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

Elaboração de framework com uso de ferramentas BIM 4D aplicado no planejamento de obra de HIS

Development of a framework using 4D BIM tools applied to the planning of social housing projects

Erivânia Kayelle Lima de Abreu
UFPE| Recife| Brasil | erivania.abreu.pos@ufpe.br
Rachel Perez Palha
UFPE| Recife| Brasil | rachel.palha@ufpe.br
Adiel Teixeira de Almeida Filho
UFPE | Recife | Brasil | adielfilho@cin.ufpe.br

Resumo

A construção civil é responsável por promover grandes benefícios para sociedade como viabilizar à população de baixa renda o acesso à moradia adequada e regular. Contudo, este mesmo setor é afetado pela deficiência nas suas técnicas de planejamento. Para isso, o uso de novas ferramentas vem sendo propostas para modificar o estado atual deste setor, como a Modelagem da Informação da Construção – BIM. Esta pesquisa buscou a elaboração de um framework e sua validação com a adoção do BIM como ferramenta de apoio no planejamento 4D em um estudo de caso de uma habitação de interesse social, apontando os benefícios do uso do BIM 4D com a adoção de ferramentas BIM para apoiar o planejamento. Para atingir os objetivos foi necessário dividir em quatro fases distintas: (1) revisão da literatura sobre os principais conceitos e aplicações do uso BIM 4D para o planejamento (2) elaboração de um framework para apoio no planejamento e simulação 4D, (3) preparação dos modelos disciplinares para a simulação 4D e a elaboração do cronograma, e a (4) execução do framework a e a sua validação no estudo de caso. Como resultado, verificou-se que o framework no planejamento com o BIM 4D pode ser aplicado às fases de pré-construção com a realização da simulação de projeto e, na fase de execução pode oferecer uma visualização do progresso do projeto por meio da comparação entre o cenário real e o cenário planejado através da simulação 4D. Dentre os principais benefícios percebidos neste estudo através do uso de modelos BIM 4D como ferramenta de apoio no planejamento, foi a possibilidade de visualização detalhada que atua como uma solução inovadora para superar as deficiências das práticas atuais de planejamento e controle de obras.

Palavras-chave: Planejamento. BIM. Modelagem 4D. Habitação de interesse social. Framework.

Abstract

The construction industry is responsible for bringing great benefits to society, such as providing the low-income population with access to adequate and regular housing. However, this same sector is affected by deficiencies in its planning techniques. To this end, the use of new tools has

Como citar:
ABREU, E.; PALHA, R.; ALMEIDA FILHO, A. Elaboração de framework com uso de ferramentas BIM 4D aplicado no planejamento de obra de HIS. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

been proposed to change the current state of this sector, such as Building Information Modeling - BIM. This research sought to develop a framework and validate it by adopting BIM as a support tool in 4D planning in a case study of a social housing development, pointing out the benefits of using 4D BIM with the adoption of BIM tools to support planning. In order to achieve the objectives, it was necessary to divide the study into four distinct phases: (1) review of the literature on the main concepts and applications of 4D BIM use for planning (2) development of a framework to support 4D planning and simulation, (3) preparation of the discipline models for 4D simulation and development of the schedule, and (4) execution of the framework and its validation in the case study. As a result, it was found that the framework in planning with 4D BIM can be applied to the pre-construction phases by carrying out the project simulation, and in the execution phase it can offer a visualization of the project's progress by comparing the actual scenario with the scenario planned through the 4D simulation. Among the main benefits perceived in this study through the use of 4D BIM models as a planning support tool was the possibility of detailed visualization that acts as an innovative solution to overcome the shortcomings of current construction planning and control practices.
Keywords: Planning. BIM. 4D modeling. Social housing. Framework.

INTRODUÇÃO

O uso do planejamento na construção civil aplicando as técnicas e ferramentas tradicionais possui uma deficiência marcante pelo fato de não proporcionarem visualização espacial da construção ao longo de sua execução. Contudo, para modificar o estado atual deste setor, o uso de novas ferramentas vem sendo propostas, como a Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling* - BIM) [1],[2].

A indústria da construção é conhecida pela ineficiência e inconsistência em relação a questões de desempenho do projeto, como entrega no prazo [4] que remetem a um planejamento deficiente. Esta dificuldade pode ser percebida durante a visualização do planejamento da obra no espaço, gerando cronogramas de interpretação abstrata para os usuários devido ao grande número de atividades e precedências [5].

Ao associar o BIM ao planejamento da construção [6], é utilizado o termo BIM 4D ou modelagem 4D [7], [8], [9] e [10]. Através dos modelos BIM 4D para o planejamento é possível vincular os objetos BIM em 3D ao cronograma da construção, adicionando a dimensão tempo para fazer o planejamento e controle de execução da obra [12],[6], com ferramentas para visualizar as implicações do processo na criação da realidade 3D, ao mesmo tempo em que facilita a melhoria da coordenação, comunicação e entrega de um projeto [12].

O uso de ferramentas 4D BIM pode impactar positivamente no planejamento [13], tornado possível avaliar várias alternativas de projeto e o gerenciamento no local [14], detecção de conflito, esforço colaborativo antes da construção, clareza nos modelos disciplinares, redução de custos com demolições e retrabalhos, obras acarretadas por redesenho e interrupções significativas ao cronograma [15].

Tendo em vista a necessidade de melhorias no processo do planejamento da construção e do outro lado a constante preocupação com o grande déficit habitacional no Brasil, onde a indústria da construção civil tem uma parcela significativa para apoiar na diminuição desse déficit, com o potencial representado pelo uso de modelos 4D como ferramenta de apoio, esta pesquisa teve como objetivo:

(a) elaboração de um *framework* BIM 4D e a sua validação por meio de um estudo de caso;

(b) simulação da execução de projeto de uma casa de uma habitação de interesse social;

(c) apontar os benefícios do uso do BIM 4D com a adoção de ferramentas BIM para apoiar o planejamento.

PLANEJAMENTO 4D BIM

O processo de planejamento da construção, é comumente realizado por técnicas específicas para a programação do projeto, entre os quais, se destacam as técnicas tradicionais [1]. Entretanto, segundo Vargas e Formoso [16] estas técnicas possuem limitações [17], por não proporcionarem a visualização espacial da construção ao longo de sua execução [1].

Os modelos BIM 4D surgiram como uma solução potencial para tais dificuldades [18] e, é uma solução corretiva para superar as deficiências das práticas de planejamento atuais [19], [20], [21], [22] que não fornecem informações suficientes referentes ao contexto espacial e a complexidade dos componentes de um projeto, resultando em uma representação abstrata do planejamento (KOO; FISCHER, 2000).

Esta estrutura baseada em BIM 4D, pode ser também usada para permitir o compartilhamento e visualização das informações [22], e a visualização dessa sequência de execução enseja o entendimento do processo por parte dos envolvidos em sua gestão apoiando a tomada de decisão [23].

Outras aplicações podem ser vistas, como a verificação de conflitos de espaço de trabalho entre atividades do cronograma [24], ou o *clash dinâmico* que considerando o movimento da equipe de trabalho no espaço de trabalho atribuído durante diferentes intervalos de tempo [25], [26] integração ao planejamento e controle de uma obra para tomar decisões, instruir subcontratados e tornar o processo mais enxuto [27], realizar a simulação com prototipagem virtual para escolher a alternativa de construção ideal [28],

No planejamento suportado pelo BIM, existem muitas opções de software disponíveis, como: o Revit (Autodesk), Tekla Structures (Trimble), DP Manager (Digital Project Inc.), ProjectWise Navigator e Construct SimPlanner (Bentley), Visual 4D Simulation (Innovaya), Navisworks Manage (Autodesk), Synchro PRO (Synchro Software), Vico Office Schedule Planner e 4D Manager (Trimble) [29], Visus (Qibuilder) [30].

Com relação à definição das ferramentas de modelagem 4D, os objetivos precisam ser definidos.

[31] ressalta que algumas características devem ser observadas, a fim de avaliar uma ferramenta de BIM 4D, são essas:

- Capacidade de importar geometrias ou formatos BIM: em alguns casos, somente algumas informações para se criar um cronograma são suficientes como, por exemplo, geometrias, nomes das geometrias, hierarquias, etc.;

- Capacidade de importar cronogramas;
- Junção e atualização para o modelo 3D BIM: a ferramenta deve ser capaz de juntar vários modelos 3D;
- Reorganização dos dados após estes serem importados;
- Capacidade de incluir componentes temporários no modelo, como por exemplo, gruas, áreas de armazenamento, galpões, etc.;
- Capacidade de animar e simular a construção;
- Análise de conflitos de espaço-tempo como geometrias em mesmo espaço e atividades que estejam acontecendo ao mesmo tempo;
- Capacidade de exportar os dados em períodos específicos de tempo e também para documentação de projeto;
- Capacidade de ligar automaticamente componentes do cronograma para que uma mudança de tempo, por exemplo, venha a refletir no restante de outros componentes.

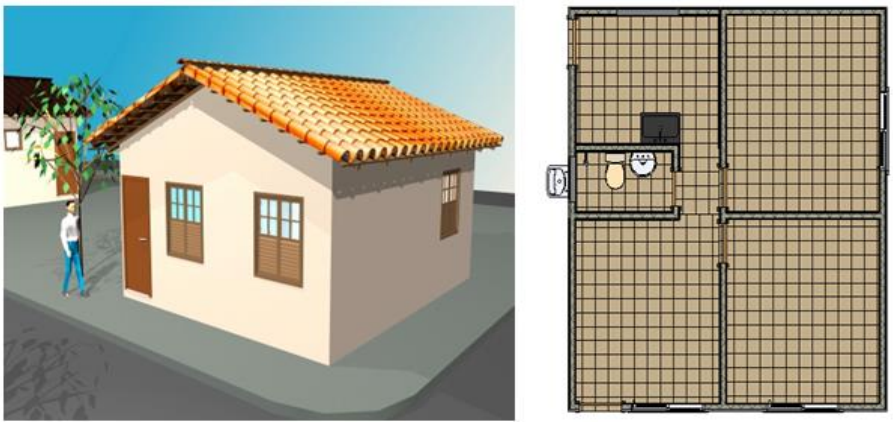
METODOLOGIA DA PESQUISA

Este trabalho visou a elaboração de um *framework* BIM 4D com a adoção de ferramentas BIM para apoiar o planejamento, que simulou a execução de uma casa de padrão popular da Caixa Econômica Federal em um estudo de caso de uma habitação de interesse social.

Para isso, foi necessário dividir em quatro fases distintas, com o desenvolvimento de uma revisão da literatura sobre os principais conceitos e aplicações do uso BIM 4D para o planejamento BIM e, em seguida, a elaboração de um *framework* para ser aplicado em um estudo de caso de projetos de habitação de interesse social.

O projeto selecionado foi de pequeno porte de uma habitação de interesse social, conforme à esquerda e à direita abaixo na Figura 01, que ocupa uma área de 58,90m² (incluído a calçada de proteção), sendo a área construída – 41,87m² e sua área útil – 36,93m², que possui 02 quartos, sala, cozinha, banheiro e área de serviço. As disciplinas a serem estudadas foram as de arquitetura, estrutura/fundação, instalação hidrossanitária e elétricas.

Figura 01: Projetos do Caderno CAIXA Projeto padrão – casas populares | 42m².



Fonte: os autores.

FASE 1

A realização da revisão da literatura buscou conceitos sobre o planejamento da construção, usos do BIM no planejamento, ferramentas utilizadas, e requisitos para o planejamento 4D.

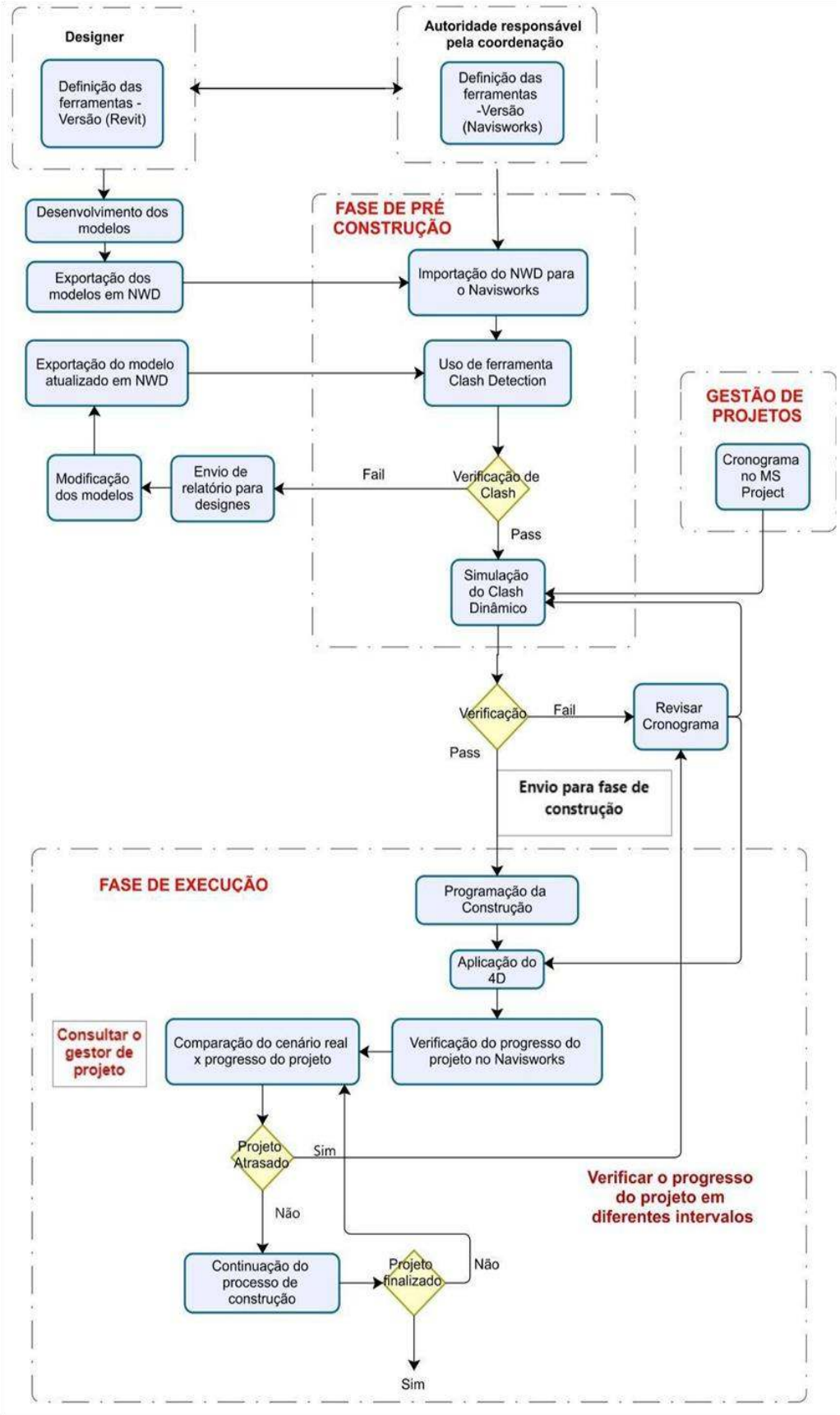
Os bancos de dados acadêmicos utilizados para a coleta das informações sobre pesquisas contemporâneas relacionadas ao planejamento com uso do BIM e o desenvolvimento de uma estrutura baseada em BIM 4D, foram Scopus, Web of Science e o Google Acadêmico.

FASE 2

Esta fase correspondeu ao início da estrutura do *framework* BIM 4D. Para o desenvolvimento de uma estrutura baseada em 4D BIM, foram adotadas as metodologias de acordo com as pesquisas [32], [12], [33]. As informações obtidas da revisão da literatura foram usadas para desenvolver uma estrutura baseada no BIM 4D para o planejamento e, nas demais etapas, validá-la.

A Figura 02 representa a estrutura do *framework* que foi organizada para este processo. A estrutura começa com o modelo 3D detalhado do estudo de caso, que o projetista irá preparar. Em seguida, esse *framework* é dividido em duas fases: pré-construção e execução.

Figura 02: Estrutura BIM 4D proposta para apoiar no planejamento.



Fonte: os autores.

FASE 3

Esta fase indicou no *framework* BIM 4D o processo da modelagem BIM, bem como a definição dos softwares utilizados. Foram consideradas as pesquisas desenvolvidas por [34], [35], [36], [37], [38], [32], [39], [15], [1], [2], como precursoras da metodologia utilizada nesta pesquisa para a escolha dos softwares BIM aplicados ao planejamento.

Os softwares utilizados foram o Revit, Navisworks e o Ms Project. O projeto escolhido para a aplicação e validação do *framework*, foi uma habitação de interesse social, contida em uma das propostas da Caixa Econômica Federal.

O Autodesk Revit foi utilizado para o desenvolvimento dos modelos BIM 3D analíticos, o Navisworks para a simulação 4D do planejamento e o *MS Project* foi utilizado para elaboração do cronograma do projeto.

FASE 4

Esta fase correspondeu à execução do *framework* BIM 4D no estudo de caso, em que foi analisada a sua estrutura e a sua validação.

Inicialmente, foram desenvolvidos os modelos dos projetos do estudo de caso no software Revit e, em seguida, convertido em um arquivo RVT para um arquivo NWC, que depois foi exportado para o *software Navisworks*.

Com o modelo RVT que foi importado, a ferramenta *Clash Detective* foi implementada o que forneceu uma lista dos possíveis conflitos. O *Clash Detective* é uma ferramenta que oferece a capacidade de trabalhar com equipes de coordenação para ajudar a identificar onde as mudanças precisam ocorrer para que se possa responder adequadamente antes do início da construção [40].

Para iniciar a simulação, foi definido o cronograma do ciclo de vida do projeto, durante a fase de planejamento, que foi atualizado no *software Navisworks* e aplicou a ferramenta 4D *TimeLine*.

Para preparar o cronograma de simulação 4D com base na data selecionada e uma estrutura analítica do projeto definindo o tempo necessário foi utilizado o *Microsoft Project* .

Os resultados da aplicação do *framework* no estudo de caso são discutidos na próxima seção, pois os achados deste estudo são importantes para ajudar a expandir as percepções do BIM no planejamento da obra de habitação de interesse social.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

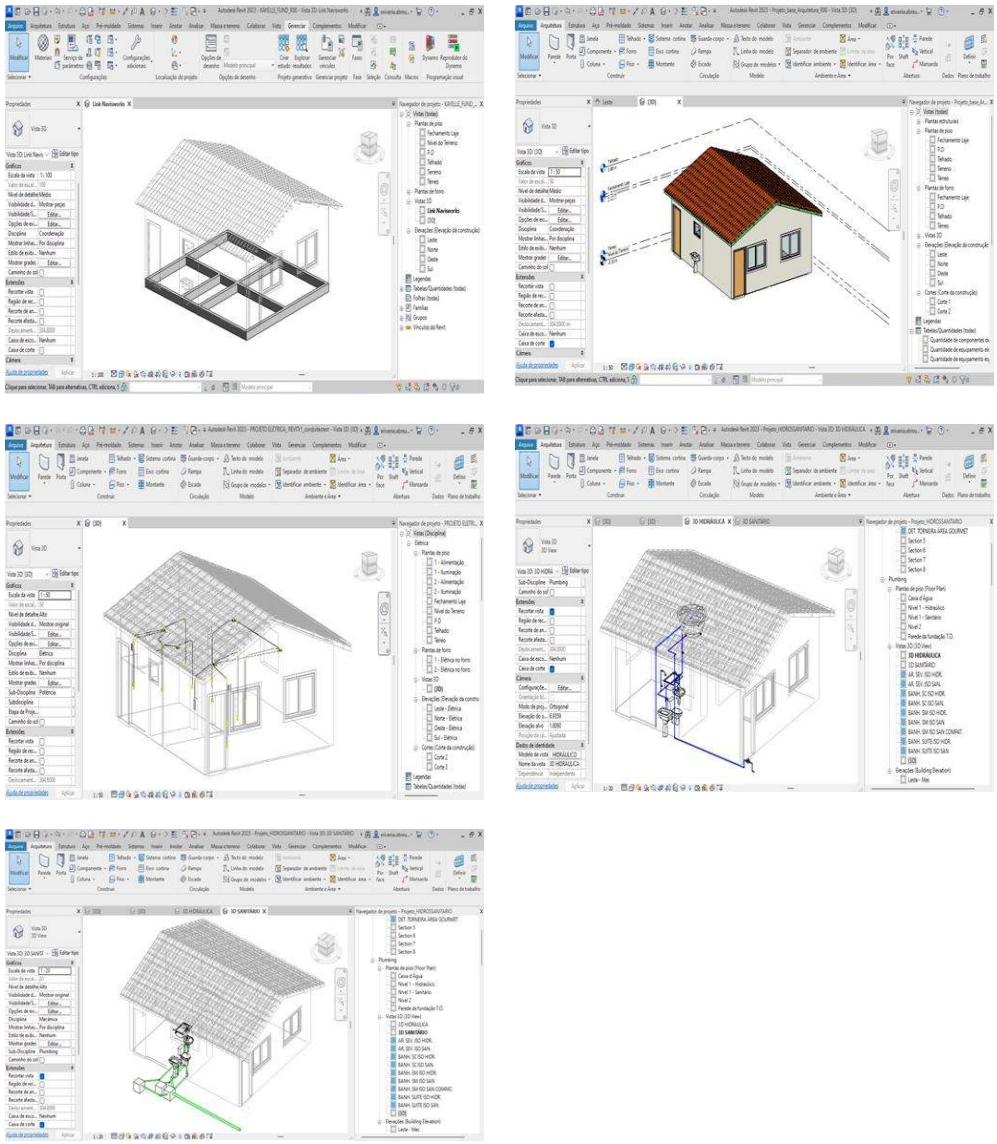
Nesta seção serão apresentados os resultados adquiridos a partir da aplicação da metodologia anteriormente explanada.

MODELAGEM COM OS SOFTWARES BIM

Em primeiro momento, foi necessário o estudo dos projetos contidos no Caderno CAIXA, Projeto padrão – casas populares. Com a análise dos modelos base, modelos 3D que corresponderam: a fundação, arquitetônico/estrutural, instalações

hidrossanitárias e elétricas, foram preparados no Autodesk Revit, exibidos na Figura 03 abaixo.

Figura 03: Preparação dos modelos no software Revit do projeto do estudo de caso com modelo da fundação, modelo da arquitetura, modelo das instalações elétricas, modelo das instalações hidráulicas, modelo das instalações sanitárias.



Fonte: os autores.

Esta fase demonstrou no processo, conforme o *framework* elaborado, a preparação dos modelos disciplinares com a criação de elementos como paredes, janelas, portas, entre outras, em que os elementos puderam ser adaptados de acordo com as referências do projeto no Caderno CAIXA.

Os modelos criados resultaram de forma compreensível ao conteúdo elaborado e permitiu a sua análise virtual por meio da visualização 3D. Isto resulta na melhoria da qualidade do projeto, uma vez que, os foram disponibilizados em 2D, com a representação das seções da vista superior, vista frontal e vista lateral da casa padrão popular. Os modelos em 3D elaborados forneceram uma aparência visual e a ideia do projeto de maneira mais detalhada.

COMPATIBILIZAÇÃO/CLASH DETECTION

Um modelo federado foi realizado com os modelos 3D disciplinares desenvolvidos na fase de modelagem, sendo o seu objetivo a realização da compatibilização. Para [39] a elaboração de um modelo federado é a base para utilização de qualquer software com o objetivo de compatibilizar. Este modelo federado foi elaborado para a conferência das incompatibilidades, para evitar erros de projeto que eventualmente levem ao retrabalho em um projeto de construção.

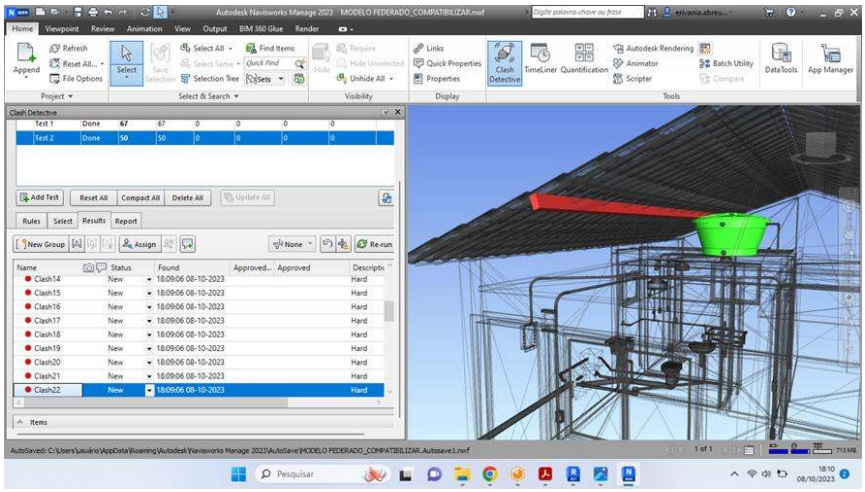
Os modelos 3D dos projetos preparados no Autodesk Revit, exibidos na Figura 03, foram transferidos para o Autodesk Navisworks seguindo a técnica de conversão de arquivos mencionada na metodologia. Em seguida, a ferramenta de detecção de interferências, *Clash Detective*, que focou nos erros de projeto, marcou os prováveis "choques" das disciplinas.Esta ação permitiu realizar as correções nos modelos BIM a fim de eliminar os conflitos encontrados na etapa de compatibilização.

Para apoio da análise das interferências, grupos de elementos do mesmo "nicho" foram feitos. Estes agrupamentos são conhecidos como sets (RIBEIRO) que ao serem executados na distribuição dos sets geram testes de compatibilização muito mais eficientes e com uma maior possibilidade de aprofundamento em detalhes.

Com o modelo federado no Autodesk Navisworks, após aplicar a ferramenta "*Clash Detective*" os elementos foram selecionados, avaliados e corrigidos no Autodesk Revit do qual foram modelados.

No Autodesk Navisworks foi possível identificar as interferências de acordo com as exigências (*hard* ou *soft clash*) e as tolerâncias, entre dois ou mais *sets*, como por exemplo: instalações elétricas, elementos arquitetônicos, conforme apresentado na Figura 04.

Figura 04: *Clash Detective*, aplicado entre as disciplinas de instalações hidrossanitárias e a de arquitetura.



Fonte: os autores.

A detecção de interferências correspondeu à fase de pré-construção do projeto. Ou seja, ao selecionarmos os confrontos existentes entre os modelos, estes puderam ser

visualizados antes mesmo da sua execução (obra), sendo útil para correções no modelo. Esta fase garantiu a identificação prévia de conflitos e interferências do projeto a partir do "*Clash Detective*" e o estudo da sequência de execução da construção.

É notório pontuar que é durante a fase de pré-construção do projeto, que o projetista pode executar esta simulação e identificar os conflitos, do qual todos os grupos de elementos devem ser testados a fim de minimizar as incompatibilidades e levar para obra o projeto livre de interferências.

PLANEJAMENTO

Com os modelos 3D desenvolvidos e detectados as suas incompatibilidades, a estrutura analítica do projeto - EAP foi elaborada e foram definidas o tempo de execução necessária e as suas predecessoras.

Após a preparação desta estrutura, o software MS Project foi usado para elaborar o cronograma e sua utilização se deu pela sua compatibilidade com o Navisworks que foi aplicado na preparação do cronograma de simulação 4D com base na data selecionada.

Todas estas decisões foram a base do planejamento para o BIM 4D orientado pelo *framework* apresentado na metodologia da presente pesquisa e conforme os autores [5], [41], [12], [42], [16], [43], [39], [4] visa garantir a execução do projeto, com informações, detalhamentos e definições que irão garantir a execução conforme o previsto.

APLICAÇÃO DO BIM 4D NO ESTUDO DE CASO

Para simulação do projeto na fase de execução, alguns requisitos tiveram que ser estabelecidos para dar prosseguimento a validação da estrutura do *framework* para o planejamento BIM 4D.

No *Autodesk Revit* houve a inserção de um parâmetro compartilhado, que representou as categorias e subcategorias da EAP. Este parâmetro foi chamado *4D_Task_ID*, que armazenou as informações referentes à categoria, tipo, localização, fase e subfase de cada componente, condensando essas referências em um único número.

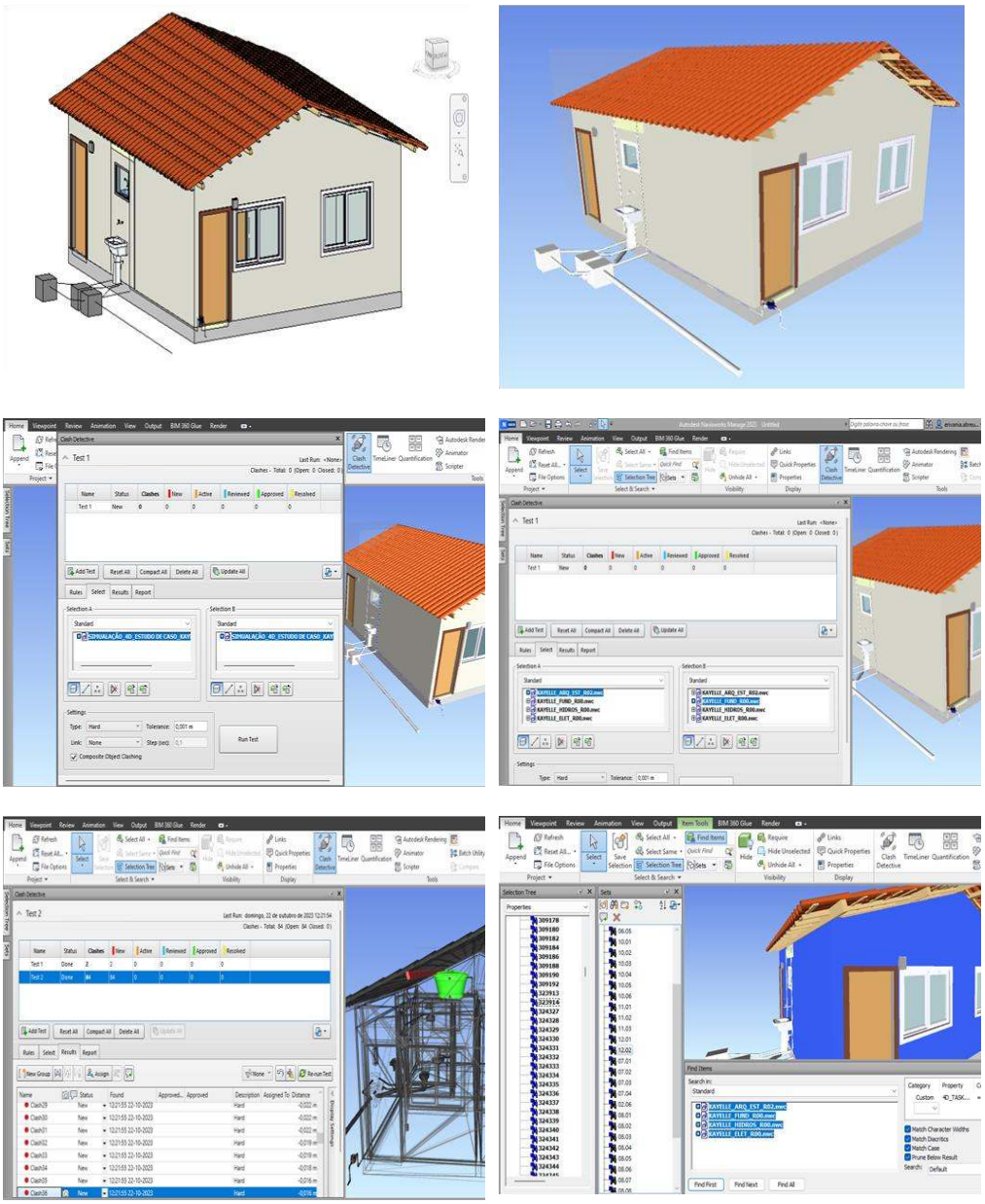
No *Autodesk Navisworks* os modelos 3D do Revit foram transferidos seguindo a técnica de conversão de arquivos mencionada na metodologia, como esta no *framework*. Neste mesmo software foi possível a criação dos conjuntos de elementos, conhecidos como *Search Sets*.

Este processo foi facilitado pela utilização de um único critério de busca, o parâmetro compartilhado *4D_Task_ID* realizado no *Autodesk Revit*.

Através da elaboração dos *sets* os elementos conforme o parâmetro *4D_Task_ID,* foi também facilitador na vinculação das tarefas com os componentes no cronograma da obra.

A Figura 05 demonstra o processo de validação do modelo (*framework*) com um modelo via Revit e Navisworks.

Figura 05: Processo de validação do *Framework* com um modelo via Revit e Navisworks do estudo de caso.



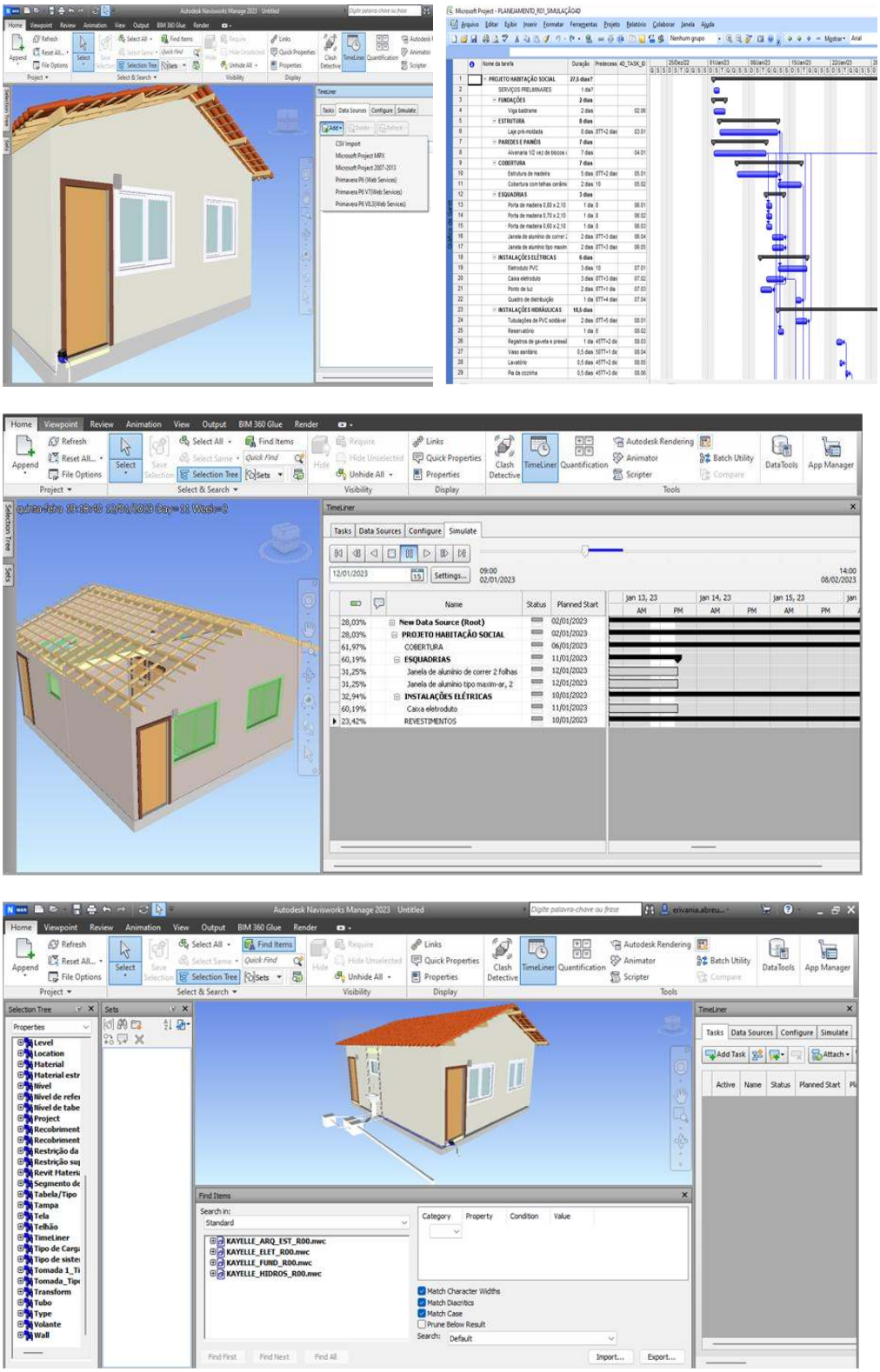
Fonte: os autores.

Com cronograma elaborado, durante a fase de planejamento, foi atualizado no *Navisworks* e a ferramenta 4D *TimeLine* foi aplicada ao modelo. Com o comando *TimeLine* e os *sets* elaborados anteriormente, estes foram linkados a EAP conforme a "*Task*" de cada elemento criado no projeto em sua modelagem.

Para a virtualização do projeto do estudo de caso, o cronograma do *Ms Projec*t foi utilizado na aba *TimeLine*, sendo observadas as etapas de construção por meio da simulação 4D, conforme a Figura 06 abaixo, o trouxe a diminuição de esforços na visualização e interpretação do planejamento, afirmando um melhoria na visibilidade

detalhada e como uma solução inovadora para superar as deficiências das práticas atuais.

Figura 06: Processo de validação do *Framework* com um modelo do estudo de caso com *TimeLine* no *Navisworks* e o cronograma no *Ms Project*.



Fonte: os autores.

CONCLUSÃO

Neste estudo, foi elaborado um *framework* para apoiar o processo de planejamento, adotando ferramentas BIM 4D com o foco em um projeto de habitação de interesse social que simulou a sua execução.

Foi elaborada nesta pesquisa a preparação para o planejamento BIM 4D com a modelagem 3D, detecção de interferências, elaboração de estrutura analítica de projeto - EAP e cronograma, de um projeto da Caixa Econômica Federal de 42m² de habitação de interesse social.

No processo de desenvolvimento dos modelos, estes foram criados com o interesse no planejamento, em que alguns cuidados foram necessários, como por exemplo o uso de paredes compostas e paredes cebolas, inserção de parâmetros compartilhados, entre outros. com os modelos das disciplinas desenvolvidos e devidamente configurados foram exportados em NWD, o que representa no *framework* BIM 4D a preparação para a fase de pré-construção, ou seja, a virtualização onde o projeto é construído de forma virtual.

Nos modelos no Navisworks, uma detecção de interferências foi verificada, através da ferramenta clash detection, que são avaliadas interferências físicas entres elementos dos modelos elaborados. Havendo interferências há o retorno do relatório delas para correção. Após a checagem estar em conformidade, a próxima verificação era através da simulação do clash dinâmico.

Como contribuições desta pesquisa destacam-se:

(a) o aumento da qualidade do projeto, por meio de uma visão detalhada do projeto em um ambiente virtual, permitindo melhor compreensão do projeto para as equipes da obra;

(b) processos mais precisos para o planejamento e controle de obras, com a elaboração de planos mais adequados e possibilita aos modelos desempenhar papel ativo na avaliação de sequências de construção;

(c) evitar erros de projeto e problemas potenciais antes da execução que eventualmente levem ao retrabalho, através da detecção dos conflito entre as disciplinas dos modelos;

(d) modelos 4D com visibilidade detalhada que atuam como uma solução inovadora para superar as deficiências das práticas atuais, que não fornecem informações suficientes referentes ao contexto espacial e a complexidade dos componentes de um projeto, resultando em uma representação abstrata do planejamento;

(e) utilização de estrutura do framework para qualquer tipo de planejamento BIM 4D, seguindo o fluxo estabelecido desde a definição de softwares até a fase de execução;

(f) melhoria na colaboração entre todos os envolvidos no projeto, uma vez que, é necessária a integração e comunicação destes ainda na fase de pré-construção para identificação de possíveis conflitos e interferências de espaço e tempo durante a construção;

(g) diminuição dos esforços para o entendimento, interpretação e visualização do planejamento do projeto.

No *framework* BIM 4D proposto nesta pesquisa foi possível obter uma visualização do progresso do projeto por meio da comparação entre o progresso estipulado e o progresso real do projeto obtidos através da simulação 4D.

A principal limitação do artigo foi não aplicar o *framework* na fase de execução. Para este tipo de projeto comumente se é executado em conjunto com outras casas e são necessários outros atores envolvidos, como a inserção de equipamentos, elementos de canteiro e recursos para análises do planejamento. Uma outra necessidade vista foi a realização de comparação e visualização do progresso do projeto por meio da comparação entre o progresso estipulado e o progresso real do projeto obtidos através da simulação 4D, com base no planejamento realizado antes da execução deste projeto.

REFERÊNCIAS

[1] BIOTTO, C. FORMOSO, C.; ISATTO, E. Uso de modelagem 4D e Building Information Modeling na gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção. Ambiente Construído, v. 15, p. 79-96, 2015.

[2] MARTINS, S. et al. Evaluation of 4D BIM tools applicability in construction planning efficiency. InternationalJournal of Construction Management, v.22,n. 15, p. 2987-3000, 2022.

[3] BRITO, D.; FERREIRA, E. Evaluation of strategies for representation and analysis of construction planning and control using 4D BIM models. Ambiente Construído, v. 15, p. 203-223, 2015.

[4] CROWTHER, J.; AJAYI, S. Impact Of 4D BIM on construction project performance.International Journal of Construction Management, v.21, n.7, p. 724-737, 2021

[5] LAUFER, A. et al.President preconstruction planning process. Journal Of construction engineering and management,v.119,n.3,p.426-444, 1993.

[6] SILVA, P. 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.e 019010,feb.2019.ISSN 1980-6809. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8650258>. Acesso em: 18 junho de 2023.

[7] CIC-COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION Research Program. BIM Project Execution Planning Guide.Version 2.1,The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA. 2011. Disponível em: <http://bim.psu.edu>. Acesso em:15 de junho de 2023.

[8] EASTMAN, C. BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers,designers,engineers and contractors.John Wiley & Sons, 2011.

[9] VA- U.S.DEPARTMENT OF VETERANS AFFAIRS. TheVABIMGuide.v.1.0, Washington: VA,2010.

[10] CBIC-CÂMARA BRASILEIRA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Coletânea Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras: volume 5 formas de contratação BIM. Brasília: CBIC, 2016.

[11] WANG, W. et al. Integrating building information models with construction process simulations for project scheduling support. Automation in construction, v. 37, p. 68-80, 2014.

[12] ALLEN, C.; SMALLWOOD, J. Improving construction planning through 4D planning. Journal Of Engineering, Design and Technology, v.6, n.1, p. 7-20, 2008.

[13] MARTINS, S. et al. Evaluation of 4D BIM tools applicability in construction planning efficiency. International Journal of Construction Management, v. 22, n. 15, p. 2987-3000, 2022.

[14] SLOOT, R.; HEUTINK, A.; VOORDIJK, J. Assessing usefulness of 4D BIM tools in risk mitigation strategies. Automation in Construction, v. 106, p. 102881, 2019.

[15] CHAHROUR, R. et al. Cost-benefit analysis of BIM-enabled design clash detection and resolution. Construction Management and Economics, v.39, n.1, p.55-72,2021.

[16] VARGAS, F.FORMOSO, C. Method for location-based production planning and control supported by BIM. Ambiente Construído,v.20,p.129-151,2020.

[17] KOSKELA, L.; HOWELL, G. The underlying theory of project management is obsolete. In: Proceedings Of the PMI research conference. PMI,2002. p.293- 302.

[18] RASHIDI, A. et al. Construction planning through 4D BIM-based virtual reality for light steel framing building projects. Smart and Sustainable Built Environment, v. 12, n. 5, p. 1153-1173, 2023.

[19] GLEDSON, B.; GREENWOOD, D. The adoption of 4D BIM in the UK construction industry: an innovation diffusion approach. Engineering, Construction and Architectural Management, v. 24, n. 6, p. 950-967, 2017.

[20] CHAREF, R.; ALAKA, H.; EMMITT, S. Beyond the third dimension of BIM: A systematic review of literature and assessment of professional views. Journal of Building Engineering, v. 19, p. 242-257, 2018.

[21] HOSSEINI, M. et al. Analysis of citation networks in building information modeling research. Journal of Construction Engineering and Management, v. 144, n. 8, p. 04018064, 2018.

[22] SON,H.;KIM,C.; KWON CHO, Y. Automated schedule up date using as-built data and a 4D building information model. Journal of Management in Engineering, v. 33, n. 4, p. 04017012, 2017.

[23] KYMMELL, W. Building Information Modeling: planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations. New York: McGraw-Hill, 2008.

[24] MOON, H. et al. BIM-based construction scheduling method using optimization theory for reducing activity overlaps. Journal of Computing in Civil Engineering, v. 29, n. 3, p. 04014048, 2015.

[25] MA, Hui; ZHANG, Hongbin; CHANG, Peng. 4D-based workspace conflict detection in prefabricated building constructions. Journal of Construction Engineering and Management, v. 146, n. 9, p. 04020112, 2020.

[26] MIRZAEI, Ali et al. 4D-BIM dynamic time–space conflict detection and quantification system for building construction projects. Journal of construction engineering and management, v. 144, n. 7, p. 04018056, 2018.

[27] SCHEER, S. et al. On-site BIM model use to integrate 4D/5D activities and construction works: a case study on a Brazilian low income housing enterprise. In: Computing in Civil and Building Engineering (2014). 2014. p. 455-462.

[28] LI, H. et al. Virtual prototyping for planning bridge construction. Automation in construction, v. 27, p. 1-10, 2012.

[29] SACKS,R. et al. Manual De BIM: Um Guia de Modelagem da informação da Construção Para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores. Bookman Editora, 2021.

[30] ALTOQI. Orçamentação e planejamento de obras em BIM. Disponível em:<https://altoqi.com.br/visus>. Acesso em: 10 de agosto de 2023.

[31] BAIA, D. Uso de Ferramentas BIM para o Planejamento de Obras da Construção Civil. 2015. 117f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil Ambiental,Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

[32] ELGHAISH,F.;ABRISHAMI,S. Developing Framework To revolutionise the4D BIM process: IPD-based solution. Construction Innovation, v. 20, n. 3, p. 401- 420, 2020.

[33] NAFE ASSAFI,M. et al. Development and validation of a framework for preventing and mitigating construction delay using 4D BIM platform in Bangladeshi construction sector. Construction Innovation, 2022.

[34] BRITO, D.; FERREIRA, E. Evaluation of strategies for representation and analysis of construction planning and control using 4D BIM models. Ambiente Construído, v. 15, p. 203-223, 2015.

[35] SON,H.;KIM,C.;KWON CHO, Y. Automated Scheduleupdate Using As-built data and a 4D building information model. Journal of Management in Engineering, v. 33, n. 4, p. 04017012, 2017.

[36] GIESTA,J. etal. O uso da tecnologia BIM na quantificação e planejamento: estudo de caso de residência RN–Brasil. In: CONGRESSO PORTUGUÊS DE BUILDING INFORMATION MODELLING. 2018.

[37] SHEIKHKHOSHKAR,M. et al. Automated planning concrete joint layouts with 4D-BIM. Automation in construction, v. 107, p. 102943, 2019.

[38] DA MOTA BEZERRA, C.; RIBEIRO, S.. O PLANEJAMENTO E A ESTIMATIVA DE CUSTO NO AMBIENTE DE MODELAGEM BIM: UM ESTUDO DE CASO. 2020.

[39] MADRUGA, F.;RIBEIRO,S. O BIM aplicado no planejamento em obra de habitação de interesse social: estudo de caso. In: congresso português de building information modelling. 2020. p. 941-950.

[40] DODDS, Jason; JOHNSON, Scott. Mastering autodesk navisworks 2013. John Wiley & Sons, 2012.

[41] RITZ,G..;LEVY,S. Total Construction Project Management. NewYork,NY: McGraw-Hill, 1994.

[42] SOLOMON, P. (2005), “The essence of good planning – putting planning into context”. Disponivel em: <www.planningengineers.org/publications/papers.aspx#cat2>.Acesso em: 6 de junho de 2023

[43] KERZNER,H. Project Management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling. John Wiley & Sons, 2017.