

Estudo de caso da aplicação do planejamento 4D em uma residência unifamiliar alto padrão

<https://doi.org/10.21814/uminho.ed.142.43>

Bárbara Norões¹, Tiago Bastos²

¹ Unifor, Fortaleza, 0000-0001-7279-9382

² Unifor, Fortaleza, 0009-0003-9255-9636

Resumo

Este artigo visa à abordagem dos benefícios e malefícios do uso do *Building Information Modeling* (BIM) aplicado ao planejamento de uma obra residencial unifamiliar de alto padrão localizada no município do Eusébio – Ceará. Para este estudo, tornou-se necessário construir virtualmente os projetos de arquitetura, estrutura, canteiro de obras, instalações elétricas e hidrossanitárias a partir do *software* Revit, além da elaboração do planejamento no Microsoft Project para vinculação das atividades do cronograma aos modelos pré-concebidos no programa Navisworks, gerando o planejamento 4D. Os clientes optaram por um projeto personalizado que sofreu mudanças significativas do escopo inicial, assim, o uso da metodologia BIM permitiu a gestão e análise das modificações, gerando a atualização em tempo real do modelo, do orçamento e do planejamento. Assim, sua aplicação resultou numa maior interação da equipe executiva e dos clientes, que passaram a deter de maior conhecimento da obra, a partir da simulação em tempo real do cronograma, permitindo a tomada de decisões assertivas em virtude da previsão de problemas antes da execução. Entretanto, identificou-se que a implementação dessas tecnologias exige um elevado investimento em equipamentos e em licenças dos programas. Além disso, a contratação de profissionais capacitados é imprescindível para tornar o processo viável.

1. Introdução

O avanço da tecnologia aplicado à engenharia civil tem trazido diversas inovações ao processo tradicional da construção, impactando desde a etapa de planejamento até a entrega da obra. Nesse contexto, [1] afirma que o planejamento é a chave do sucesso de qualquer empreendimento, seja ele público ou privado. Uma vez que é nessa etapa se define a estratégia para a construção do empreendimento, elencando as prioridades e o fluxo de trabalho. Assim, o uso da metodologia BIM tem revolucionado o processo construtivo a partir de um modelo virtual multidimensional, parametrizado e rico em informações, o qual permite a preconcepção da edificação, prevendo problemas e, consequentemente, otimizando todas as fases da obra. [2]

Conforme [3] o BIM é fundamentado em três pilares: pessoas, tecnologias e processos. Assim, o modelo virtual assegura uma melhor visualização e interpretação dos projetos, conectando a cadeia de profissionais, envolvendo desde o setor de suprimentos, que irá adquirir o material adequado, até a mão de obra do canteiro que aplicará os recursos da forma correta, além dos gestores e dos clientes que poderão acompanhar de forma mais fidedigna o produto.

A boa gestão do cronograma de obras tem influência direta no desempenho da obra, a partir do rastreamento das atividades e da sua qualidade executiva, bem como a produtividade dos profissionais, prevendo riscos e inconformidades, de forma que quanto mais cedo o gestor puder intervir, menor será o impacto da mudança. [4]

A associação do modelo tridimensional ao tempo resulta na quarta dimensão do BIM, a qual transcreve as tarefas do cronograma para uma maquete virtual construída ao longo de uma escala temporal, propiciando o aumento do grau de assertividade do cronograma e o maior nível de controle, uma vez que cada atividade atribuída ao planejamento é identificada a partir de um único click. Assim, a simulação da sequência das atividades em tempo real assegura discussões entre o planejador, a equipe da obra e o cliente, facilitando o entendimento visual e a comunicação. [7]

Portanto, a aplicação da metodologia BIM vai muito além da integração das diversas disciplinas e suas análises de incompatibilidades (*clash detection*), ela propicia sobretudo a integração e comunicação da equipe, seja da sala técnica ou do canteiro de obras, nivelando o conhecimento sobre o projeto em questão.

Diante disso, o presente artigo tem como objetivo visualizar e discutir a associação do cronograma ao modelo virtual 3D, a partir de um estudo de caso de uma edificação unifamiliar de alto padrão, analisando os benefícios e dificuldades envolvidas no processo da construção 4D.

2. Referencial teórico

2.1. BIM

A modelagem de informação da construção, também conhecida como BIM, consiste num tema que gera muitas discussões na literatura, tendo em vista que cada autor define da sua maneira. Contudo, [6] a descreve como “uma tecnologia de modelagem e um grupo associado de processos para produção, comunicação e análise do modelo de construção”. Isto é, não se trata de um produto definido, mas de uma metodologia construtiva, envolvendo tecnologias, processos e principalmente a comunicação e integração entre todos os participantes da AEC (arquitetura, engenharia e construção), de forma a convergir os esforços em um modelo central interoperável.

2.2. Planejamento 4D

A dimensão 4D advém da vinculação entre o modelo 3D e o planejamento da obra, permitindo a evolução da obra virtualmente a partir da simulação das datas do cronograma.

Segundo [5] o modelo 4D é o resultado da junção entre a representação gráfica 3D e o tempo, resultando em um produto quadrimensional, isto é, um conjunto de elementos gráficos incorporados aos dados do cronograma. Dessa forma, os aspectos temporais e físicos do projeto estão interligados de forma similar a execução no plano real.

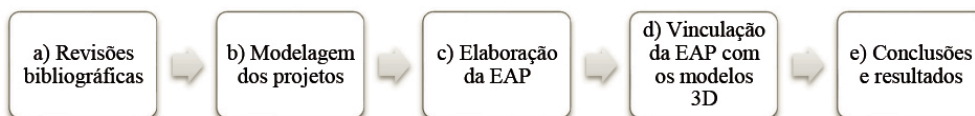
3. Métodos

Os objetivos da pesquisa são descritivos e explicativos, a fim de analisar o planejamento 4D, resultante da associação entre o cronograma tradicional e o modelo federado BIM multidisciplinar, avaliando os benefícios e os malefícios da sua aplicação num projeto de uma residência unifamiliar construída no município do Eusébio, localizado no estado do Ceará.

O método adotado foi o estudo de caso, dispondo-se dos projetos de arquitetura, estrutura, instalações elétricas e hidrossanitárias; criou-se o modelo virtual multidisciplinar a partir do *software* Revit e, em conjunto, fez-se a Estrutura Analítica do Projeto (EAP) por meio do MS Project. Posteriormente, vinculou-se o modelo virtual ao cronograma com auxílio do Navisworks, obtendo-se o planejamento 4D, objeto de estudo desse artigo.

O fluxograma apresentado resume a estrutura geral da pesquisa, elencando as etapas adotadas:

Figura 1
Fluxograma da pesquisa.



O projeto adotado consiste numa residência térrea unifamiliar com área de 177 metros quadrados, idealizada pela arquiteta Marina Fortes, composta por três suítes, lavabo, gabinete, sala com pé direito duplo, cozinha, deck gourmet, área de serviço, garagem e área de lazer com piscina e banheiro, de acordo com o ilustrado na Figura 2.

Figura 2
Planta baixa humanizada residência unifamiliar (sem escala).



Os projetos de instalações elétricas e hidrossanitárias foram desenvolvidos pela empresa UBX Engenharia, evidenciando o encaminhamento das infras e tubulações necessárias para atender à necessidade da edificação.

Os projetos estruturais foram concebidos pela empresa Pilotis Engenharia e adotam 17 sapatas como solução das fundações, variando em 6 diferentes tipos com dimensões de até 100 x 115 centímetros, 18 pilares com dimensões de 14 x 30 centímetros, 23 vigas com dimensões de até 50 x 14 centímetros e lajes volterranas com EPS, como ilustrado na Figura 3.

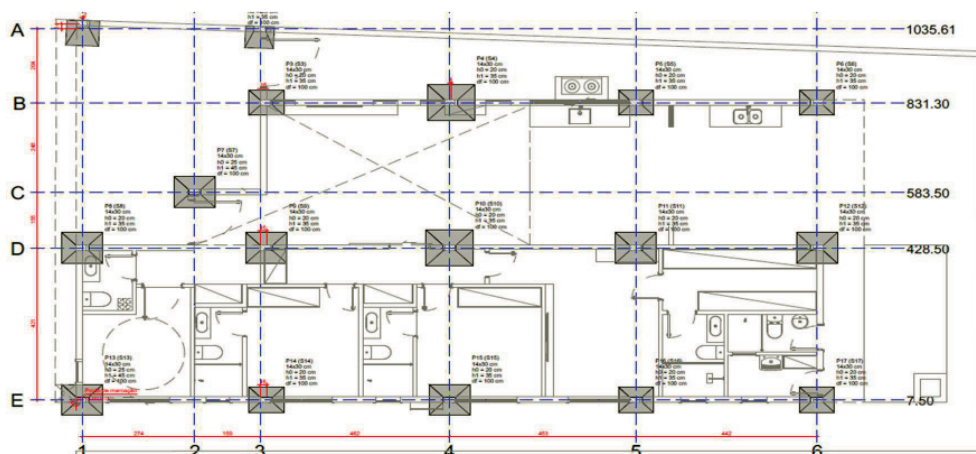


Figura 3
Planta baixa projeto
estrutural (sem escala).

Na etapa de modelagem, é importante se atentar ao nível de detalhe (LOD) a ser adotado de acordo com o uso BIM. Tratando-se de uma aplicação voltada ao planejamento 4D, sugere-se que a construção virtual seja realizada de acordo com os métodos executivos da obra, por exemplo, especificar as camadas que compõem as paredes, seja pelo método por camadas ou parede composta, enriquece o modelo, tendo em vista que cada camada desse elemento será ilustrada independentemente no modelo central, convergindo com as etapas construtivas no canteiro de obras que seguem o fluxo: alvenaria, chapisco, reboco e emboço. Ressalta-se que a aplicação de diferentes cores para cada elemento, torna ainda mais fácil o rastreamento das atividades conforme o seu prazo.

Em paralelo ao processo de modelagem, foi desenvolvida a EAP, definindo-se as tarefas envolvidas no escopo, suas respectivas durações, o sequenciamento delas por meio da adoção de predecessoras, a alocação de recursos de mão de obra, dessa forma, resultando no planejamento geral.

3. Resultados

A adoção da metodologia BIM, a partir de um modelo virtual interdisciplinar multidimensional, contribui para a prática da melhoria contínua dentro do processo da construção civil, tendo em vista que a sua aplicação, quando controlada ao mesmo passo do avanço da execução, permite a atualização em tempo real, rastreando cada elemento que foi alterado durante o andamento da obra e retornando o quantitativo correspondente a essa alteração, permitindo a tomada de decisão de forma assertiva, bem como o compartilhamento da informação.

A definição das tarefas que compõem a EAP deve ser condizente com os elementos modelados virtualmente, de forma a garantir que irá existir o *link* entre ambas as partes e que não haverá atividades flutuantes, gerando o que se conhece por “rabos de serviço”, isto é, atividades que geram custo à obra, mas não são identificadas no planejamento e, portanto, não são gerenciadas; por exemplo, um contramarco em alumínio que não foi previsto na modelagem, nem incluso nas atividades do

Project, mas precisa ser adquirido e instalado na fase de acabamentos argamassados (chapisco, reboco), gerando custo de material e mão de obra a ser repassado para o investidor.

Partindo dos projetos pré-concebidos de arquitetura, estrutura, instalações elétricas, hidráulicas e sanitárias, desenvolveu-se um modelo para cada disciplina construído virtualmente com auxílio do Revit, que posteriormente foram exportados para o Navisworks.

Outrossim, em virtude do pequeno tamanho do canteiro, houve uma expressiva restrição no recebimento e armazenamento de materiais, exigindo um maior controle do espaço. Portanto, fez-se uso da modelagem a fim de garantir uma melhor análise estratégica da disposição dos materiais e dos equipamentos, garantindo o melhor posicionamento dos postos de armazenagem e convivência da equipe. Algumas das modelagens podem ser analisadas nas Figuras 4 e 5.

Figura 4
Modelagem do canteiro de obras e da estrutura.

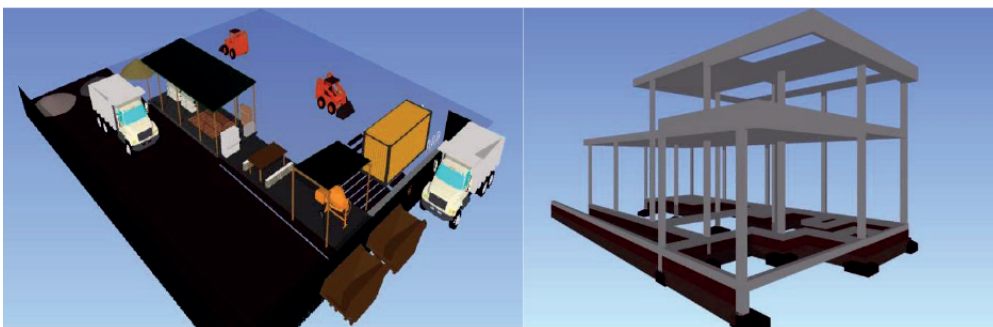
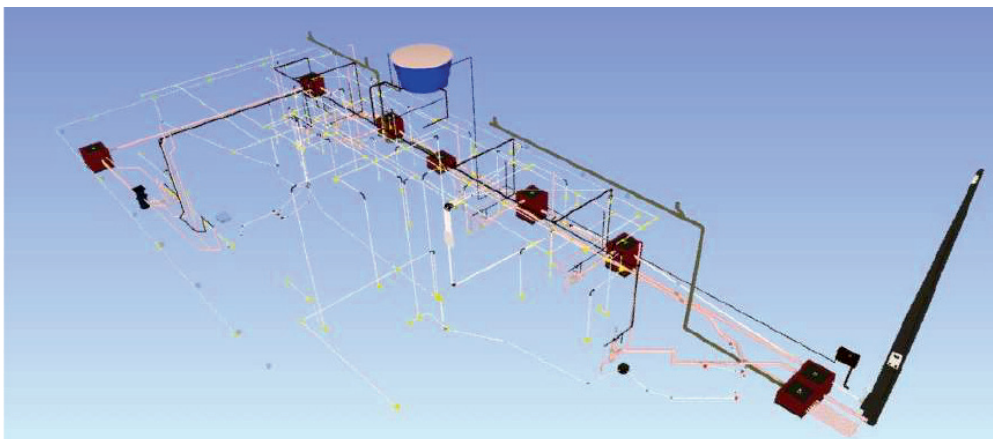


Figura 5
Modelagem das instalações elétricas e hidrossanitárias.



Após a modelagem, o próximo passo foi garantir a atribuição dos ciclos e das datas de início e fim, bem como as predecessoras que conectam as atividades a partir do MS Project, resultando em um planejamento com 129 tarefas vinculadas ao modelo central, com início previsto para dia 14 de julho de 2022 e término para 31 de outubro de 2022, totalizando 77 dias.

Contudo, houve uma demora significativa na aprovação dos projetos na prefeitura, de forma que a obra recebeu a liberação do alvará apenas no dia 05 de junho de 2023, finalizando no dia 05 de dezembro de 2023, resultando em 132 dias de duração.

Essa foi uma construção bastante desafiadora, pois foi uma residência financiada diretamente pelos clientes. Portanto, os materiais eram adquiridos principalmente a partir do uso do cartão de crédito pessoal deles, exigindo uma grande precisão na quantificação dos insumos, com objetivo de mitigar desperdícios e retrabalhos, isto é, a solicitação repetida de um mesmo insumo ou a sobra de materiais poderia gerar desconfiança e descrédito dos mesmos.

Outro aspecto desafiador é que os clientes moravam próximo ao canteiro, assim, semanalmente recebíamos visitas e junto a elas haviam muitas modificações, como acréscimo de tomadas, mudança de revestimentos, inclusão de armadores de rede, modificação do tamanho dos cômodos e até mesmo inclusão de um deck e piscina com cascata nos fundos.

Logo, esse foi um projeto pensado por várias pessoas e atualizado em tempo real, tendo como principal objetivo garantir que a casa saísse de acordo com os desejos dos proprietários, contanto que as modificações fossem viáveis.

Dessa forma, deter dos modelos virtuais foi de suma importância porque tornou todas as sugestões de mudança mais visuais, esclarecendo dúvidas e garantindo as aprovações antes da sua execução, além de permitir o levantamento dos custos, atualizando o orçamento em tempo real. Por sua vez, o planejamento 4D também era atualizado ao passo em que as modificações eram aprovadas, uma vez que os novos elementos e atividades eram prontamente vinculados ao cronograma, simulando a construção e refletindo nos novos prazos.

A Figura 6 ilustra a interface do Navisworks, ferramenta utilizada para viabilizar essa vinculação. Nota-se a sobreposição dos elementos, entretanto, ao iniciar a simulação isso é corrigido, já que eles aparecem seguindo a ordem da execução real.

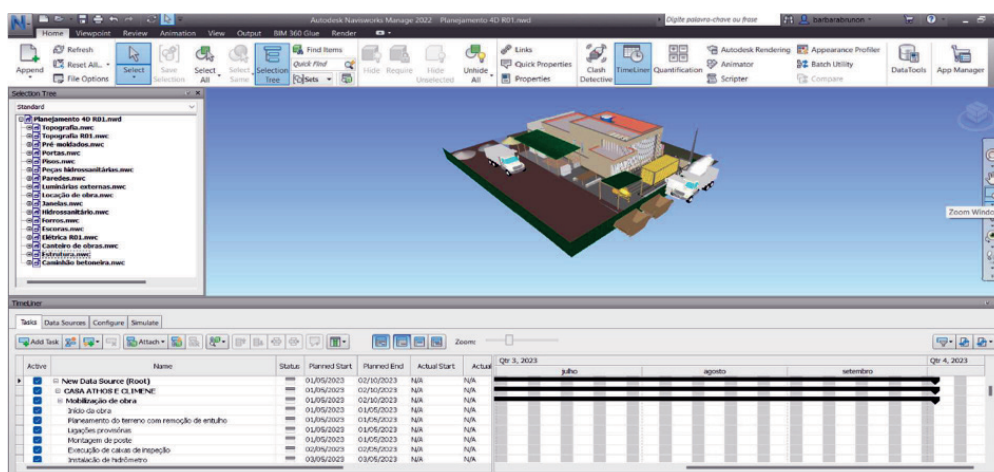


Figura 6
Planejamento 4D no
Navisworks.

Ainda conforme a Figura 6, cabe ao planejador criar a quantidade de vistas necessárias, exportando-as para o Navisworks. Nesse caso, identifica-se que houve a segregação do modelo em 17 vistas diferentes, que foram executadas a fim de compatibilizar e facilitar no momento da vinculação das respectivas tarefas do cronograma, indicadas na área inferior, otimizando o trabalho do profissional.

A partir desse programa, torna-se possível adotar a data de início e de término real ou planejado disponível no Project, que uma vez vinculado ao Navisworks é atualizado automaticamente, tornando-se um recurso interessante de acompanhar a obra a partir da atribuição das datas reais do campo, comparando-se com a linha de base do planejamento, logo, permitindo o rastreamento das atividades que não seguiram o escopo previsto e cobrando dos gestores a tomada de decisões adequadas para mitigar o impacto dos atrasos, assim como é possível visualizar na Figura 7, 8 e 9 que comparam a execução do canteiro de obras com o previsto no planejamento 4D.

Figura 7

Canteiro de obras x planejamento 4D dia 05 de julho de 2023.

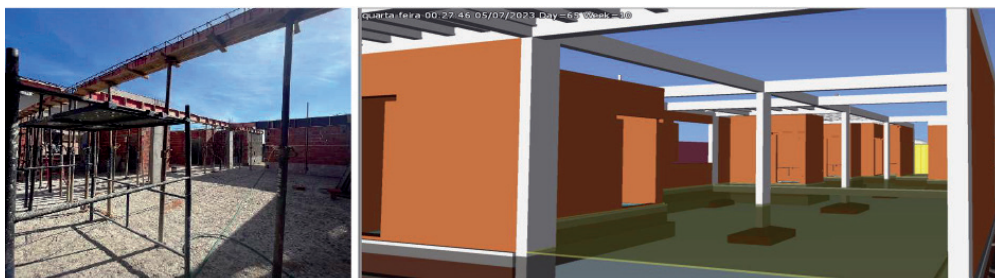


Figura 8

Canteiro de obras x planejamento 4D dia 12 de julho de 2023.

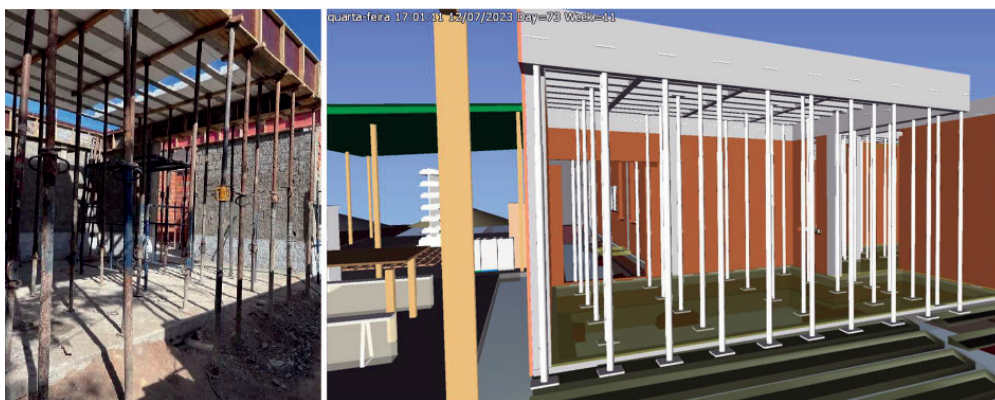


Figura 9

Canteiro de obras x planejamento 4D dia 01 de setembro de 2023.



Dentre as dificuldades encontradas no cumprimento do cronograma, a etapa de instalação do porcelanato de piso é um exemplo de atividade que acarretou atraso, pois os clientes não conseguiram comprá-lo em tempo hábil e ele passou a ficar indisponível na fábrica. Desta forma, tornou-se necessário adquirir esse insumo numa loja por um preço significativamente maior e com outra especificação de acabamento, passando de polido para acetinado em alguns cômodos pela carência do item no mercado.

Tal decisão implicou no aumento do orçamento e também na mudança do sequenciamento das atividades bloco de gesso e revestimento de piso, uma vez que anteriormente seria apenas um piso para todas as áreas secas com as paredes instaladas acima do porcelanato, facilitando futuras reformas. Entretanto, com a inviabilidade de manter o mesmo padrão e para não gerar maiores impactos no cronograma, executou-se primeiro os blocos de gesso e depois os diferentes porcelanatos.

Vale ressaltar que as escoras foram modeladas como forma de evidenciar os itens no canteiro e seus impactos no sequenciamento das atividades, como as instalações. Além de permitir sua quantificação e rastreabilidade. Ademais, possibilitou a validação com o engenheiro calculista, reduzindo suas visitas na obra e tornando o feedback mais ágil, garantindo a confirmação da sequência de remoção dos elementos e facilitando a conferência por parte dos gestores.

A Figura 10 ilustra o comparativo entre o resultado da execução da residência que foi gerenciada por meio das ferramentas BIM e o modelo arquitetônico utilizado como base no planejamento, renderizado no *software* Enscape.



Figura 10
Residência unifamiliar
plano real x plano
virtual.

elagem dos projetos e a elaboração do cronograma requerem uma equipe com vasto conhecimento dos processos construtivos e das ferramentas BIM, pois para alcançar um planejamento 4D implementável para a obra é de suma importância que a construção virtual contenha os elementos que serão executados no passo a passo do produto, quanto maior o nível de detalhe, mais fidedigno ao canteiro estará; permitindo que, conforme a obra for avançando, os respectivos serviços serão medidos corretamente no planejamento.

Portanto, muitas vezes se torna inviável a implementação do BIM apenas na etapa de planejamento, exigindo que a metodologia seja aplicada desde a concepção dos

projetos, uma vez que a equipe envolvida precisa ter um intervalo de tempo generoso para garantir a modelagem de todos os documentos enviados, assim como a elaboração da EAP de forma detalhada, alocando cada profissional envolvido. Ademais, esse processo requer um alto nível de treinamento e colaboração entre os profissionais envolvidos, que precisam deter dos conhecimentos necessários para garantir que o planejamento 4D estará compatível com a execução. Deve-se lembrar também que as licenças dos programas BIM possuem um custo elevado e solicitam um investimento não apenas nos softwares, mas também nos computadores utilizados.

4. Conclusão

Diante do exposto e conforme o ciclo PDCA, não é suficiente delinear previamente a metodologia, os prazos e os recursos requeridos de uma obra, sem que haja o monitoramento das atividades e a comparação dos resultados reais com aqueles almejados. Portanto, cabe ao setor de planejamento gerir em tempo real a execução e traçar as estratégias para contornar os percalços identificados durante todo o empreendimento, sendo um trabalho dinâmico e de alto grau de responsabilidade.

Nesse contexto, a metodologia BIM se torna uma viabilizadora dessa prática, uma vez que ela traz clarividência à equipe envolvida na obra, a partir de um modelo virtual unificado e compatibilizado, que somado ao planejamento permite a vinculação de cada elemento modelado à sua respectiva tarefa do cronograma, garantindo a medição adequada e o maior rastreamento das atividades, gerando o que se conhece na literatura como planejamento 4D.

A adoção do planejamento 4D gera um produto virtual navegável e de fácil interpretação, promovendo a maior integração da equipe, a partir do nivelamento do conhecimento dos projetos e do cronograma, propiciando um maior controle do processo por meio da análise e a previsão de problemas, permitindo a tomada de decisão assertiva e, conseqüentemente, mitigando os impactos no custo, no prazo e na qualidade da obra.

No projeto residencial unifamiliar estudado nesse artigo se notou a elevação do nível de controle durante a execução obra, uma vez que a partir da adoção dessa metodologia, substituiu-se os projetos em 2D disponíveis em PDF ou autoCad e o cronograma da obra, anteriormente apresentado como uma EAP no Project; por um modelo virtual rico em detalhes que permitiu a identificação minuciosa do encaminhamento das tubulação de água, esgoto, escoamento pluvial e até da drenagem das máquinas de ar condicionado; além da estrutura, da arquitetura, do canteiro de obras e das instalações elétricas, tornando possível o rastreamento da execução de cada atividade e, inclusive, quantificando seus elementos, gerando assertividade na compra dos materiais e maior produtividade à equipe.

Além disso, notou-se uma maior participação dos clientes no processo da obra, a partir da facilitação da compreensão dos projetos e da ordem de execução das tarefas,

pré-visualizadas por meio da simulação em tempo real permitida pelo Navisworks, notando-se maior satisfação.

Todavia, é importante ressaltar que a implementação do BIM no setor de planejamento requer um elevado investimento financeiro, em virtude dos altos preços das licenças dos softwares, bem como das máquinas que irão processar os dados, necessitando de máquinas de alto desempenho. Além disso, sua implantação exige tempo e envolvimento de uma equipe capacitada e hábil para modelar os projetos de forma correta, detendo do conhecimento construtivo do campo a fim de tornar o modelo fidedigno ao canteiro de obras.

Outrossim, o treinamento da equipe do canteiro é essencial para a correta interpretação e disseminação das informações atribuídas ao modelo, necessitando de um equipamento para acessar aos documentos virtuais e saber como navegá-los é de suma importância.

Sugere-se para novos trabalhos a implementação do orçamento 5D com auxílio do planejamento 4D, tornando-se possível prever as equipes, as ferramentas e os materiais necessários para garantir a execução da obra com menor risco, partindo de um modelo multidimensional que propicia a visualização das atividades e, consequentemente, reduz a chance de esquecimento de algum item na planilha orçamentária.

Referências

- [1] D.-M. Brito, E.-A.-M Ferreira, "Avaliação de estratégias para representação e análise do planejamento e controle de obras utilizando modelos BIM 4D". Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (2015), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, pp. 203-223. doi: 10.1590/s1678-86212015000400047.
- [2] A.-F.-E. Lucena, D.-G. Soares, "Grau de maturidade do uso do bim 4D e bim 5D em empresas construtoras". Revista de Engenharia e Tecnologia (2023), Ponta Grossa, Paraná, Brasil, v. 15, n. 1 pp. 1-10. ISSN: 2176-7270.
- [3] Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), "Guia 6 - A Implantação de Processos BIM". Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC (2017), Brasília, Distrito Federal, Brasil, V. 6, pp. 22. ISBN: 978-85-61323-48-6
- [4] A. D. Mattos, Planejamento e controle de obras. São Paulo.: Pini LTDA, 2010.
- [5] K. Bonsang, F. Martin, Feasibility study of 4D CAD in commercial construction. Stanford: center of integrated facility engineering, 1998. Technical Report n. 118.
- [6] C. M. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, and K. Liston, BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. Hoboken, NJ.: Wiley, 2008.

- [7] J. F. Costa, "A Utilização do Bim 4D para o Processo de Planejamento e Controle de Obras: Uma Revisão Sistemática da Literatura Entre os Anos de 2018 e 2023," Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências de Balsas, Balsas, Brasil, 2023.