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

Uso de Tecnologias Digitais no setor da Construção: um panorama brasileiro

The use of Digital Technologies in the Construction sector: a Brazilian overview.

Larissa de Moraes Rocha
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará (PEC/UFC) | Universidade Federal do Ceará|Fortaleza|Brasil|larissamoraesrocha@yahoo.com.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 | E-mail 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

O uso de Tecnologias Digitais (TD) no setor da Construção tem impactado positivamente o seu desempenho. No entanto, a difusão destas tecnologias enfrenta dificuldades, levando a menores taxas de adoção ao longo da cadeia e entre diferentes países. No Brasil há pouca informação sobre essa adoção, o que levou à questão: quais tecnologias digitais são utilizadas e em quais fases do projeto elas são utilizadas na construção civil brasileira? Assim, este artigo analisou o uso de TD na construção civil brasileira, por meio de uma *survey* com 144 profissionais de 14 estados do Brasil. Verificou-se um bom grau de conhecimento sobre TD e um amplo uso de tecnologias com destaque para o BIM, Computação em Nuvem, Veículos Aéreos Não Tripulados e Realidade Virtual. Conclui-se que o uso é recente, e ainda embrionário, embora amplo. Esse uso aumenta com o aumento do nível de conhecimento sobre TD, com o aumento do porte da obra e diminui quando se consideram obras públicas. O estudo contribuiu ao fornecer uma visão abrangente do uso de TD na construção civil brasileira. Limitações e estudos futuros foram discutidos.

Palavras-chave: Tecnologias Digitais. Inovação. Gestão da Construção.

Abstract

The adoption of Digital Technologies in the construction sector has significantly improved its productivity. However, the diffusion of these technologies faces difficulties, resulting in lower adoption rates across the industry and countries. In Brazil, there is a lack of information regarding the use of DT, raising the question: which digital technologies are being used and in which project phases are they employed in the Brazilian construction industry? This paper

Como citar:
ROCHA, L.M; CÂNDIDO, L.F; BARROS NETO, J.P. Uso de Tecnologias Digitais no setor da Construção: um panorama brasileiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

explores these questions through a survey carried out with 144 professionals from 14 states of Brazil. It revealed a good level of awareness on the subject and widespread use of technologies, with a focus on BIM, Cloud Computing, Unmanned Aerial Vehicles, and Virtual Reality. As a conclusion, despite their widespread use, the adoption of DT is recent and still in its early stages. The regression analysis shows that the use of DT grows with increasing awareness of DT, as well as with the growth of project size, but decreases with public projects. The study's contribution lies in providing an overview of the use of DT in the Brazilian construction sector. Limitations and suggestions for future studies were also presented.

Keywords: Digital Technologies. Innovation. Construction Management.

INTRODUÇÃO

A utilização de Tecnologias Digitais (TD) no setor da Construção tem impactado positivamente a produtividade e a segurança dos canteiros de obras [1], [2]. As TDs consistem na utilização de tecnologias de comunicação, computação, conectividade e informação para melhorar as atividades e operações [3]. Por meio da aplicação dessas TD, o setor tem realizado sua a transformação digital. Em outras palavras, o uso de TD tem causado uma mudança significativa na configuração dos processos de negócios e na sua manifestação física [4].

No entanto, o processo de difusão destas tecnologias enfrenta dificuldades, levando a menores taxas de adoção ao longo da cadeia da construção e entre diferentes países [5]. Particularmente no Brasil, há pouca informação sobre o estado de adoção das TD, tendo sido identificado apenas as pesquisas realizadas pelo Bim Fórum Brasil [6], [7], o que levou à seguinte questão: quais tecnologias digitais são utilizadas na construção civil brasileira? Em quais fases do empreendimento elas são utilizadas?

Assim, este artigo teve por objetivo analisar o estado atual do uso de tecnologias digitais na construção civil brasileira. Especificamente, levantou-se as tecnologias utilizadas e em quais fases elas são utilizadas, bem como traçou-se o perfil dos profissionais que as usam, de suas empresas e de suas obras para verificar a influência de características como conhecimento sobre o tema, porte da empresa, tipo e porte de obra sobre o uso de TDs.

Para tanto, realizou-se uma *survey* com 144 profissionais de Arquitetura, Engenharia e Construção de 14 dos 26 estados do Brasil. Os dados coletados foram submetidos à análise estatísticas básicas e regressão linear múltipla. Desta forma, a seguir o trabalho apresenta o seu referencial teórico.

REFERENCIAL TEÓRICO

Esse estudo adota a definição de Tecnologia Digital apresentada por Aliu e Oke [5] que as descrevem como uma mudança disruptiva que demanda a adoção de soluções tecnológicas inteligentes nas atividades, operações e processos de um projeto, visando aprimorar a produção, a eficiência e consequentemente a satisfação do cliente.

A incorporação das TD nas operações e processos da indústria da construção pode resultar em aprimoramento na organização, maior precisão, respostas mais ágeis, menor incidência de conflitos, comunicação instantânea, colaboração mais eficaz,

redução de despesas, minimização de erros construtivos e aumento da eficiência produtiva [5].

Nesse sentido, a Figura 1 apresenta uma lista dessas TD que foram consideradas nesse estudo.

Figura 1: Lista de Tecnologias Digitais selecionadas



Fonte: Adaptado de [8].

O estudo levantou quais dessas tecnologias são utilizadas, bem como alocou-as em diferentes fases do empreendimento de construção. A próxima seção apresenta como isso foi realizado, ou seja, o método da pesquisa.

MÉTODO DE PESQUISA

A presente pesquisa consistiu em uma *survey* [9] com uma abordagem quantitativa com objetivo descritivo [10]. Após uma revisão de literatura, identificaram-se as principais tecnologias digitais e estruturou-se um questionário on-line baseado em pesquisas anteriores na área [1], [5], [8], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19]. O questionário foi enviado durante os meses de março e abril de 2024 para profissionais de arquitetura, engenharia e construção (AECO).

A amostragem foi não probabilística, por conveniência [20], haja vista que a divulgação da pesquisa ocorreu por meio das redes sociais (Instagram e WhatsApp) e por e-mail. Estima-se que a divulgação alcançou em torno de 1000 pessoas, tendo sido recebidas 154 respostas (15,4 % dos questionários enviados). Foi feita uma triagem inicial para identificação de respostas inconsistentes, o que resultou em uma amostra final de 144 respostas válidas.

O questionário foi composto por três seções. A primeira parte consistiu na caracterização dos respondentes, contendo 10 perguntas. A segunda parte consistiu em uma caracterização geral da empresa e dos empreendimentos nos quais os respondentes atuavam, bem como quais tecnologias eram aplicadas e em que fase do empreendimento elas eram empregadas, contendo 12 perguntas. A terceira e última parte ficou composta por 36 asserções para medir a percepção dos respondentes sobre as dimensões que influenciam o uso das TD no setor da construção, que foram avaliadas através da escala *Likert*. Este artigo apresenta os resultados das duas primeiras partes e uma questão da terceira parte, devido ao espaço aqui disponível. O questionário foi submetido à duas rodadas de pré-teste, cada uma delas com três engenheiros, tendo sido validado após pequenos ajustes.

A análise de dados se deu com a tabulação e tratamento dos dados e a posterior realização de análises estatísticas e interpretação dos resultados obtidos. Os dados foram tabulados no Excel. Em seguida realizou-se um tratamento para os campos de variáveis categóricas de identificação, cujas respostas eram abertas ou previam a opção “Outros”, com descrição livre inserida pelo respondente. Houve apenas a padronização das respostas, por exemplo: respostas sobre a cidade variaram como “Fortaleza”, “Fortaleza – CE”, “Fortaleza/ Ce”, e foram padronizadas.

A análise estatística se deu, por meio de estatísticas descritivas e regressão linear múltipla para verificar a influência das variáveis sobre o uso de Tecnologias Digitais [20].

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção apresenta os resultados da pesquisa e sua discussão. Primeiramente apresenta-se o perfil dos respondentes, suas empresas e obras. Em seguida, traça-se o panorama do uso das Tecnologias Digitais nas diferentes fases do empreendimento de construção.

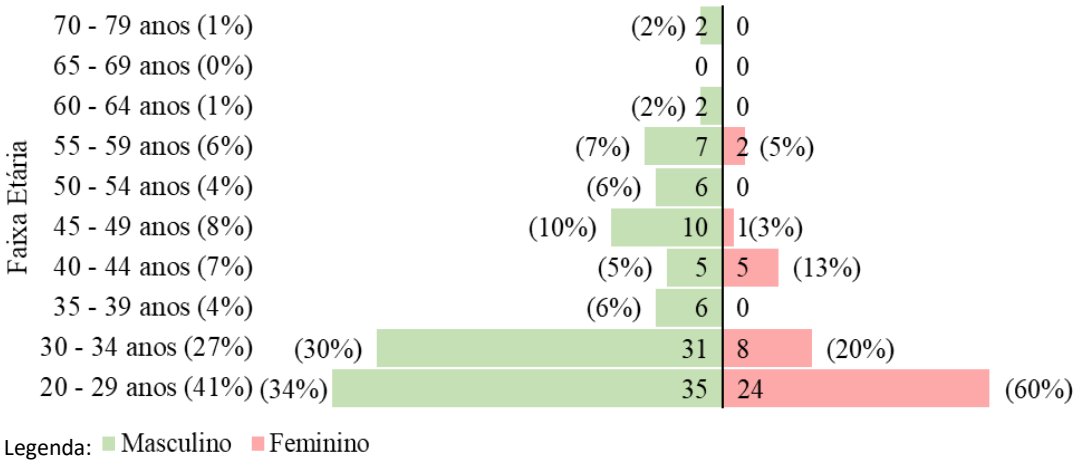
PERFIL DOS RESPONDENTES, EMPRESAS E OBRAS

Inicialmente, realizou-se uma análise do perfil dos respondentes, das empresas e das obras para as 144 respostas válidas que compuseram a amostra da pesquisa.

PERFIL DOS RESPONDENTES

A Figura 2 a faixa etária e o gênero dos respondentes.

Figura 2: Faixa etária e gênero dos respondentes



Fonte: dos autores.

Com relação ao gênero, verifica-se uma predominância do masculino com 72% dos respondentes. Já sobre a faixa etária, a maioria está entre 20 e 29 anos (41%), com 68% até 34 anos. Portanto, a amostra está majoritariamente composta por jovens adultos.

Com relação à formação e a titulação destes respondentes a maioria tem formação em Engenharia Civil (129 ou 90% da amostra), com 36 (28% dos formados em engenharia civil) apenas com graduação e 62 (48%) com especialização ou MBA. Desta forma, a maioria dos participantes da amostra (71%) possui formação além da graduação sugerindo que são profissionais que valorizam a busca por aprimoramento de suas carreiras.

Sobre o tempo de atuação, o maior percentual foi dos que possuem de 1 a 5 anos (35%) e entre 6 e 10 anos (24%). A maioria da amostra (61 %) possui tempo de atuação superior a 5 anos, o que indica uma amostra constituída de profissionais com conhecimento de mercado.

A Tabela 1 apresenta a área de atuação e nível hierárquico dos respondentes

Tabela 1: Área de atuação e nível hierárquico dos respondentes

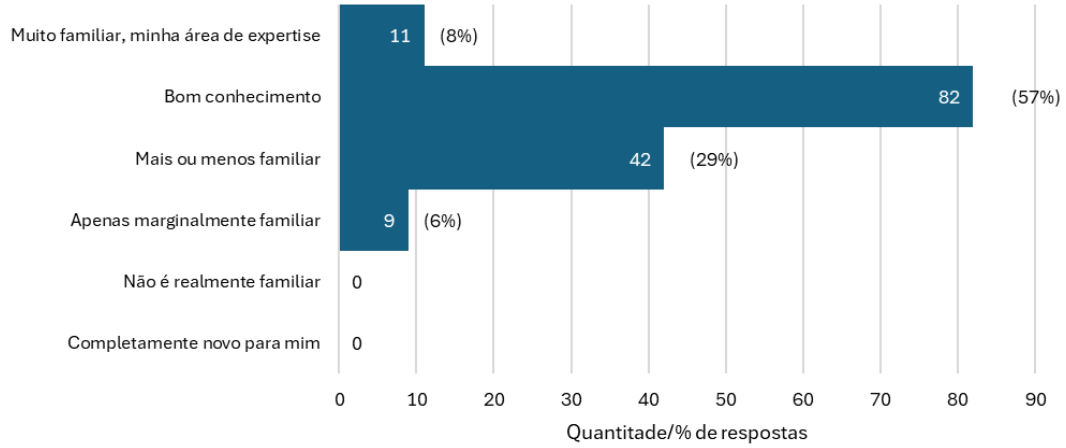
Área de Atuação/ Nível hierárquico	Estratégico	Tático	Operacional	Total	%
Projetos	12	7	28	47	33
Gestão/Execução	27	15	25	67	47
Consultoria	11	2	4	17	12
Finanças	0	1	0	1	1
Projetos e Gestão/ Execução de obras	1	0	4	5	3
Fiscalização	0	0	2	2	1
Licitações	0	1	0	1	1
Setor Público	0	0	4	4	3
Total	**51**	**26**	**67**	**144**	**100**
%	**35**	**18**	**47**	**100**	**-**

Fonte: dos autores.

Verifica-se que o nível hierárquico com maior participação é operacional (46%), sendo o nível tático o menor representado (35%). Entre as áreas de atuação destacam-se a Gestão/Execução (46%) e Projetos (33%).

Por último, a Figura 3 apresenta o nível de familiaridade com Tecnologias Digitais.

Figura 3: Grau de familiaridade dos respondentes com a temática de TD.



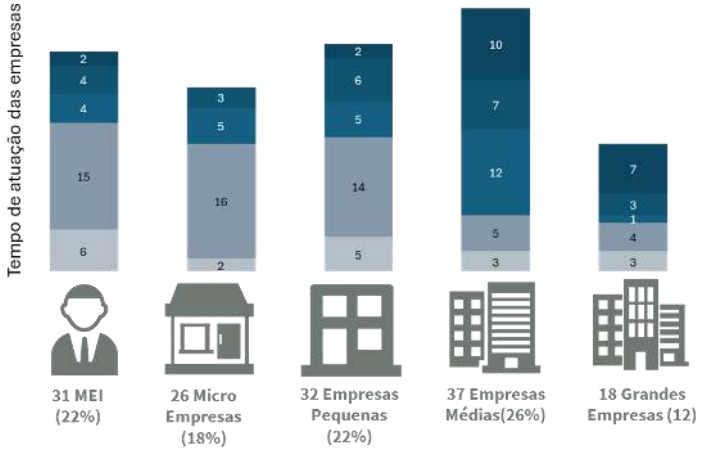
Fonte: dos autores.

A maioria dos participantes (94%) indicou ter no mínimo de familiaridade com TD, sendo 57% assinalando um bom conhecimento. Tal resultado é compatível com as pesquisas realizadas pelo BIM Fórum Brasil, que apontaram um grau de conhecimento moderado tanto para os profissionais de arquitetura [6] quanto os de engenharia [7].

PERFIL DAS EMPRESAS/PROFISSIONAIS LIBERAIS

A Figura 4 apresenta o tempo de atuação e o faturamento aproximado do último ano.

Figura 4: Faturamento aproximado do último ano e tempo de atuação das empresas/Profissionais liberais



■ Até 1 ano; ■ de 1 a 5 anos; ■ de 6 a 10 anos; ■ de 11 a 20 anos; ■ mais de 20 anos

Fonte: dos autores.

Quanto ao faturamento, a amostragem é bem dividida, apresentando uma média de 20 % entre as categorias apresentadas, variando de um limite inferior de 12,50 % (Grande Empresa) e um limite superior de 25,69 % (Média Empresa). Sobre o tempo de atuação é visível uma maior participação de empresas com tempo de atuação entre 1 e 5 anos (37,50 %) e com a maioria de empresas jovens de até 10 anos (69,44 %).

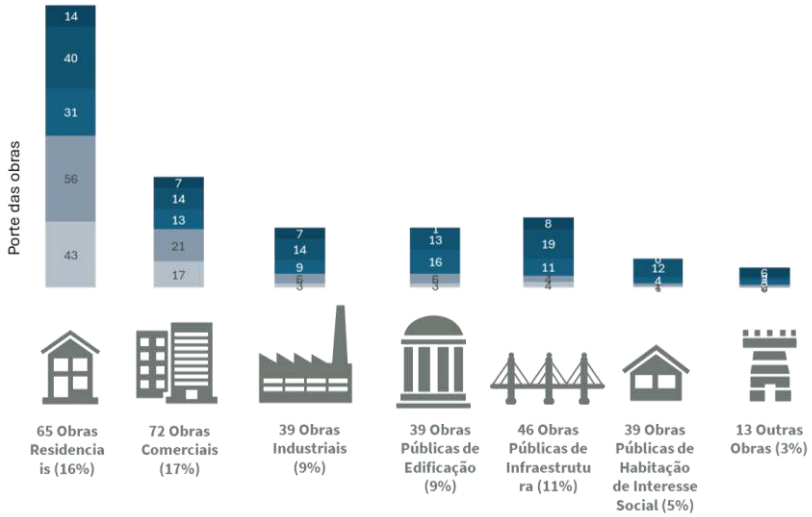
As cidades com mais representatividade foram Fortaleza-CE com 44 respondentes (30,56 %), seguidas de Juazeiro do Norte-CE com 23 participantes (15,97 %). É possível perceber que a maioria das empresas/profissionais liberais tem sua sede no estado do Ceará, o que era esperado uma vez que corresponde ao estado dos pesquisadores. Entretanto, foi percebida a presença de 14 estados nacionais e o Distrito Federal, tendo uma representatividade de 59, 26 % do território nacional reforçando o alcance do questionário, o que é corroborado pela praça de atuação pela praça de atuação.

A praça de atuação das empresas variou entre um inferior 16,67 % (Municipal) e 29,86 % (Regional), confirmando uma boa distribuição entre as empresas/profissionais liberais que responderam ao questionário.

PERFIL DAS OBRAS

A Figura 5 apresenta o tipo de obra e o porte da obra.

Figura 5: Tipo e porte das obras



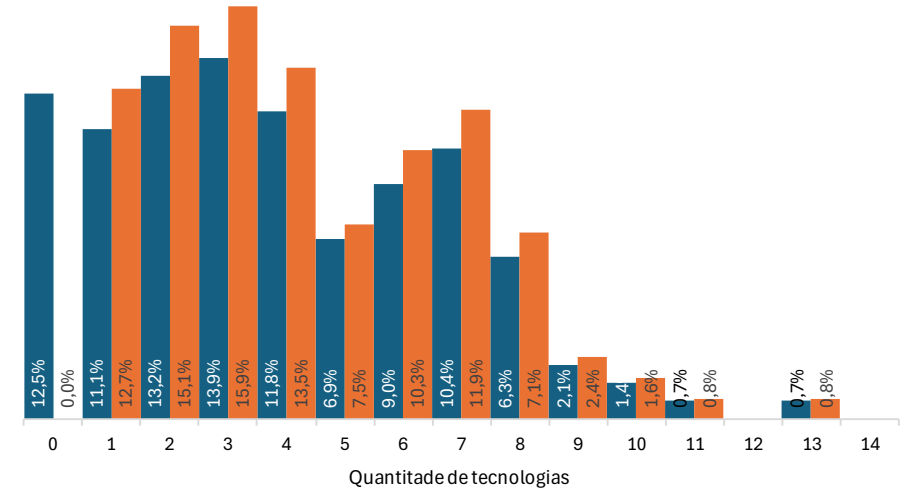
Legenda: ■ micro; ■ pequeno; ■ médio; ■ grande; ■ excepcional
Fonte: dos autores.

A maior representatividade é de obras de grande porte (25,69 %). Entretanto não é uma maioria significativa, já que a média do percentual dos portes das obras é 20%, entre um limite inferior de 12,50 % (Excepcional) e um limite superior de 25,69 % (Grande), demonstrando uma boa distribuição dos portes das obras. Em relação ao tipo de obra predominam Obras Residenciais Classe B (médio padrão) com 18,9 %, seguido de Comerciais com 17,48 % e Residenciais Classe A (alto padrão) com 15,8 %. A menor representatividade foi para “Outros” tipos que incluíram: Obras Particulares (Infraestrutura), Setor hospitalar, Patrimônio histórico, Logística, Usina solares, Energia e Mineração. O tipo de mão de obra com maior representatividade foi “Majoritariamente própria, com alguns serviços terceirizados” (31,9%), seguido de Terceirizada (28,5%).

USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NO SETOR DE CONSTRUÇÃO

Conforme referencial teórico, foram levantados os usos de 14 Tecnologias Digitais (TD), cuja Figura 6 apresenta o percentual dos profissionais que as usam.

Figura 6 - Quantidade de TDs utilizadas pelos profissionais

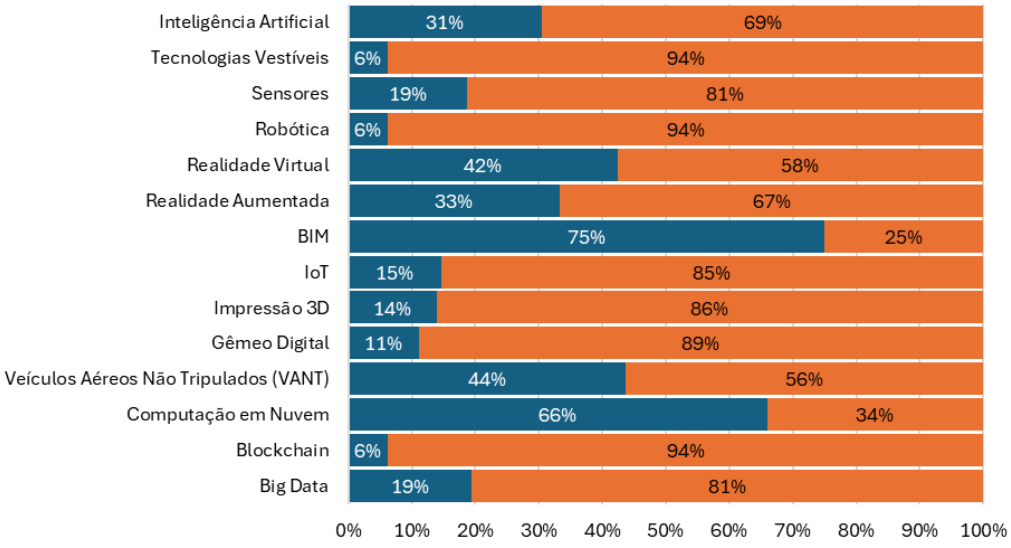


Legenda: ■ % entre todos os profissionais; ■ % entre os que aplicam
Fonte: dos autores.

Verifica-se parte dos profissionais (12,5%) não aplicam nenhuma TD em suas atividades cotidianas. Entre aqueles que aplicam, a maioria (57,1%) aplicam até 4 tecnologias em suas atividades. Uma pequena parcela de respondentes aplica mais de 10 tecnologias (1,6 %), e não foram identificados respondentes que apliquem todas as tecnologias citadas.

A Figura 7 apresenta, para cada tecnologia estudada, o percentual de aplicação ou não pelos 144 respondentes.

Figura 7: Percentual de uso para cada tecnologia



Legenda: ■ % que usam ■ % não usam
Fonte: dos autores.

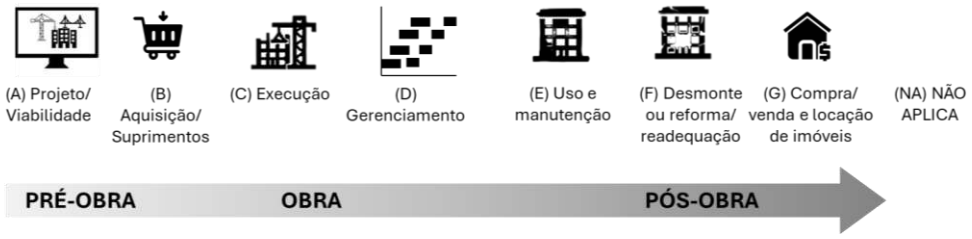
Nesta análise, verifica-se que 75% adotam o BIM, 66% a Computação em Nuvem, 44% os VANT e 43% a Realidade Virtual. Já as tecnologias com menores percentuais foram

Blockchain, Robótica e Tecnologias Vestíveis, cada uma com 6,25 % dos respondentes totais.

A Figura 8 apresenta a tabulação das respostas sobre o uso de tecnologias por fases do empreendimento de construção.

Figura 8: Tabulação das respostas sobre o uso de tecnologias por fases do empreendimento de construção

Big Data	19	8	6	10	3	2	3	116
Blockchain	4	4	2	3	2	2	3	135
Computação em Nuvem	73	39	54	58	25	20	18	49
VANT	36	10	37	20	14	6	7	81
Gêmeo Digital	8	4	5	5	3	1	2	128
Impressão 3D	14	3	4	4	2	2	5	124
IoT	8	4	7	6	5		1	123
BIM	98	19	47	35	7	3	4	36
Realidade Aumentada	37	4	13	5	3	3	8	96
Realidade Virtual	48	3	14	5	3	3	12	83
Robótica	3	3	3	1	1			135
Sensores	6	5	13	3	8		1	117
Tecnologias Vestíveis	4	0	3	1	0		1	135
Inteligência Artificial	27	7	12	16	12	4	12	100



Fonte: dos autores.

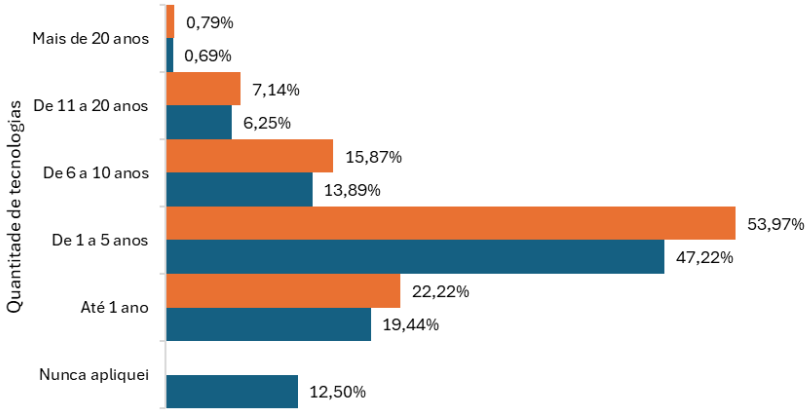
Destaca-se que a maior quantidade de usos foi indicada pela aplicação da tecnologia BIM na fase de Projeto/Viabilidade, em seguida a Computação em Nuvem, também na mesma fase. VANT mantém as duas posições seguintes, mas na fase de Gerenciamento de Obras, e Execução. Tecnologias Vestíveis foi a tecnologia aplicada em menos fases, em 4 das 7 indicadas, seguida da Robótica, 5 fases, e posteriormente Sensores e IoT, com usos identificados em 6 fases, cada uma delas.

Não foram identificados usos na etapa de Aquisição/Suprimentos de Tecnologias Vestíveis, nem dessa tecnologia na etapa de Uso e Manutenção, devido ao próprio perfil da tecnologia. Na etapa de Desmonte ou Reforma/readequação (*refurbshiment*) não foram identificados uso de IoT, Robótica, Sensores nem Tecnologias Vestíveis. Já na etapa de Compra/Venda e Locação de Imóveis não foi percebida a aplicação da Robótica.

A fase com a menor quantidade de usos indicadas foi a Desmonte ou Reforma/readequação (*refurbshiment*) indicando uma possível temática para avaliar campos de aplicação das TDs nessa etapa de construção.

A Figura 9 apresenta o tempo de uso das tecnologias.

Figura 9: Tempo de uso das tecnologias



Legenda: ■ % entre todos os profissionais ■ % entre os profissionais que aplicam

Fonte: dos autores.

Verifica-se que a utilização das TDs no setor da construção brasileiro é recente, com a maioria de 92,06 % dos profissionais com tempo de uso de até 10 anos.

Por fim, verificou-se o Uso Atual, por meio de duas perguntas: “Com relação ao uso atual de Tecnologias Digitais em diferentes fases do empreendimento de construção, você: UA1 (Usa em seu dia a dia) e UA2 (Outros setores da empresa que você trabalha usam)”. A Tabela 2 apresenta a análise descritiva desses resultados.

Tabela 2: Análise descritiva das respostas sobre o Uso Atual.

	Pontuação da escala										Análise descritiva				
Variável	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Méd.	DP.[1]	Var.[2]	Assimetria	Curtose
UA1	10	7	14	8	11	9	17	28	11	29	6,521	2,8774	8,279	-0,484	-1,984
UA2	16	9	17	6	16	10	21	21	8	20	5,806	2,9311	8,591	-0,196	-1,177

[1] Desvio Padrão

[2] Coeficiente Variância.

Fonte: dos autores.

De maneira geral, o nível de concordância com a asserção proposta nos itens da escala é mediano, com cerca de 59% dos itens até 7. As variáveis apresentam índice ligeiramente negativo para assimetria. Todas as curtoses foram negativas, indicando uma distribuição com menos valores extremos. Essas estatísticas indicam a aproximação da distribuição dos dados da amostragem com a distribuição normal.

Tomaram-se as características dos respondentes, das empresas e das obras para avaliar o seu efeito sobre o Uso de Tecnologias, por meio de uma regressão linear múltipla. Apenas as variáveis “Familiaridade com TD”, “Porte da Obra” e “Tipo de obra” foram significativas e o modelo de regressão é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Regressão Linear Múltipla para Uso Atual das Tecnologias Digitais

Modelo	R	R^2	R^2 Ajustado	F	df1	df2	p
1	0.600	0.360	0.204	2.31	28	115	0.001

Preditores: FamTD; PorteObra; TipoObra

Variável Dependente: UAmed (Média dos valores do uso atual)

Fonte: dos autores.

Pode-se notar que o baixo poder de explicação do modelo com apenas 20,4% (R^2 Ajustado). O teste apresentou valor de significância p<0,001, indicando sua adequação. É importante frisar que tal resultado aponta para necessidade de outras variáveis que expliquem o Uso Atual e que apenas as três supracitadas têm algum efeito. Esse efeito é detalhado na Tabela 4, a qual apresenta os coeficientes do modelo gerado. Note-se que foram omitidas as categorias cujo valor de significância p>0,05, que sugere que as mudanças nesses preditores não estão associadas a mudanças na resposta e não são estatisticamente significativos.

Tabela 4: Análise regressão linear múltipla mediante coeficientes do modelo de Uso Atual

Preditor	Estimativa	SE	t	p	Estimativa Padrão
Intercepto	42,833	1,049	40,836	< ,001	
Familiaridade com TD:					
5 – 3	19,195	0,949	20,229	0,045	0,7103
6 – 3	32,597	1,233	26,440	0,009	12,062
Porte da Obra:					
3 – 1	16,506	0,764	21,606	0,033	0,6107
4 – 1	17,799	0,736	24,180	0,017	0,6586
Tipo da Obra:					
10 – 1	-26,190	1,306	-20,054	0,047	-0,9691
19 – 1	-46,816	1,418	-33,014	0,001	-17,323
21 – 1	-29,984	0,945	-31,726	0,002	-11,095

Fonte: dos autores.

Quanto a Familiaridade com TD, verifica-se que influencia é positiva na medida em que seus coeficientes são positivos. 5 – 3 expressa a diferença “Bom conhecimento” (Categoria 5) e “Apenas marginalmente familiar” (categoria 3), bem como 6 – 3 representa a diferença entre “Muito familiar, minha área de expertise” (Categoria 6) e “Apenas marginalmente familiar” (categoria 3). Desta forma, pode-se verificar que quanto maior a familiaridade com TD maior é a sua influência no Uso Atual.

O mesmo acontece com o porte de obra, cujos coeficientes são positivos indicando que quanto maior a obra maior o Uso Atual de TD. 3 – 1 significa que “Obras de Médio Porte” (Categoria 3) promovem um acréscimo ao Uso Atual de TD com relação à “Obras Micro” (categoria 1). O mesmo vale para 4 – 1, ou seja, “Obras de Grande Porte” com relação à “Obras Micro” (categoria 1).

Por fim, com relação ao tipo de obra, há uma relação complexa, uma vez que houve diferentes 23 combinações diferentes entre as tipologias foram assinaladas nas respostas. Por exemplo, 25 respondentes apontaram trabalhar apenas com obras residenciais, enquanto 29 trabalham com obras residenciais e comerciais, e um outro grupo de 16 respondentes apontaram obras residenciais, comerciais e obras públicas de edificação. Apenas 10 – 1, 19 – 1 e 21 – 1 foram estatisticamente significantes e com valores negativos, sugerindo que obras públicas (sejam elas de edificações ou infraestrutura) influenciam negativamente o uso de TD, quando comparados com obras residenciais privadas.

CONCLUSÃO

Esse estudo analisou o uso de Tecnologias Digitais (TD) na construção civil brasileira. Por meio de uma *survey* com 144 profissionais de 14 estados do Brasil, foi possível levantar as tecnologias utilizadas e em quais fases elas são utilizadas, traçar o perfil dos profissionais que as usam, de suas empresas e de suas obras, bem como verificar a influência dessas características sobre o uso de TD.

Pode-se concluir que, embora amplo, o uso é recente e ainda embrionário. A maior quantidade de usos foi indicada pela aplicação da tecnologia BIM na fase de Projeto/Viabilidade, seguida da Computação em Nuvem, também na mesma fase. O VANT mantém as duas posições seguintes, mas na fase de Gerenciamento de Obras, e Execução. Enquanto a tecnologia aplicada em menos fases foram as Tecnologias Vestíveis.

O uso das tecnologias aumenta com o aumento do nível de conhecimento sobre TD, com o aumento do porte da obra e diminui em obras públicas. Assim, o estudo contribuiu ao fornecer uma visão abrangente do uso de TD no setor de construção brasileiro. Como implicação, traz subsídios para formulação de políticas que melhor incentivem a adoção dessas tecnologias.

Apesar das contribuições, o estudo apresenta limitações. Primeiro, este estudo levantou dados de questionários autoaplicáveis, que são mais propensos a vieses pela ocultação dos verdadeiros sentimentos dos entrevistados, limitando a qualidade e a validade dos dados. Estudos futuros podem concentrar-se em dados objetivos para explorar esta limitação, aprofundando-se em estudos nas empresas que reivindicaram o uso dessas tecnologias. Segundo, o estudo limitou-se à investigação de variáveis de caracterização, o que resultou em um modelo de regressão com baixo poder de explicação, sugerindo a necessidade de explorar outras variáveis, que podem ser desenvolvidos em pesquisas futuras. Por fim, os dados coletados estão geograficamente restritos ao Brasil, com concentração do Ceará, limitando a generalização dos resultados que precisam ser interpretados com parcimônia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos participantes do estudo pela sua colaboração.

REFERÊNCIAS

[1] CHEN, X.; CHANG-RICHARDS, A. Y.; PELOSI, A.; JIA, Y.; SHEN, X.; SIDDIQUI, M. K.; YANG, N. Implementation of technologies in the construction industry: a systematic review. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 29, n. 8, p. 3181–3209, 16 ago. 2022. DOI: 10.1108/ECAM-02-2021-0172

[2] OKE, A. E.; ALIU, J.; ONAJITE, S.; SIMEON, M. Success factors of digital technologies (DT) tools adoption for sustainable construction in a developing economy. **Construction Innovation**, 22 dez. 2022. DOI: 10.1108/CI-08-2022-0207

[3] VERINA, N.; TITKO, J. Digital transformation: conceptual framework. Proceedings of 6th International Scientific Conference Contemporary Issues in Business, Management

and Economics Engineering, 2019. **Anais... Vilnius:** Vilnius Gediminas Technical University, 2019.

[4] ZHANG, N.; YE, J.; ZHONG, Y.; CHEN Z. Digital Transformation in the Chinese Construction Industry: Status, Barriers, and Impact. **Buildings**, v. 13, n. 4, p. 1092, 20 abr. 2023. DOI: 10.3390/buildings13041092

[5] ALIU, J.; OKE, A. E. Construction in the digital age: exploring the benefits of digital technologies. **Built Environment Project and Asset Management**, v. 13, n. 3, p. 412–429, 17 maio 2023. DOI: 10.1108/BEPAM-11-2022-0186

[6] BIM FÓRUM BRASIL. **Primeira Pesquisa Nacional sobre Digitalização na Arquitetura e Urbanismo:** Conhecer para modernizar. São Paulo: BIM Fórum Brasil, 2022a.

[7] BIM FÓRUM BRASIL. **Primeira Pesquisa Nacional sobre Digitalização das Engenharias na Indústria da Construção**. São Paulo: BIM Fórum Brasil, 2022b.

[8] OKE, A. E.; ALIU, J.; SINGH, P. S. J.; ONAJITE, S. A.; SAMSURIJAN, M. S.; RAMLI, R. A. Appraisal of awareness and usage of digital technologies for sustainable wellbeing among construction workers in a developing economy. **International Journal of Construction Management**, v. 24, n. 5, p. 521–529, 3 abr. 2024. DOI: 10.1080/15623599.2023.2179628

[9] COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de pesquisa em administração**. 12. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

[10] COLLIS, J.; HUSSEY, R. **Pesquisa em administração:** um guia prático para alunos de graduação e pós-graduaçao. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

[11] BAJPAI, A.; MISRA, S.C. Barriers to implementing digitalization in the Indian construction industry. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 39, n. 10, p. 2438-2464, 2022. DOI: 10.1108/IJQRM-09-2020-0318

[12] AGHIMIEN, D., AIGBAVBOA, C., MATABANE, K. (2023), "Dynamic capabilities for construction organizations in the fourth industrial revolution era. **International Journal of Construction Management**, Vol. 23, No. 5, pp. 855–864, 2023. DOI: 10.1080/15623599.2021.1940745.

[13] CHEN, X.; CHANG-RICHARDS, A. Y.; YIU, T. W.; LING, F. Y. Y.; PELOSI, A.; YANG, N. A multivariate regression analysis of barriers to digital technologies adoption in the construction industry. **Engineering, Construction and Architectural Management**, May 2023, DOI: 10.1108/ECAM-11-2022-1051

[14] OKE, A. E., ALIU, J., FADAMIRO, P., SINGH, P. S. J., SAMSURIJAN, M. S., and YAHAYA, M. Robotics and automation for sustainable construction: microscoping the barriers to implementation. **Smart and Sustainable Built Environment**, 2023. DOI: 10.1108/SASBE-12-2022-0275.

[15] OKE, A. E.; ALIU, J.; ONAJITE, S. A. Barriers to the adoption of digital technologies for sustainable construction in a developing economy. **Architectural Engineering and Design Management**, p. 1–17, 2023. DOI: 10.1080/17452007.2023.2187754.

[16] AGHIMIEN, D., AIGBAVBOA, C., OKE, A.E. and ALIU, J. Delineating the people-related features required for construction digitalisation, **Construction Innovation**, Vol. 24 Nº. 7, pp. 1-20, 2024. DOI: 10.1108/CI-01-2022-0012.

[17] WANG, K.; GUO, F.; ZHANG, C.; SCHAEFER, D. From Industry 4.0 to Construction 4.0: barriers to the digital transformation of engineering and construction sectors. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 31, n. 1, p. 136–158, Jan. 2024. DOI: 10.1108/ECAM-05-2022-0383

[18] TEZEL, A., TAGGART, M., KOSKELA, L., TZORTZOPOULOS, P., HANAHOE, J. and KELLY, M. Lean construction and BIM in small and medium-sized enterprises (SMEs) in

construction: A systematic literature review. **Canadian Journal of Civil Engineering**, Vol. 47, Nº. 2, pp. 186–201, 2020. DOI: 10.1139/cjce-2018-0408.

[19] UVAROVA, S. S.; ORLOV, A. K.; KANKHVA, V. S. Ensuring Efficient Implementation of Lean Construction Projects Using Building Information Modeling. **Buildings**, V. 13, n. 770, 2023. DOI: 10.3390/buildings13030770

[20] HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.