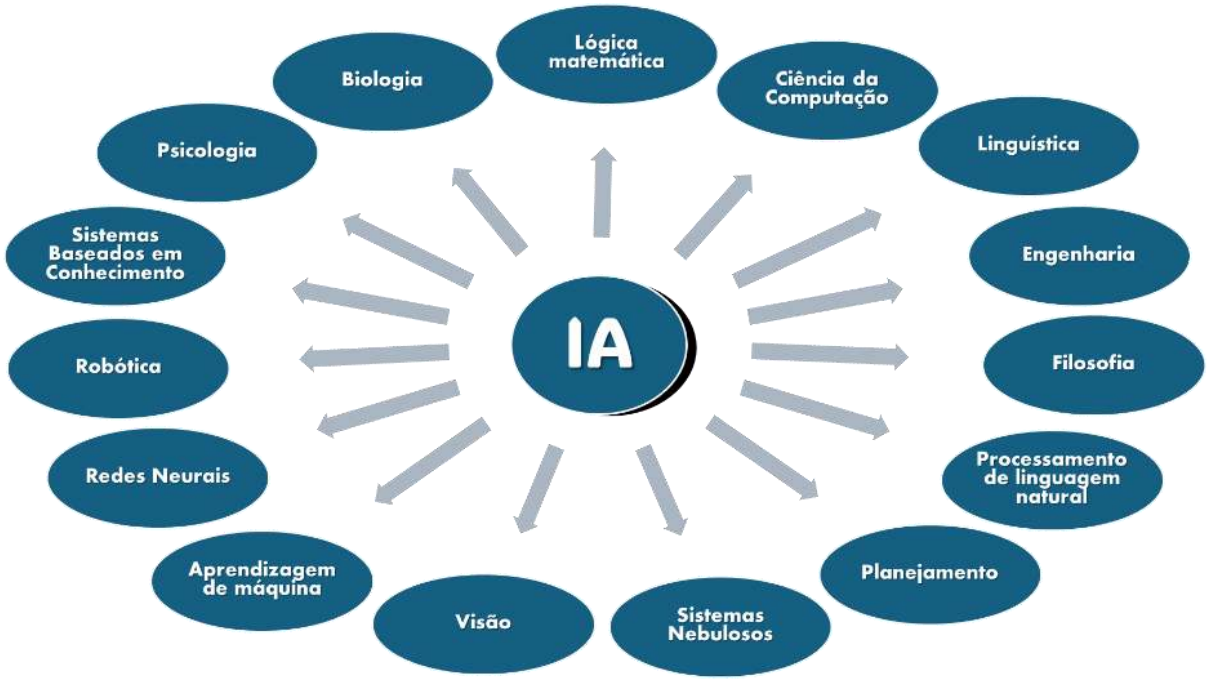
Dallasega et al. (2020) afirmam que os esforços gerenciais na indústria da construção em relação à transformação digital são subdesenvolvidos. O Building Information Modeling (BIM) é considerado a tecnologia central para a digitalização do setor, mas outras tecnologias e conceitos associados ainda não foram adequadamente explorados, o que inclui tecnologias de base como a internet das coisas, computação em nuvem, big fata, impressão 3D, sistemas ciber-físicos, e ainda a realidade aumentada, realidade virtual e a interação humano-computador. Daí a importância de expandir as pesquisas para tecnologias baseadas na inteligência artificial (IA).

Cabe acrescentar que o conceito da Indústria 4.0, embora seja caracterizado como uma estratégia de alta tecnologia que representa a quarta revolução industrial, representada pela crescente digitalização e automação (Dalasega et al., 2018) não corresponde somente ao uso de tecnologias novas, pois também implica uma transformação abrangente e profunda dos processos de gerenciamento de projetos das empresas de construção. (Perrier et al, 2020).

2.2 Inteligência Artificial

A Inteligência Artificial (IA) pode ser definida como a capacidade de sistemas computacionais executarem tarefas que normalmente requerem inteligência humana, e seu potencial na construção civil se estende desde a concepção projetual até a otimização da obra (Dias, Santos e Diniz, 2024). Uma das publicações mais antigas sobre o tema aplicado à construção civil é o artigo de Steven J. e Thanet (1978) sobre a aplicação do potencial da inteligência artificial no projeto de detalhamento estrutural. Monard e Baranauskas (2000) lembram que IA é um ramo da ciência da Computação (não exclusivo). Por ser um tópico muito amplo, também está relacionada com outras áreas (Figura 4).

Figura 4: Áreas relacionadas com a Inteligência Artificial.



Fonte: Adaptado de Monard e Baranauskas (2000)

A IA tem vários desdobramentos, entre eles está a aprendizagem de máquinas (Machine Learning – ML) que estaria relacionada à capacidade de projetar máquinas que melhoram o desempenho de si mesmas automaticamente por meio da experiência, sendo um dos tópicos tecnológicos localizados em áreas como ciência da computação, estatísticas, e da ciência de dados (Khan et al., 2022). Também como parte da IA tem-se o modelo de linguagem de grande escala (LLM – Large Language Models) que são definidos como modelos treinados para reconhecer, gerar, traduzir e resumir grandes quantidades de texto, tornando-os capazes de entender e gerar linguagem natural e outros tipos de conteúdo para executar uma grande variedade de tarefas. (IBM, 2024).

A Inteligência Artificial é uma importante aliada na realização de tarefas complexas. Nesse sentido, sua adoção associada à metodologia BIM na gestão do processo de projeto é um campo de interesse para a modernização da construção civil. Como destaca Tan, (2021, tradução nossa), a combinação BIM+IA pode ajudar a definir os custos-alvo do projeto por meio da classificação de materiais viabilizando o orçamento preciso, permitindo o controle dos custos, além de poder ajudar os arquitetos a concluir a análise do local, o planejamento, e o projeto arquitetônico, reduzindo a carga de trabalho da gestão do processo de projeto.

3 METODOLOGIA

Considerando a relevância do tema BIM+IA, e dado o interesse nas alternativas oferecidas à gestão de projetos, realizou-se uma busca em três periódicos brasileiros de relevância para a área, quais sejam: Revista Ambiente Construído, Revista PARC e Revista Gestão & Tecnologia de Projetos. Foram utilizados os strings: “inteligência+artificial+BIM” e “artificial+intelligence+BIM”. Esta busca não trouxe resultado. Utilizando apenas o string “inteligência+artificial” foram identificados 10 artigos listados no Quadro 1, destaca-se o trabalho de Silva (2022) como o que mais se aproxima ao tema dessa pesquisa BIM+IA na gestão do processo de projeto.

O autor defende a integração entre modelagem paramétrica, simulação estrutural em elementos finitos, verificação algorítmica da estrutura e inteligência artificial (IA) como vetores de modernização do processo de concepção e pré-dimensionamento estrutural.

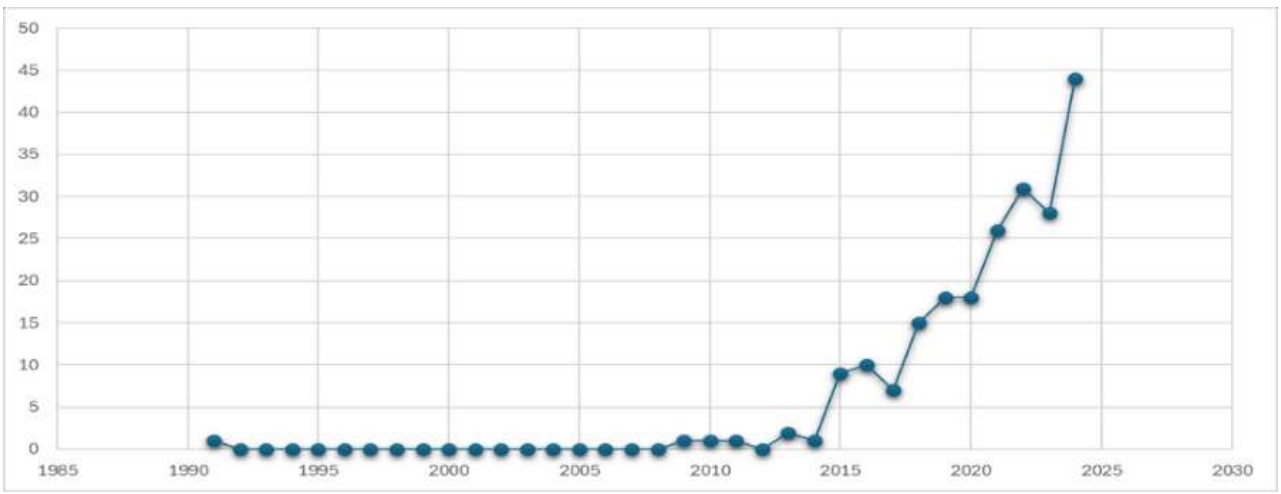
Quadro 1: Artigos sobre "Inteligência Artificial" publicados nos principais periódicos nacionais da área AECO

PERIÓDICO	TÍTULO	ANO	AUTORES
GESTÃO & TECNOLOGIA DE PROJETOS	Design Process: metodologia de interação entre design e engenharia como vetor de inovação	2019	Ekaterina E. Inglesis Barcellos, Galdenoro Botura Junior - UNESP
AMBIENTE CONSTRUÍDO	Otimização termoenergética de uma edificação escolar: discussão sobre o desempenho de quatro algoritmos evolutivos multiobjetivo	2021	Thalita dos S. Maciel Rodrigo K. Leitzke, Carolina de M. Duarte, Fábio K. Schramm, Eduardo G. da Cunha - UFPel
GESTÃO & TECNOLOGIA DE PROJETOS	Concepção estrutural integrada à arquitetura auxiliada por inteligência artificial	2022	Felipe Tavares da Silva Universidade Federal da Paraíba
	Ensino de iluminação: análise comparativa do panorama internacional e nacional por meio de revisão sistemática de literatura	2023	Juliana A. de Sousa – UnB Jenifer G. Daltrozo – UFRGS Claudia D. Amorim – UnB Betina T. Martau - UFRGS
PARC	Otimização e simulação em projetos de infraestrutura usando BIM: uma revisão sistemática da literatura	2024	Julianna Crippa, Cássia M. Lie Ugaya - Universidade Tecnológica Federal do Paraná
	Método de inspeção automatizada para armaduras de elementos pré-fabricados de concreto	2024	Brenda Kyssara do Rêgo Araújo, Alisson Souza Silva, Reymard Savio Sampaio de Melo - UFBA
AMBIENTE CONSTRUÍDO	BIM para gerenciamento, operação e manutenção de instalações	2024	Gabriela Morais, Adiel Filho, Rachel Perez Palha - UFPE
GESTÃO & TECNOLOGIA DE PROJETOS	Classificação não supervisionada de imagens em processos de design computacional generativo	2024	Daniel R. A. B. Vianna. Claudio F. de Magalhães –PUCRJ Érico F. Mineiro - UFMG
	Métodos e ferramentas para mapeamento de danos de edificações históricas em BIM: uma revisão sistemática da literatura	2024	João Daniel Silva Ramos, Natalie Johanna Groetelaars, Larissa Corrêa Acatauassú Nunes Santos - UFBA
	Proposta de índices de racionalização do processo construtivo de estruturas de Mass Timber	2024	Gabriela Lotufo Oliveira, Fabiana Lopes de Oliveira - FAUUSP

Fonte: Elaborado pela autora

Considerando o reduzido número de publicações nos periódicos nacionais selecionados, a pesquisa expandiu para a base SCOPUS. Foram utilizados os strings {ARTIFICIAL INTELLIGENCE} AND {BIM}. Como resultado foram encontrados 751 documentos. Na sequência fez-se a seleção usando o filtro por área do conhecimento, excluindo os artigos relacionados a: matemática; ciências ambientais; energia; física e astronomia; negócios, gestão e contabilidade; ciências do planeta e da terra; ciência dos materiais; ciências da decisão; artes e humanidades; engenharia química; economia, econometria e finanças; bioquímica, genética e biologia molecular; medicina; química; saúde; neurociência; Imunologia e microbiologia; e, agricultura e ciências biológicas. O resultado reduziu para 416 documentos.

Gráfico 1: Resultado busca SCOPUS – 213 publicações relacionando IA+BIM – palavra-chave "Architectural Design".



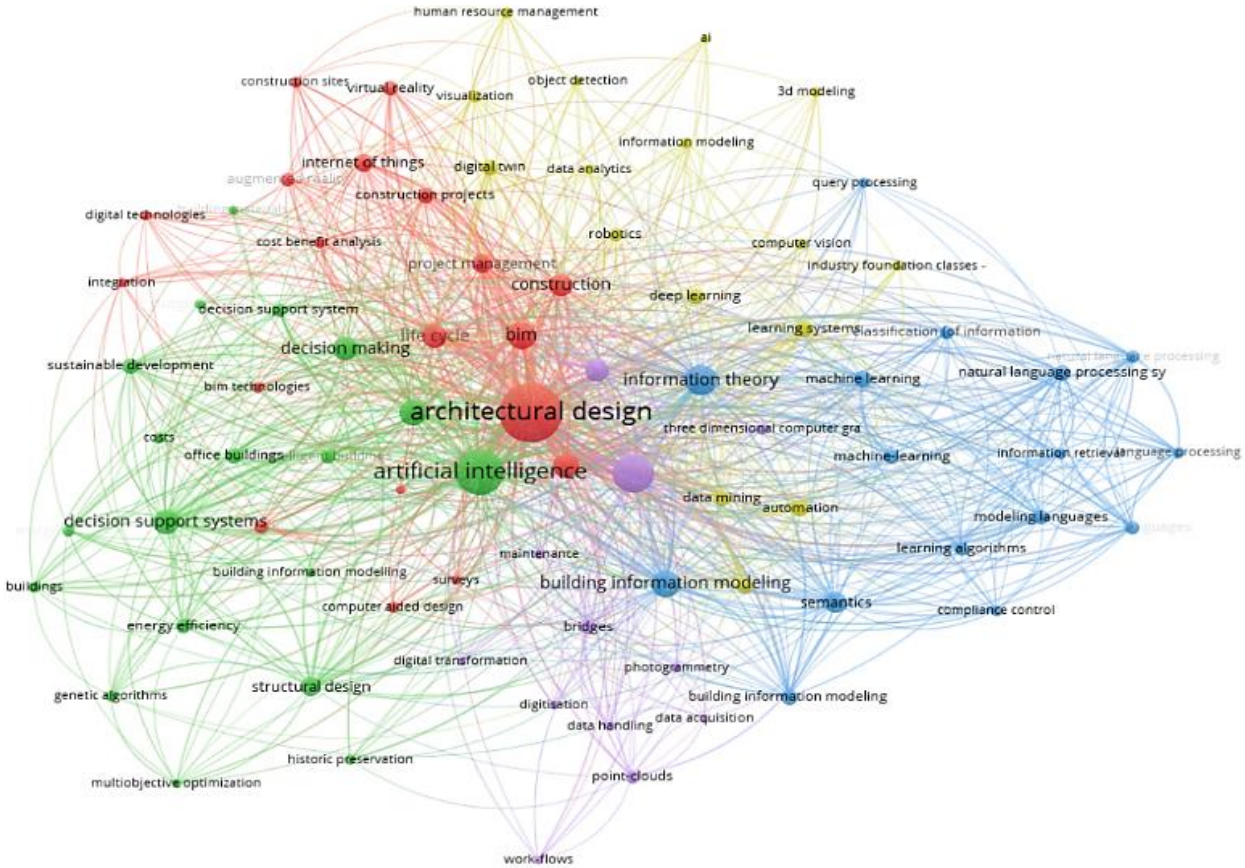
Fonte: Extraído da base Scopus

O terceiro filtro foi por tipo de documento. Foram selecionados artigos publicados em periódicos, artigos

publicados em eventos, livros e capítulos de livros. 359 documentos atendem esses requisitos. O último filtro utilizado foi por palavra-chave. Considerando o interesse na gestão do processo de projeto, considerou-se na busca a palavra-chave {ARCHITECTURAL DESIGN} resultando em 213 documentos. Conforme pode-se observar no Gráfico 1, o número de pesquisas vem crescendo exponencialmente particularmente a partir do ano de 2015 demonstrando que de fato é um tema emergente.

O mapa da Figura 5 foi gerado a partir do VOSviewer analisando todas as palavras-chave dos 213 artigos, de forma a identificar as relações. Foram listadas as palavras-chave que se repetiram no mínimo 6 vezes.

Figura 5: VOSviewer com as relações das palavras-chave dos 213 artigos (mínimo 6 repetições).



Fonte: Extraído do VOSViewer a partir do arquivo da base Scopus

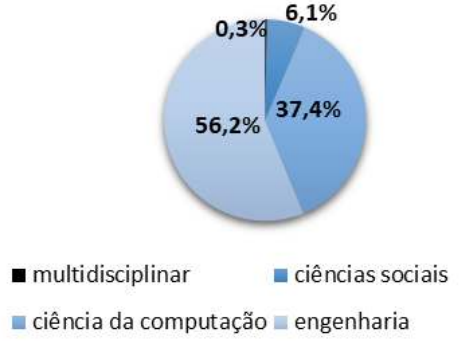
Observam-se outras ideias-chave que emergem tais como: sistemas de suporte à decisão (decision support system), aprendizagem de máquinas (machine learning) entre outros. Os gráficos 2 e 3 indicam respectivamente o tipo de documento e a área do conhecimento ao qual está relacionado. Do total de artigos identificados, 56,2% (167 artigos) estão relacionados à área das engenharias (Gráfico 3)

Gráfico 2: Busca SCOPUS - tipos de documentos



Fonte: Scopus

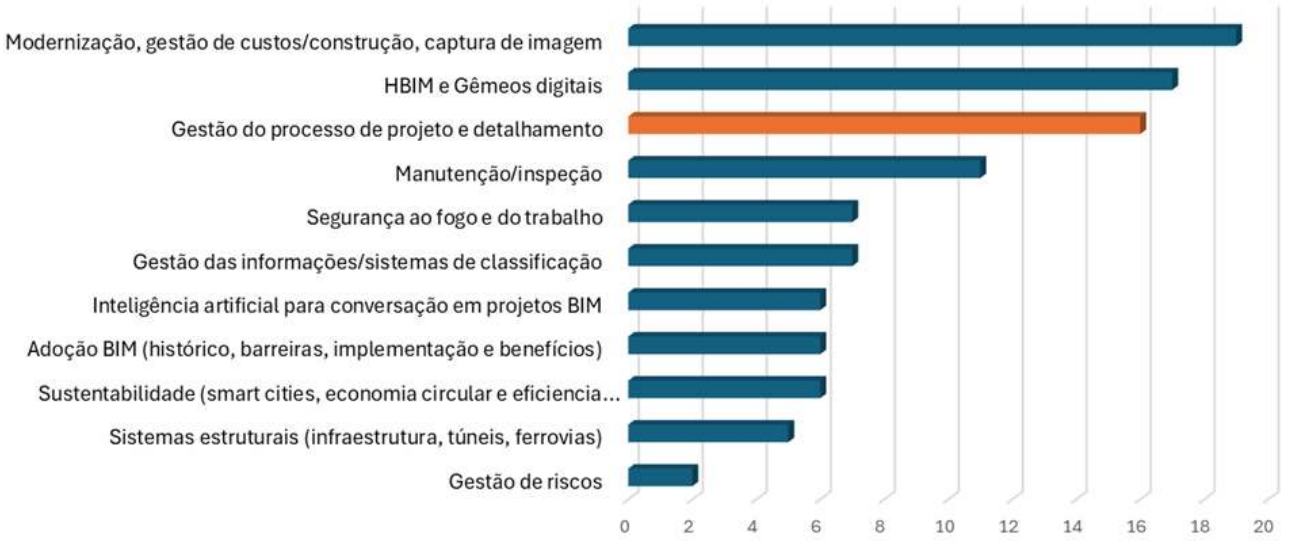
Gráfico 3: Busca SCOPUS - áreas do conhecimento



Fonte: Scopus

Os 167 artigos (56,2% do total) relacionados à área das engenharias foram analisados de forma a identificar elementos que pudessem apoiar a pesquisa. Neste último filtro 102 artigos se destacaram. A análise dos conteúdos permitiu agrupar por afinidade dos temas, e os resultados são apresentados no Gráfico 4.

Gráfico 4: Distribuição dos artigos por afinidade temática.



Fonte: Elaborado pela autora

Os artigos que se enquadraram no grupo “gestão do processo de projeto e detalhamento” foram analisados de forma a buscar tendências na adoção BIM+AI, conforme apresenta-se a seguir.

4 ANÁLISE DOS DADOS: IDENTIFICANDO TENDÊNCIAS

De forma a identificar as contribuições dos autores para o tema BIM+IA, mais especificamente no que se refere à gestão do processo de projeto, os 16 artigos agrupados nesse tema foram analisados, e são apresentados no Quadro 2. A maior parte dos artigos aborda alternativas oferecidas pela IA para o aumento de produtividade. Dentro dessa temática, Zhou et al (2024) discorrem sobre a industrialização da construção, associando BIM+IA à produção de edificações pré-fabricadas. Também com essa visão, Tan et al (2019) exploram o potencial digital do método DfMA (Design for Manufacture and Assembly[4]) associado ao BIM através da IA. Outra forma de abordar o aumento de **produtividade** é através da associação do BIM com a modelagem das expectativas dos clientes através da leitura das expressões faciais para avaliar as necessidades psicológicas – alternativa oferecida pela IA e explorada por Karan e Asadi (2019). Os autores exploram um sistema denominado “projetista inteligente” e os resultados do teste na produção de uma janela. Novembri e Rossini (2020) se somam aos pesquisadores dedicados à investigação sobre alternativas ao aumento de produtividade apresentando uma proposta baseada na lógica do Swarm Simulation Modelling (ou Modelagem de Simulação de Enxame) técnica usada para modelar sistemas complexos que emergem de interações entre múltiplos agentes. Para a gestão de projetos na metodologia BIM os autores propõem que os componentes do edifício, metas, as dificuldades construtivas e soluções de projeto sejam representados como um sistema multiagentes, capaz de se comunicar, interagir e integrar através do BIM.

A **coordenação** de projetos também é destaque entre os artigos. Wang et al (2021) entendem que os desencontros e atrasos que ocorrem em função das divergências entre a concepção e as demais disciplinas de projeto, podem ser minimizados através da IA. Hsu et al (2019) propõem a utilização da IA associada à aprendizagem de máquinas para antecipar os conflitos entre as decisões de projetos das diferentes disciplinas ainda na fase de concepção. Dawood, Siddle, e Dawood (2019) destacam a gestão das mudanças como um aspecto essencial na gestão do processo de projeto, destacando a importância de se estabelecer um ambiente colaborativo de modelagem da informação. Os autores propõem a integração entre o Industry Foundation

[4] DfMA vem da junção de DfM - Design for Manufature – que tem por objetivo facilitar a fabricação de componentes (como pilares, vigas, portas) e DfA -Design for Assembly – que na tradução literal da expressão temos o projeto para montagem, na construção civil se torna uma abordagem que se concentra em projetar componentes de construção fáceis e rápidos de montar no local da construção.

Classes (IFC) e o processamento de linguagem natural (PNL) para validar e identificar visualmente o resultado das solicitações de alterações nos projetos.

Quadro 2: BIM+IA na gestão do processo de projeto

PERIÓDICO/EVENTO	TÍTULO	ANO	AUTORES
ICCREM Proceedings of the International Conference on Construction and Real Estate Management	"internet +" Speed Up for the Wisdom Sites	2018	Li, Qiangnian; Zeng, Yuan
ASCE International Conference on Computing in Civil Engineering	Automating Design Review with Artificial Intelligence and BIM: State of the Art and Research Framework	2019	Sacks, Rafael; Bloch, Tanya; Katz, Meir; Yosef, Raz
Journal of Information Technology in Construction	Integrating IFC and NLP for automating change request validations	2019	Dawood, Huda; Siddle, Jonathan; Dawood, Nashwan
Automation in Construction	Intelligent designer: A computational approach to automating design of windows in buildings	2019	Karan, Ebrahim; Asadi, Somayeh
EG-ICE 2020 Workshop on Intelligent Computing in Engineering, Proceedings	BIM-enabled design for manufacture and assembly	2020	Tan, Tan; Mills, Grant; Papadonikolaki, Eleni; Lu, Weisheng; Chen, Ke
Automation in Construction	Knowledge-based system for resolving design clashes in building information models	2019	Hsu, Hsieh-Chih; Chang, Shen; Chen, Chien-Chih; Wu, I-Chen
Journal of Information Technology in Construction	Swarm modelling framework to improve design support systems capabilities	2020	Novembri, Gabriele; Rossini, Francesco Livio
Advances in Intelligent Systems and Computing	Exploration and research on project engineering management mode based on BIM	2021	Li, Dongfeng
ICCREM Proceedings of the International Conference on Construction and Real Estate Management	A BIM-Based Data-Driven Modeling Method	2021	Wang, Luqia; Zhao, Bingke; Ye, Qizhi; Feng, Anqi; Feng, Weimin
ASCE International Conference on Computing in Civil Engineering	Application of Vision-Based Artificial Intelligence in Creating a Contactless Interaction with Immersive Environments	2021	Ramaji, Issa; Anderson, Anne; Cates, Sonya; Tetreault, Jonathan; Fleming, Abigail
Journal of Information Technology in Construction	Potentials of augmented reality in a BIM based building submission process	2021	Schranz, Christian; Urban, Harald; Gerger, Alexander
KSCE Journal of Civil Engineering	A Markov Decision Process Workflow for Automating Interior Design	2021	Karan, Ebrahim; Asgari, Sadegh; Rashidi, Abbas
ASCE International Conference on Computing in Civil Engineering	Interactive Design by Integrating a Large Pre-Trained Language Model and Building Information Modeling	2023	Jang, Suhyung; Lee, Ghang
Buildings	BIM Library Transplant: Bridging Human Expertise and Artificial Intelligence for Customized Design Detailing	2024	Feyzullah, Y Maalek, R Toğan, R
	Structural Optimization of Trusses in Building Information Modeling (BIM) Projects Using Visual Programming, Evolutionary Algorithms, and Life Cycle Assessment (LCA) Tools	2024	Yavan, Feyzullah; Maalek, Reza; Toğan, Vedat
	Technology Gap Analysis on the BIM-Enabled Design Process of Prefabricated Buildings: An Autoethnographic Study	2024	Zhou, Ding; Chen, Longbao; Wei, Guohua; Zhang, Jiahui; Guo, Pengxiang

Fonte: Elaborado pela autora

Um terceiro enfoque identificado entre os artigos está relacionado aos benefícios da associação BIM+IA na gestão de projetos visando à **sustentabilidade**. Qiangnian e Yuan (2018) discutem o conceito de "wisdom sites" (canteiro de obras inteligente) e apresentam o que chamam de “internet+” que seria a associação entre BIM, computação em nuvem, dispositivos inteligentes e big data, entre outros. Os autores discorrem sobre as possibilidades oferecidas pela inteligência artificial, tecnologia de sensores, realidade virtual e impressão 3D, e defendem que o gerenciamento e a eficácia organizacional podem se beneficiar dessas alternativas, tendo como resultado soluções mais inteligentes, sustentáveis e de baixo carbono. O trabalho de Yavan, Maalek e Toğan (2024) parece a concretização da proposta anterior, apresentando um fluxo de trabalho combinando análise de estrutura, linguagem de programação visual, BIM, e algoritmo genético otimizando a produção de treliças.

Com relação à análise das demandas do **usuário**, Ramaji et al (2021) propõem o uso da realidade virtual na interação usuário/espaço através de um sistema baseado na IA que emula os movimentos do corpo tornando a experiência imersiva mais realística. Para isso, uma série de movimentos e gestos corporais foi mapeada para os comandos de entrada de um software baseado em BIM. Ainda considerando o atendimento às demandas do usuário, Karan, Asgari e Rashidi (2021) propõem a automação do processo de projeto de

interiores. Os autores geraram um modelo BIM que foi avaliado pelos usuários de forma a criar uma rotina a ser lida pela IA no desenvolvimento projetos similares, automatizando o processo.

Ainda no enfoque da automação, mas com o objetivo de verificar o cumprimento de **regras,** apresenta-se a pesquisa de Schranz, Urban e Gerger (2021). Os autores defendem que o processo de verificação e aprovação podem ser melhorados e acelerados combinando o BIM através da IA e a realidade aumentada (RA) na verificação da conformidade com os regulamentos de construção, e defendem que essa ideia pode levar a uma melhor compreensão do projeto. A RA seria relativamente fácil de usar, e pode auxiliar desde especialistas até o público em geral. A verificação de regras também é tema do artigo de Sacks et al (2019), que discute a necessidade de evolução do processo para automatizar a verificação de condições complexas. A partir de uma revisão bibliográfica e a realização de experimentos iniciais, os autores propõem a inclusão de métodos de aprendizado de máquina para enriquecimento semântico e revisão de modelos.

A análise desse conjunto de artigos permitiu identificar cinco tendências nas pesquisas associando BIM+IA na gestão de projetos. Quais sejam:

- **aumento da produtividade** através de soluções baseadas na pré-fabricação de componentes, ou na antecipação de demandas dos clientes;
- **melhoria da coordenação** de projetos reduzindo incompatibilidades através da antecipação dos conflitos entre as decisões de projetos, e da melhoria da gestão de projetos com a incorporação de práticas relacionadas à gestão das mudanças;
- **sustentabilidade da construção** com os canteiros inteligentes e digitalizados e a busca de soluções otimizadas;
- **foco no usuário**, seja através da captura de demandas através da realidade virtual seja pela formulação de rotinas que podem acelerar o desenvolvimento do projeto;
- **verificação de regras** através da combinação BIM+IA e realidade aumentada, ou BIM+IA e aprendizagem de máquinas.

Cabe acrescentar que mesmo estes temas ainda carecem de aprofundamento e detalhamento para que as soluções propostas encontrem rebatimento na prática profissional.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A IA aplicada ao processo de transformação digital apresenta inúmeras oportunidades para as empresas, incluindo melhorias na eficiência operacional, otimização de processos, personalização de produtos e serviços, e tomada de decisão mais informada. No entanto, também apresenta desafios significativos, como a necessidade de reorganizar e redesenhar processos de negócios para aproveitar ao máximo os recursos, garantindo a privacidade e a segurança dos dados (Salgado-Reyes et al, 2024, tradução nossa).

A amostra analisada, permitiu identificar alternativas a adoção BIM+AI em aplicações como: gestão de riscos, sistemas estruturais, conversação em projetos, gestão das informações, segurança ao fogo, gestão de projetos, segurança do trabalho, manutenção/inspeção e gêmeos digitais. A contribuição específica deste artigo reside na análise dos resultados obtidos na pesquisa que explora a associação BIM+AI para a gestão do processo de projeto.

Os textos selecionados trouxeram insights importantes sobre as potencialidades dessa associação, no que se refere ao aumento da produtividade, coordenação e colaboração, sustentabilidade, análise das demandas do usuário e automação na verificação de regras. A continuação desta pesquisa envolve a análise dos artigos agrupados nas demais aplicações identificadas.

Em termos práticos, observa-se a oferta crescente de aplicativos baseados na Inteligência Artificial que podem acelerar processos da construção civil substituindo o trabalho humano em algumas tarefas. Em contrapartida, cada vez mais o setor necessita de profissionais qualificados para usar de forma eficiente as inovações tecnológicas oferecidas. Portanto, cabe descobrir os próximos passos da revolução digital e buscar alternativas para incorporar as possibilidades oferecidas à prática profissional.

AGRADECIMENTOS

A autora agradece ao CNPq – Bolsa de Produtividade e Edital Universal.

REFERÊNCIAS

AMORIM, S.R.L. de **Gerenciamento e coordenação de projetos um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimentos**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2023, 168 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9001:2015 Sistemas de gestão da qualidade — Requisitos** 44p. Rio de Janeiro, 2015

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 19650-1:2022 Organização da informação acerca de trabalhos da construção - Gestão da informação usando a modelagem da informação da construção - Parte 1: Conceitos e princípios** 48p Rio de Janeiro, 2022

BIM FORUM BRASIL **BIM Conference 2023 - programação**. Disponível em < https://02e216c9-4912-4cb3-b676-e7c8b11fc47f.usrfiles.com/ugd/02e216_d93c7594c91a4b1ea03329e8227873c4.pdf> Acesso em: 10 jan. 2025

BIM FORUM BRASIL **BIM Conference 2024 – programação**. Disponível em < https://bimforumconference.com.br/programacao-bim-forum/ Acesso em: 10 jan. 2025

BIM FORUM BRASIL **2ª Edição da Pesquisa sobre Digitalização no Âmbito da Indústria da Construção**. São Paulo: BIM Fórum Brasil, 2024, 58 p.

BIMe Initiative. **BIM Maturity Matrix, versão 1.22**, julho de 2016 7p. Disponível em https://bimexcellence.org/wp-content/uploads/301in.PT-Matriz-de-Maturidade-BIM.pdf Acesso em: 12 fev. 2025

BRASIL. **Decreto nº 9833, de 22 de agosto de 2019**. Dispõe a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/d9983.htm Acesso em: 12 fev. 2025

BRASIL. **Decreto nº 11.888, de 22 de janeiro de 2024**. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling no Brasil - Estratégia BIM BR e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling - BIM BR. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2024/Decreto/D11888.htm#art14 Acesso em: 12 fev. 2025

BRASIL. **Lei nº 14.133, de 01 de abril de 2021. Lei de Licitações e Contratos Administrativos**. Diário Oficial da União: seção 1 – extra F, Brasília, DF, n. 61-F, p.2, 1 abr. 2021. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14133.htm Acesso em: 10 jan. 2025

CMMI PRODUCT TEAM. CMMI for Development, Version 1.3. 1 nov. 2010 Disponível em https://kilthub.cmu.edu/articles/report/CMMI_for_Development_Version_1_3/6572342/1?file=12057386 Acesso em: 14 fev. 2025 DOI:10.1184/R1/6572342.v1

DAWOOD Huda, SIDDLE Jonathan, DAWOOD Nashwan. Integrating IFC and NLP for automating change request validations, **ITcon** v. 24, Special issue, dez. 2019, Virtual, Augmented and Mixed: New Realities in Construction, p. 540-552. Disponível em https://www.itcon.org/2019/30 Acesso em: 10 fev. 2025

DALLASEGA, Patrick RAUCH, Erwin LINDER, Christian. Industry 4.0 as an enabler of proximity for construction supply chains: A systematic literature review, **Computers in Industry**, v 99, ago. 2018, p 205-225, Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361517305043 Acesso em: 10 fev. 2025 DOI:10.1016/j.compind.2018.03.039

DIAS, Ariel. M. SANTOS Liliane C G S DINIZ, Helio A G Inteligência Artificial na Engenharia Civil. In: Souza, E S R (editor) **Coleção Pesquisas em Temas de Engenharias**. Col.9 Belém: RFB, 2023. p. 217-243 Disponível em https://www.rfbeditora.com/capitulo-2023/239965b3-5d6a-49eb-8c06-7b6be32468e4 Acesso em: 12 fev. 2025 DOI:10.46898/rfb.239965b3-5d6a-49eb-8c06-7b6be32468e4

FERREIRA, Rita Estudo para definir os requisitos necessários para a utilização de ferramentas em 3D para a compatibilização no desenvolvimento de projetos. In: II Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção do Edifício. **Anais [...]** 2002, Porto Alegre. PUCRS. P.1-8 CD-ROM

FLORIO, Wilson Contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em arquitetura. In: III Encontro de Tecnologia da Informaçao e Comunicaçao na Construçao Civil TIC 2007. **Anais [...]** Porto Alegre P.1-10 CD-ROM

HENSHALL, Will 4 Charts That Show Why AI Progress Is Unlikely to Slow Down. **Time** 2023 Disponível em https://time.com/6300942/ai-progress-charts/ Acesso em: 25 jan. 2025

HSU, Hsieh-Chih CHANG Shen, CHEN Chien-Chih, WU I-Chen Knowledge-based system for resolving design clashes in building information models **Automation in Construction** v. 110 Fev. 2020, 103001 Disponível em:

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580519303218?via%3Dihub Acesso em: 25 jan. 2025 DOI:10.1016/j.autcon.2019.103001

IBM **O que é LLM (large language models)?** 2023 Disponível em: https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/large-language-models Acesso em: 12 fev. 2025

JANG, Suhyung. LEE, Ghang BIM Library Transplant: Bridging Human Expertise and Artificial Intelligence for Customized Design Detailing. **Journal of computing in civil engineering**, v. 38, n. 2, 1 mar. 2024 Disponível em: https://ascelibrary.org/doi/10.1061/JCCEE5.CPENG-5680 Acesso em: 12 fev. 2025 DOI:10.1061/JCCEE5.CPENG-5680

JANG, Suhyung; LEE, Ghang Interactive Design by Integrating a Large Pre-Trained Language Model and Building Information Modeling. **arXiv (Cornell University)**, p. 291–299, 25 jan. 2024 Disponível em: https://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784485231.035 Acesso em: 12 fev. 2025 DOI:10.1061/9780784485231.035

KALINOWSKI, Marcos **INF2116 -Engenharia de Software**. [s.l: s.n.]. Disponível em: https://www-di.inf.puc-rio.br/~kalinowski/es/ES_2020.pdf Acesso em: 14 fev 2025.

KARAN, Ebrahim; ASADI, Somayed Intelligent designer: A computational approach to automating design of windows in buildings. **Automation in Construction**, v. 102, p. 160–169, jun. 2019 Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580518305259?via%3Dihub Acesso em: 14 fev. 2025 DOI:10.1016/j.autcon.2019.02.019

KARAN, Ebrahim; ASGARI, Sadegh; RASHIDI, Abbas A Markov Decision Process Workflow for Automating Interior Design. KSCE **Journal of Civil Engineering**, v. 25, n. 9, p. 3199–3212, 11 jun. 2021 Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1226798824015630?via%3Dihub Acesso em: 14 fev. 2025 DOI:10.1007/s12205-021-1272-6

LI, Dongfeng Exploration and Research on Project Engineering Management Mode Based on BIM. In: Sugumaran, V., Xu, Z., Zhou, H. (eds) **Application of Intelligent Systems in Multi-modal Information Analytics**. MMIA 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1234. Springer, Cham. Disponível em https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-51556-0_27#citeas Acesso em: 14 fev. 2025 DOI:10.1007/978-3-030-51556-0_27.

LI, Qiangnian ZENG, Yuan "internet +" Speed Up for the Wisdom Sites International Conference on Construction and Real Estate Management: Innovative Technology and Intelligent Construction, ICCREM 2018 **Proceedings [...]** Disponível em: https://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784481721.029 Acesso em: 14 fev. 2025 DOI:10.1061/9780784481721.029

MONARD, Maria Carolina BARANAUSKAS José Augusto Aplicações de inteligência artificial: uma visão geral. Faculdade SENAC de Ciências Exatas e Tecnologia, **Anais [...]** 2000 São Paulo. Disponível em https://repositorio.usp.br/item/001106450 Acesso em: 14 fev. 2025

NOVEMBRI, Gabrieli ROSSINI, Francesco L. Swarm modelling framework to improve design support systems capabilities. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 25, p. 398–415, 10 ago. 2020. Disponível em: https://www.itcon.org/papers/2020_23-ITcon-Novembri.pdf Acesso em: 10 fev. 2025

PERRIER, Nathalie et al. Construction 4.0: a survey of research trends. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 25, p. 416–437, 8 set. 2020. Disponível em: https://www.itcon.org/paper/2020/24 Acesso em: 20 fev. 2025 DOI:10.36680/j.itcon.2020.024

RAMAJI, Issa et al. Application of Vision-Based Artificial Intelligence in Creating a Contactless Interaction with Immersive Environments. **Computing in Civil Engineering** 2021, p. 1351–1358, 24 maio 2022. Disponível em: https://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784483893.165 Acesso em: 20 fev. 2025

SACKS, Rafael et al. Automating Design Review with Artificial Intelligence and BIM: State of the Art and Research Framework. **Computing in Civil Engineering** 2019, 13 jun. 2019. Disponível em https://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784482421.045 Acesso em: 20 fev. 2025 DOI:10.1061/9780784482421.045

SALGADO-REYES, Nelson et al. Artificial Intelligence and Its Impact on Digital Transformation Processes. In: Rocha, Á., Fajardo-Toro, C.H., Rodríguez, J.M.R. (eds) **Developments and Advances in Defense and Security**. MICRADS 2023. Smart Innovation, Systems and Technologies, v. 380, p. 37 – 44. Springer, Singapore. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-99-8894-5_4#citeas Acesso em: 14 fev. 2025 DOI:10.1007/978-981-99-8894-5_4

SCHRANZ, Christian; URBAN, Harald; GERGER, Alexander Potentials of Augmented Reality in a BIM based building submission process. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 26, p. 441–457, 26 jul. 2021. Disponível em: https://www.itcon.org/paper/2021/24 Acesso em: 14 fev. 2025

SILVA, Gabriela Linhares da; GROETELAARS, Natalie Johanna. Uso de modelos BIM em realidade virtual e aumentada: panorama de aplicações e ferramentas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3., 2021. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1–13. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/565 Acesso em: 4 fev. 2025 DOI:10.46421/sbtic.v3i00.565

SUCCAR, Bilal Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357–375, maio 2009 Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580508001568?via%3Dihub Acesso em: 4 fev. 2025 DOI:10.1016/j.autcon.2008.10.003

TAN, Kang The Framework of Combining Artificial Intelligence and Construction 3D Printing in Civil Engineering. **MATEC Web of Conferences**, v. 206, p. 01008, 2018. Disponível em: https://www.matec-conferences.org/articles/matecconf/abs/2018/65/matecconf_iccems2018_01008/matecconf_iccems2018_01008.html Acesso em: 4 fev. 2025 DOI:10.1051/matecconf/201820601008

TAN, Tan et al. BIM-enabled design for manufacture and assembly EG-ICE 2020 Workshop on Intelligent Computing in Engineering, **Proceedings [...]** Pages 314-323 2020 Disponível em: https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10096750/1/Mills_PDFsam_EG-ICE_2020.pdf Acesso em: 20 fev. 2025

TAVARES,Felipe T. da Silva. Concepção estrutural integrada à arquitetura auxiliada pela inteligência artificial. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 17, n. 3, p. 181–200, 15 set. 2022. Disponível em https://revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/185781 Acesso em: 20 fev. 2025 DOI:10.11606/gtp.v17i3.185781

WANG, Luqi et al. A BIM-Based Data-Driven Modeling Method. **ICCREM 2021**, p. 319–330, 9 dez. 2021 Disponível em: https://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784483848.036 Acesso em: 25 fev. 2025 DOI:10.1061/9780784483848.036

WANG, Xiangyu et al. An innovative method for project control in LNG project through 5D CAD: A case study. **Automation in Construction**, v. 45, p. 126–135, set. 2014 Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580514001228 Acesso em: 20 fev. 2025 DOI:10.1016/j.autcon.2014.05.011

YAVAN Feyzullah; MAALEK Reza; TOĞAN Vedat Structural Optimization of Trusses in Building Information Modeling (BIM) Projects Using Visual Programming, Evolutionary Algorithms, and Life Cycle Assessment (LCA) Tools. **Buildings**, v. 14, n. 6, p. 1532–1532, 25 maio 2024 Disponível em: https://www.mdpi.com/2075-5309/14/6/1532 Acesso em: 14 fev. 2025 DOI:10.3390/buildings14061532

ZHOU, Ding et al. Technology Gap Analysis on the BIM-Enabled Design Process of Prefabricated Buildings: An Autoethnographic Study. **Buildings**, v. 14, n. 11, p. 3498–3498, 31 out. 2024. Disponível em: https://www.mdpi.com/2075-5309/14/11/3498 Acesso em: 20 fev. 2025 DOI:10.3390/buildings14113498