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

Planejamento na Construção Civil: panorama brasileiro e adoção de novas tecnologias

Planning in the AEC Industry: a Brazilian overview and the adoption of new technologies

Bruna Milán Gonçalves
Universidade de São Paulo | São Paulo | Brasil | mgbruna@usp.br
Fabiano Rogerio Corrêa
Universidade de São Paulo | São Paulo | Brasil | fabiano.correa@usp.br

Resumo

A construção civil representa uma parcela bastante representativa no Produto Interno Bruno (PIB) brasileiro, sendo de extrema importância para o país. No entanto, ela ainda enfrenta ineficiências no planejamento, nos custos das obras e em uso mais amplo de tecnologias digitais. Assim, uma pesquisa foi realizada a partir de revisão da literatura e da aplicação de questionário com escala de respostas pré-determinadas e perguntas fechadas, com profissionais da área das 5 regiões brasileiras, a fim de identificar os obstáculos enfrentados no setor para otimizar o planejamento e controle da produção de obras e, posteriormente, propor melhorias para o mercado. Como resultado, este estudo identificou que a qualidade do planejamento foi considerada “Regular”, e o uso de tecnologias digitais, de “Moderado” a “Mínimo”. Considerando que o uso das técnicas tradicionais é predominante no mercado e a aderência da obra ao cronograma de médio e longo prazo é extremamente baixa, constata-se que ainda há um grande potencial inexplorado no desenvolvimento e adoção de tecnologias digitais.

Palavras-chave: Planejamento. Controle. Produção. Tecnologia Digital. BIM.

Abstract

The Architecture, Engineering and Construction Industry represents a significant portion of Brazil’s Gross Domestic Product (GDP), being extremely important for the country. However, it still faces inefficiencies in planning, construction costs, and broader use of digital technologies. Therefore, a study was conducted based on a literature review and a questionnaire with pre-determined response scales and closed questions, involving professionals from the five regions of Brazil. The aim was to identify the obstacles faced in the sector to optimize planning and production control of construction projects and subsequently propose improvements for the market. As a result, the study found that the quality of planning was considered "Fair," and the use of digital technologies ranged from "Moderate" to "Minimal." Given that traditional techniques are predominant in the market and the adherence of projects to medium and long-term schedules is extremely low, it is evident that there is still a large untapped potential in the development and adoption of digital technologies.

Keywords: Planning. Control. Production. Digital Technology. BIM.

Como citar:
GONÇALVES, B.; CORRÊA, F. Planejamento na Construção Civil: panorama brasileiro e adoção de novas tecnologias. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva da construção já chegou a representar 10% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro [1]. Atualmente, a construção desacelerou suas atividades em relação aos últimos dois anos, isto é, no terceiro trimestre de 2023, o PIB da construção recuou 3,8% em relação ao trimestre anterior, sendo considerado o pior resultado registrado desde 2020 [2]. No entanto, neste mesmo trimestre, o nível de atividade da construção foi de 14,04%, ficando acima do período pré-pandemia [2], e o número de trabalhadores com carteira assinada no setor foi de 2,675 milhões, sendo o maior desde julho de 2015 (2,693 milhões). Além disso, houve um crescimento de 10,49% no número de empregos formais criados entre janeiro e outubro de 2023, o que indica que o setor se mantém evoluindo, justificando a estimativa de crescimento para 2024 de 1,3% [2].

Independentemente de seus altos e baixos, o setor da construção civil é fundamental para a construção de moradia e infraestrutura urbana, bem como elementar para a geração de emprego e renda. Desse modo, estudar o projeto, bem como planejá-lo e gerenciá-lo de maneira eficiente é extremamente importante, uma vez que a deficiência do planejamento pode acarretar em resultados extremamente insatisfatórios para uma obra e, por conseguinte, para a incorporadora que a executa [3]. Assim, mesmo com toda a sua importância, o setor da construção civil segue sendo marcado pela ineficiência, desperdício e baixa produtividade, bem como baixa adoção de tecnologias. Alguns dos precursores da baixa ineficiência do setor são o mau gerenciamento do escopo, que é o quarto problema mais comum em projetos [4], o planejamento malfeito e a programação ineficaz das atividades, uma vez que, de 32 obras pesquisadas, 62,5% tinham atrasos causados por má gestão e erros de tomada de decisão no canteiro, enquanto 46,9% por planejamento mal feito e/ou programações ineficazes [5].

De acordo com a maior pesquisa já realizada em âmbito nacional, 36,4% dos projetos ultrapassam o prazo original, enquanto 35,4% superam o orçamento inicialmente previsto [6]. Portanto, apesar de haver uma interconexão entre planejamento e qualidade, muitas empresas ainda enfrentam dificuldade em promover uma comunicação efetiva, sobretudo a troca de informações relevantes entre as duas áreas, acarretando problemas como retrabalho e falta de padronização. A fim de mudar esse cenário, nos últimos anos, diversas iniciativas inovadoras foram impulsionadas, principalmente, a partir da adoção de tecnologias digitais mais avançadas. O exemplo disso é a maior difusão do *Building Information Modeling* (BIM), assim como a utilização de Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV) nos canteiros, o emprego de Inteligência Artificial (IA) e *Machine Learning* nas rotinas de trabalho, entre outros [6].

Na área do planejamento e controle da produção de obras (PCP), algumas tecnologias e ferramentas digitais vêm sendo utilizadas como meio de suporte. Dentre as iniciativas mais recentes, tem-se a utilização de *softwares* para o desenvolvimento e controle de cronograma físicos atrelados ao BIM, como o Synchro, ou com cronogramas em formato de linhas de fluxo [7], além da utilização de equipamentos

para controle das obras em tempo real, como as câmeras e sistemas RFID (*Radio Frequency Identification*) [8] e dos dispositivos móveis, tais quais os smartphones e *tablets*, que atualmente são de amplo acesso da sociedade. Contudo, a coleta dos dados em campo geralmente depende de pessoas, sendo realizada de maneira bastante manual [9] e, portanto, sujeita a erros. Ademais, boa parte da informação gerenciada ainda é proveniente de documentos físicos, como plantas e planilhas [10], que dependem de processos bem definidos a fim de se garantir a qualidade da informação.

Desse modo, este artigo identifica e analisa, a partir da aplicação de uma pesquisa com profissionais da construção civil, arquitetos (as) e engenheiros (as) das 5 (cinco) regiões do Brasil, os obstáculos enfrentados diante de quatro fatores: recursos humanos, tecnologia, informação e organização.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Projetos na área da construção civil são reconhecidos por sua alta complexidade, dado o volume significativo de informações geradas a partir da produção de plantas, planilhas, documentos e gráficos [11]. Assim sendo, pode-se inferir que a qualidade dos dados nesses projetos está intrinsecamente ligada ao seu desempenho. Contudo, a indústria da construção civil enfrenta um paradoxo, uma vez que as decisões, em grande parte, são fundamentadas em informações deficientes, inconsistentes e com um nível de detalhamento inferior ao necessário [12], tornando-se assim um dos principais desafios do setor na atualidade. A capacidade de acessar as informações essenciais no momento e local apropriados torna-se, portanto, um fator crucial para alcançar a qualidade desejada, uma vez que isso condiciona o progresso eficaz do projeto [11].

A gestão da produção se fundamenta na habilidade de gerenciar insumos e produtos de forma a reduzir custos, ampliar a lucratividade, diminuir a necessidade de investimentos e estimular a inovação [13]. Para isso, as técnicas e os métodos tradicionais desempenham um papel crucial na gestão de projetos de construção, oferecendo abordagens consolidadas que têm resistido ao teste do tempo. São eles:

- Gráfico de Gantt;
- Pert/CPM;
- Linha de Balanço;
- *Last Planner System* (LPS);
- *Lean Construction*.

Esta última metodologia recentemente também vem sendo considerada como uma técnica inovadora na área do planejamento, uma vez que inova ao incorporar conceitos mais contemporâneos na busca pela eliminação de desperdícios e pela melhoria contínua, encaixando-se de maneira mais eficaz nos desafios complexos do cenário atual da construção civil [14]. Junto desta, à medida que a indústria da

construção evoluiu, outras técnicas foram desenvolvidas para enfrentar os desafios modernos, sendo elas:

- Metodologia Ágil;
- *Advanced Work Packaging* (AWP);
- *Front-End Loading* (FEL);
- Soluções Digitais: BIM, VA, VR, RFID, *Machine Learning, Big Data*, entre outros.

No cenário das soluções digitais, o uso do BIM possui uma tendência crescente, a qual é evidenciada em números, visto que até 2010 a quantidade de profissionais com experiência em BIM somava 6%, enquanto entre 2011 e 2016 o total era de 21%, e de 2017 até 2022, 73% [6]. No entanto, há uma diferença de mais de 50% entre o uso do BIM para projetos e construção, isto é, 95,9% dos entrevistados o utilizam para a elaboração de projetos, enquanto apenas 40% o empregam nas áreas de construção [6]. Atrelado a isso, enquanto 56,04% dos escritórios de projetos já trabalham em BIM, somente 23,08% das construtoras o empregam [15]. A situação é ainda mais preocupante quando se analisa o uso por subempreiteiros, com apenas 4,76% deles empregando a metodologia [15].

Ademais, esse cenário evidencia o fato de que o setor da construção, no geral, mantém uma posição bastante conservadora, permanecendo atrás das outras indústrias na adoção de tecnologias digitais mais avançadas. Além disso, as equipes de obra não estão aproveitando totalmente os benefícios do BIM, como melhor visualização, colaboração e agilidade, uma vez que os modelos não são utilizados em sua total capacidade [16]. Todavia, nos últimos anos, iniciativas como a realidade aumentada vem ganhando força nos canteiros para auxiliar o planejamento e controle da produção (PCP) [17], além de que há uma tendência no uso de técnicas computacionais para aperfeiçoar cronogramas de obra nos últimos anos, principalmente no que diz respeito à programação de atividades no tempo e no processo de alocação de recursos [18].

No entanto, ainda há poucos estudos que retratam as boas práticas para monitoramento e controle do planejamento de médio prazo, que é o principal responsável por proteger a produção contra as incertezas [19], uma vez que garante a precisão das previsões e assegura a estabilidade do fluxo de trabalho durante a execução das obras [20]. Portanto, são perceptíveis as lacunas de conhecimento na literatura sobre o tema, visto que vem sendo negligenciado perante os níveis de longo e de curto prazo no Brasil, além de que há poucos trabalhos sobre a aplicação de métricas específicas para análise de desempenho de empreendimentos reais da construção [21]. Quando essa análise é expandida para o BIM, este ainda apresenta poucos estudos como ferramenta de contribuição para monitoramento do planejamento de médio prazo [22], sendo necessário realizar mais pesquisas que corroborem os benefícios do uso do BIM como instrumento de suporte ao controle da produção [21], bem como facilitem a implementação de ferramentas 4D de maneira eficaz [23].

MÉTODO

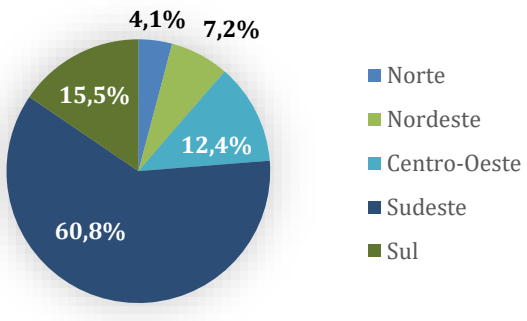
Para o desenvolvimento deste trabalho, realizou-se uma revisão da literatura, explorando o conhecimento já existente e documentado sobre o tema discutido neste artigo. A escolha dessa abordagem metodológica decorreu da amplitude do tema, possibilitando a síntese dos resultados até então obtidos e sua correlação. A pesquisa bibliográfica é uma metodologia que proporciona o conhecimento do que foi previamente constatado em diversas pesquisas sobre o tema em questão, sendo um recurso valioso para estudos científicos que buscam reunir informações acerca do problema abordado [24].

Além disso, empregou-se também a metodologia de pesquisa quantitativa por meio da aplicação de um questionário com escala de respostas pré-determinadas e perguntas fechadas, que teve como principal intuito proporcionar métricas e estatísticas atualizadas em relação ao impacto do planejamento na cadeia produtiva da Construção Civil brasileira. Desse modo, a pesquisa foi elaborada com o intuito de compreender o grau de aderência entre os cronogramas previsto x realizado, bem como o nível de adoção das tecnologias digitais empregadas no setor e a eficiência das metodologias utilizadas.

Para isso, o questionário foi administrado de maneira online, por meio de um link enviado aos participantes, o qual continha um conjunto de 23 perguntas distribuídas nas seguintes seções: (a) Público Alvo; (b) Qualidade do Planejamento; (c) Aderência ao Cronograma; (d) Comunicação e Coordenação; (e) Treinamento da Equipe; (f) Alocação de Recursos; (g) Identificação de Riscos; (h) Satisfação dos Envolvidos; (i) Feedback e Melhoria Contínua; e, (j) Uso de Tecnologias. A amostra foi composta por 92 profissionais do ramo da construção civil, os quais foram informados sobre os objetivos do estudo e concordaram em participar de maneira voluntária e anônima.

A pesquisa contou com profissionais de diversas faixas etárias, sendo a de 25 a 34 anos a mais predominante (61,5%), seguida pela dos 35 a 44 anos (24,2%). Em termos de formação, a Engenharia Civil representou a grande maioria (79,1%), mas, em relação ao cargo dos participantes, a amostra foi mais distribuída (9 cargos), tendo as funções de coordenação (29,7%) e de gerência (20,9%) como destaque. No que diz respeito a abrangência do estudo, este coletou informações das 5 regiões brasileiras, conforme explicitado na imagem a seguir (Figura 1).

Figura 1 – Público Alvo: região do Brasil em que trabalha.



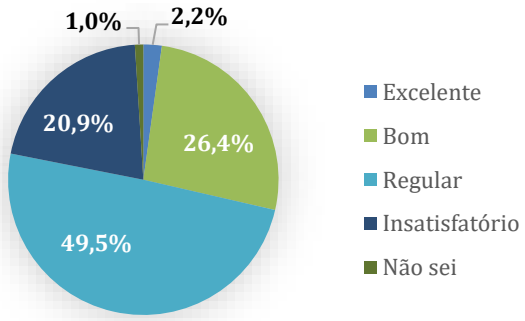
Fonte: a autora

Quanto às perguntas realizadas, estas buscaram retratar desde a percepção sobre a qualidade do planejamento das obras em que os participantes estiveram envolvidos, até a frequência em que os cronogramas de curto, médio e longo prazo são atendidos. Junto dessas questões, também foram verificados os principais desafios encontrados para manter a aderência dos prazos, o processo para identificação de riscos e o nível de tecnologia empregada pra a realização e monitoramento do planejamento, isto é, desde o uso de ferramentas específicas até as metodologias utilizadas. Por fim, também foi analisada a maneira como é desempenhada a gestão da informação, a fim de compreender como a comunicação entre as partes é realizada, assim como se há treinamento das equipes, rotinas de *feedbacks* e o nível de satisfação dos envolvidos (clientes).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em busca por dados mais atualizados em relação ao desempenho das obras brasileiras, os respondentes desta pesquisa foram indagados quanto à qualidade do planejamento das obras em que estão ou já estiveram envolvidos. Assim, 49,5% destes o classificaram como "Regular", enquanto apenas 2,2% o consideraram "Excelente" (Figura 2).

Figura 2 - Como você avaliaria a qualidade do planejamento nas obras em que está ou já esteve envolvido?

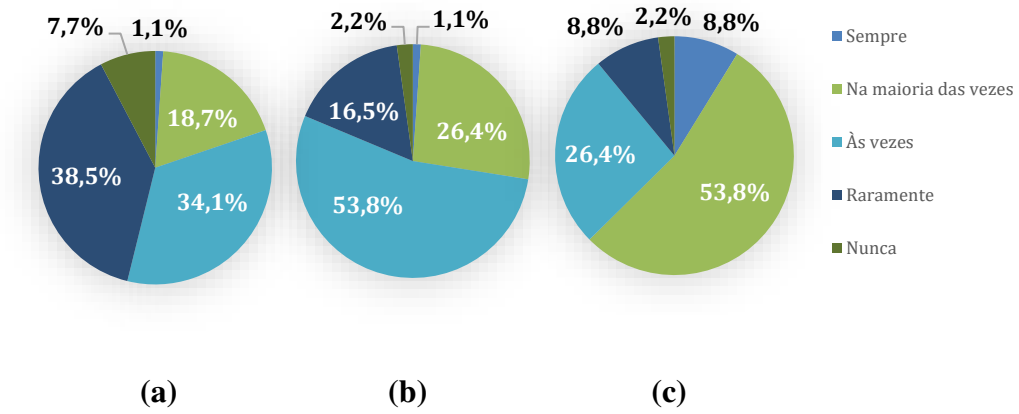


Fonte: a autora

De acordo com os participantes, as 5 (cinco) principais características de um planejamento eficiente são a sua capacidade de "Antecipar de Riscos", a sua abordagem "Realista", o fato de possuir uma "Comunicação Clara e Efetiva" entre os envolvidos, a realização de "Treinamento da Equipe" e o "Uso de Tecnologia", nesta ordem. Contudo, ao serem questionados quanto aos riscos, 50,5% responderam que estes são identificados "de maneira proativa, mas que precisa melhorar", enquanto 19,8% informaram que isso ocorre "de maneira reativa" e 19,8% constataram que "não há um processo formal" para isso. Portanto, a partir da distribuição das respostas, é possível verificar algumas das causas de ineficiência do planejamento, dado que os riscos deveriam ser identificados e mitigados com antecedência, a fim de que ações corretivas pudessem ser empregadas em tempo, mantendo a estratégia inicialmente traçada [20].

No que tange ao planejamento de longo, médio e curto prazo, apenas 1,1% informaram que os projetos sempre seguem o planejamento de longo prazo, e 8,8% o de curto prazo (Figura 3). Em relação ao planejamento de médio prazo, que tem como intuito melhorar a eficiência operacional, ao antecipar problemas e otimizar o uso dos recursos [21], este apresenta uma eficiência extremamente baixa, dado que em sua grande maioria o cronograma é seguido apenas "Às vezes" (53,8%). Conforme exposto anteriormente, o planejamento de médio prazo é uma etapa crucial para assegurar a precisão das previsões e manter a estabilidade do fluxo de trabalho durante a execução de obras [20]. No entanto, é perceptível que as estratégias traçadas para mitigar os atrasos não são efetivas, prejudicando, assim, o desempenho do setor como um todo, uma vez que a eficiência do planejamento estratégico (longo prazo) se apresenta extremamente baixa.

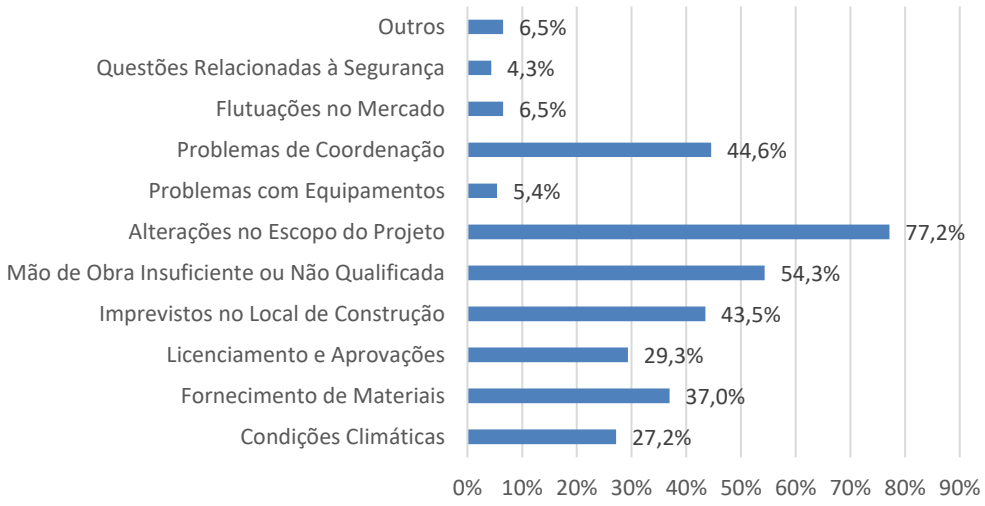
Figura 3 - Com que frequência os projetos seguem o planejamento de longo (a), médio (b) e curto prazo (c)?



Fonte: a autora

Ao solicitar que os respondentes elencassem os 5 (cinco) principais desafios encontrados para manter a aderência ao cronograma (Figura 4), estes sinalizaram a "Alteração no Escopo do Projeto" como a principal (77,2%) e a "Mão de Obra Não Qualificada" como a segunda causa (54,3%). Contudo, dentro dos 5 (cinco) problemas mais comuns em projetos [4], o gerenciamento inadequado do escopo tende a resultar em aditivos, sendo os mais frequentes os relacionados a prazo e custo [6].

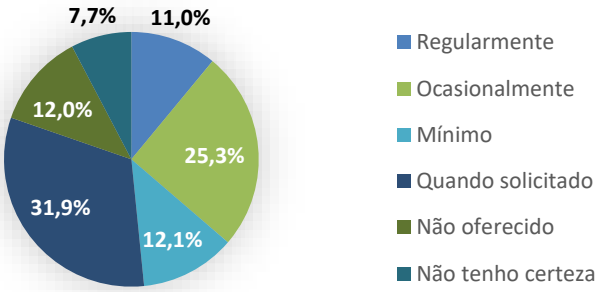
Figura 4 - Quais são os 5 principais desafios encontrados para manter a aderência ao cronograma?



Fonte: a autora

Na tentativa de entender o problema da mão de obra ineficiente, foi questionado se a equipe responsável pela execução recebe treinamento específico para entender e executar o planejamento (Figura 5). Apenas 11,0% informaram que recebem treinamento "Regularmente", enquanto 25,3% relataram que recebem treinamentos "Ocasionalmente" e 31,9% "Quando solicitado".

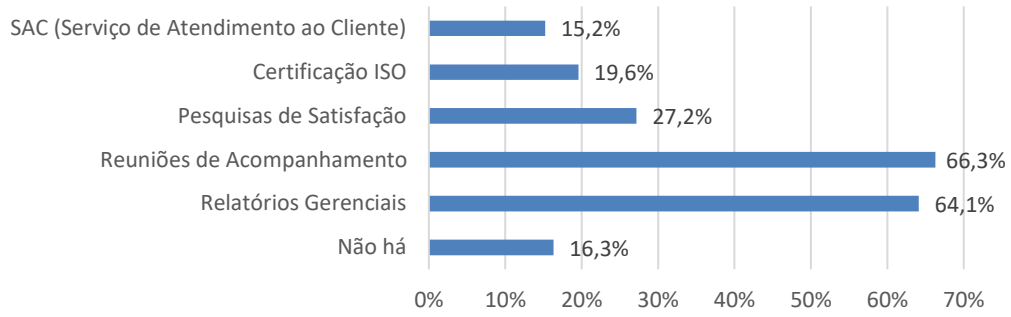
Figura 5 - A equipe responsável pela execução das obras recebe treinamento específico para entender e executar o planejamento?



Fonte: a autora

Em relação à satisfação do cliente, 35,6% os consideram como "Satisfeitos", 48,90% "Neutro" e 11,1% "Insatisfeitos". Porém, ao serem questionados se há alguma prática específica para garantir a satisfação do cliente, 15,2% informaram que não possuem, enquanto os demais identificaram "Reuniões de Acompanhamento" e "Relatórios Gerencias" como as principais abordagens (Figura 6). Todavia, a reincidência de atrasos e desvios de custos podem ser algumas das causadoras da baixa percepção de satisfação do cliente, visto que essas práticas tendem a gerar desgaste nas relações entre contratada e contratante.

Figura 6 - Existem práticas específicas na sua empresa para garantir a qualidade do trabalho e a satisfação do cliente?

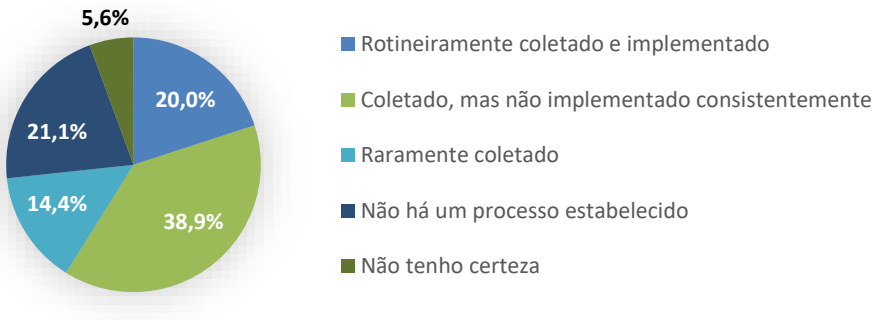


Fonte: a autora

Assim, tendo a comunicação como um dos pilares de um bom gerenciamento, a pesquisa informou que apenas 34,1% consideram "Eficiente" a comunicação entre as equipes envolvidas na obra, enquanto 47,3% a classificaram como "Neutra" e 17,6% como "Ineficiente". Dentro deste cenário, a principal prática adotada pelos respondentes é a "Reunião de Coordenação Regular" (76,1%), seguida pelo "Uso de Ferramentas Colaborativas" (53,3%) e o "Monitoramento Regular do Progresso" (45,7%).

Como um dos fatores para a baixa eficiência na comunicação está, provavelmente, a falta de *feedbacks* rotineiramente coletados e implementados, uma vez que apenas 20,0% alegaram possuir tal rotina de trabalho, enquanto 38,9% informaram que coletam, mas que não implementam consistentemente, e 14,4% que raramente coletam (Figura 7).

Figura 7 - Como são coletados feedbacks sobre o desempenho do planejamento?



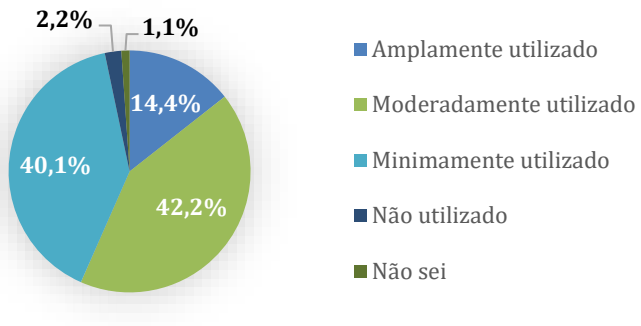
Fonte: a autora

Ademais, 16,3% informaram que não há um processo estruturado para coleta e análise dos dados, enquanto "Reuniões Mensais", "Reuniões Semanais" e "Procedimentos Padronizados" apareceram como os 3 principais procedimentos empregados, a fim de proporcionar uma melhoria contínua ao planejamento.

Por fim, foi questionado qual o nível de emprego de tecnologia digital para a elaboração do planejamento das obras, uma vez que este foi um dos fatores de menor identificação quanto à caracterização de um planejamento eficiente. Assim, na Figura 8 é possível verificar que somente 14,4% destacaram ser "Amplamente utilizado" e

42,2% “Moderadamente utilizado”. Todavia, quando questionados sobre as ferramentas empregadas, Excel e MS Project lideraram as respostas, com 80,4% e 75,0%, enquanto *Navisworks* e *Synchro* computaram apenas 21,7% e 8,7%, respectivamente.

Figura 8 - Em que medida a tecnologia é utilizada no planejamento das obras?

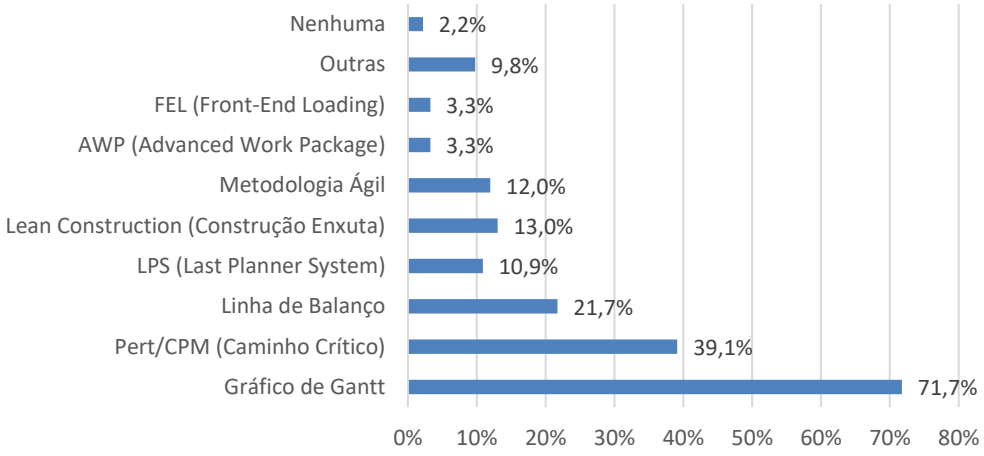


Fonte: a autora

Esse resultado reflete, possivelmente, os 48,9% dos respondentes que não utilizam soluções digitais para elaboração e monitoramento do planejamento físico da obra ou os que utilizam soluções como realidade virtual (RV) (10,9%), realidade aumentada (RA) (2,2%), *laser scan* (6,5%), entre outros. No que tange ao BIM, este aparece de maneira expressiva (47,8%), porém, a partir do baixo uso de *softwares* 4D, pode-se dizer que essa ferramenta permanece sendo pouco utilizada, apesar dos diversos estudos que constatam sua relevância para um planejamento eficiente [22].

Já em relação às metodologias, “Gráfico de Gantt” e “Pert/CPM” seguem sendo as mais predominantes, uma vez que representam 71,7% e 39,1%, respectivamente, enquanto FEL, AWP e Ágil não somam 20% (Figura 9).

Figura 9 - Quais metodologias são utilizadas para a elaboração do planejamento?



Fonte: a autora

Além da discrepância de uso do BIM entre projetos e obra [6], a baixa adoção do BIM 4D para planejamento e controle da produção (PCP) é verificada, sobretudo, na lacuna de conhecimento existente na literatura sobre o apoio do BIM ao planejamento de médio prazo [21]. Esse cenário, somado à dificuldade de implementar ferramentas 4D

de maneira eficaz [23], reduz ainda mais o uso dos modelos no canteiro de obas e, consequentemente, os benefícios que o BIM proporciona [16]. Isso ocorre, pois a falta de treinamento e a centralização da operação do BIM em um único profissional, geralmente externo ao canteiro, acarretam na separação desnecessária entre a obra e o uso da tecnologia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, o cenário da indústria da construção civil evidencia desafios significativos, especialmente no que diz respeito ao planejamento e controle de obras. A má gestão e os erros na tomada de decisão no canteiro de obras são causas frequentes de atrasos, indicando a necessidade de aprimoramento nessa área. Ademais, a pesquisa realizada com profissionais do setor destacou que quase metade dos participantes classifica o planejamento das obras como "regular", o que evidencia um sistema ineficiente e carente de aperfeiçoamento. Assim, esse estudo ressalta a oportunidade e a necessidade de investir em pesquisas voltadas para o desenvolvimento de novas tecnologias digitais, isto é, que foquem na criação de ferramentas que facilitem a aplicação das metodologias já difundidas pelo setor, uma vez que a predominância de ferramentas tradicionais sugere um potencial significativo inexplorado.

Além disso, a falta de aderência ao cronograma, principalmente ao planejamento de médio prazo, é evidente e carece de atenção. Atenção esta que deve ser tanto do mercado como da própria academia, ao buscar maneiras de preencher a lacuna de conhecimento existente no estado da arte do planejamento e controle da produção, principalmente no que tange ao desenvolvimento de métricas para avaliar o desempenho das construções brasileiras e seus potenciais de melhoria. Portanto, a integração mais ampla de soluções tecnológicas representa não apenas uma evolução necessária, mas, sim, uma solução promissora para os obstáculos enfrentados pelo setor da gestão da construção. Logo, é preciso desenvolver pesquisas integradas e abrangentes, bem como que busquem viabilizar o BIM como ferramenta de apoio ao planejamento, aumentando, assim, a adesão dos usuários, democratizando o seu uso e impulsionando o setor da construção civil.

REFERÊNCIAS

[1] CÂMERA BRASILEIRA DA INSDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Manual básico de indicadores de produtividade na construção civil Volume 1**. Brasília, 2017.

[2] CÂMERA BRASILEIRA DA INSDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Construção revisa projeção de crescimento e deve fechar 2023 com queda de 0,5%.** CBIC. 2023. Disponível em: <https://cbic.org.br/construcao-revisa-projecao-de-crescimento-e-deve-fechar-2023-com-queda-de-05/>. Acesso em: janeiro 2024.

[3] MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras**. 2. ed. Brasil: Oficina de Textos, 2019.

[4] PMI. **Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos**. Guia PMBOK. 7ª ed. –EUA: Project Management Institute, 2021.

[5] DE FILIPPI, G. A.; MELHADO, S. B. Um estudo sobre as causas de atrasos de obras de empreendimentos imobiliários na região Metropolitana de São Paulo. **Ambiente**

Construído, v. 15, n. 3, p. 161-173, jul./set. 2015. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

[6] BFB, BIM FORUM BRASIL. **Resultados da Pesquisa sobre Digitalização das Engenharias no Brasil**. 2022. Disponível em: < https://www.bimforum.org.br/post/pesquisa-sobre-digitaliza%C3%A7%C3%A3o-das-engenharias-no-brasil#:~:text=Os%20resultados%20apontam%20ainda%20que,o%20setor%20da%20construi%C3%A7%C3%A3o%20civil.>. Acesso em: maio 2024.

[7] VARGAS, F.; STERZI, M.; BARTH, K.; FORMOSO, C. Ferramenta para Controle da Terminalidade no Planejamento Baseado em Localização com o suporte de BIM. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: ANTAC, 2020.

[8] OLIVIERI, H.; SEPPÄNEN, O.; PELTOKORPI, A. Real-time Tracking of Production Control: requirements and solutions. **25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction**,v. 1, p. 671-678, 9 2017. DOI: https://doi.org/10.24928/2017/0177

[9] PRADHANANGA, N.; TEIZER, J. Automatic spatio-temporal analysis of construction site equipment operations using GPS data. **Automation in Construction**, v. 29, p. 107-122, 2013.

[10] RATAJCZAK, et al. BIM-based and AR Application Combined with LBMS for the Improvement of the Construction Performance. **Buildings**, v. 9, n. 5, p. 118, 2019.

[11] SILVA, P. H.; CRIPPA, J.; SCHEER, S. BIM 4D no planejamento de obras: detalhamento, benefícios e dificuldades. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 10, p. e019010, fev. 2019. ISSN 1980-6809.

[12] BIOTTO, C. N.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. Uso de modelagem 4D e Building Information Modeling na gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção. **Ambiente Construído**, v. 15, n. 2, p. 79–96, 2015.

[13] SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Operations Management**. 5. ed. Prentice Hall, 2007.

[14] KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. Espoo, 2000. 298 f. Thesis (Engineering Doctoral Thesis) - Helsinki University of Technology, Espoo, Finland. 2000

[15] SIENGE; THORNTON, T. **Mapeamento de Maturidade BIM Brasil**. 2020.

[16] HARRIS, B. N.; ALVES, T. da C. L. Building Information Modeling: a report from the field. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 24., Boston, 2016. **Proceedings** [...] Boston, 2016.

[17] FIGUEIREDO, M. S.; OLIVIERI, H.; BARBOSA, I. C. A.; MITIDIERI FILHO, C.; GRANJA, A. D. Realidade Aumentada associada ao planejamento e controle da produção de obras. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ENTAC, 2020.

[18] BEZERRA, P.; SCHEER, S.. Uso de técnicas computacionais no aprimoramento da tomada de decisões no setor de construção: revisão sistemática da literatura. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

[19] COELHO, H. O. **Diretrizes e requisitos para o planejamento e controle da produção em nível de médio prazo na construção civil.** Porto Alegre, 2003. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

[20] BALLARD, H. G. **The last planner system of production control.** Birmingham, 2000. 192 f. Ph.D., University of Birmingham, Birmingham, 2000.

[21] ANGELIM, V. L.; ALVES, T. da C. L.; LIMA, M. M. X. de; BARROS NETO, J. de P. Planejamento de médio prazo: panorama de sua aplicação na construção civil. **Ambiente Construído,** Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 87-104, jan./mar. 2020.

[22] EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook** - **A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Constractors**. John Wiley & Sons, 2011.

[23] HARRIS, B. N. **Building Information Modeling and construction operations.** San Diego, 2017. 119 f. Master of Science in Civil Engineering, San Diego State University, San Diego, 2017.

[24] FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.