

Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

APLICAÇÃO DA MODELAGEM BIM PARA FINS DE ORÇAMENTAÇÃO EM UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR NO BRASIL

APPLICATION OF BIM MODELING FOR BUDGETING PURPOSES IN A MULTI-FAMILY RESIDENTIAL BUILDING IN BRAZIL

APLICACIÓN DEL MODELADO BIM CON FINES PRESUPUESTARIOS EN EDIFICIO RESIDENCIAL PLURIFAMILIAR EN BRASIL

Giulia Curi Oliveira ¹, João Felipe dos Santos ², Ana Carolina Fernandes Maciel ^{3*}, & Bruno Barzellay Ferreira da Costa ⁴

^{1 2 3} Universidade Federal de Uberlândia ⁴ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Pólo Macaé.

¹ giuliacuri.engenharia@gmail.com ² engcivil.joaofelipe@gmail.com ³ anamaciel@ufu.br ⁴ bruno.barzellay@macae.ufrrj.br

ARTIGO INFO.

Publicado: 05.12.2024

PALAVRAS-CHAVE: BIM; Modelagem da Informação da Construção; Orçamento; Custo; BIM 5D.

KEYWORDS: BIM; Building Information Modeling; Budget; Cost; BIM 5D.

PALABRAS CLAVE: BIM; modelado da información da construcción; presupuesto; costo; BIM 5D.

*Autor Correspondente: Maciel, A. C. F.

RESUMO

O setor de arquitetura, engenharia e construção civil (AEC) desempenha papel crucial na economia global e enfrenta o desafio de adotar tecnologias inovadoras para otimizar seus processos. A metodologia BIM (Modelagem da Informação da Construção) surgiu para auxiliar no progresso das atividades dessa indústria. O presente trabalho aplicou a modelagem tridimensional e a orçamentação vinculada a este, em um estudo de caso, para avaliar os benefícios e desafios inerentes a aplicação do BIM em empreendimentos da construção civil. O estudo foi realizado com três disciplinas de projeto, em uma edificação residencial multifamiliar de quatro pavimentos, em Uberlândia-MG, utilizando o software Revit para as modelagens, o Navisworks para verificação de incompatibilidades e o plug-in OrçaBIM para orçamentação. Com este estudo pode-se concluir que o software Revit® demonstrou-se eficiente para a modelagem dos projetos arquitetônico e hidrossanitário, porém, com limitações para a modelagem estrutural, nas armaduras. Para compatibilização de projetos, o BIM demonstrou grande vantagem pois permitiu visualizar diversos problemas durante a etapa de modelagem. A inserção de informação ao modelo tridimensional foi de grande valia ao processo de orçamentação. Destacam-se como vantagens a extração automática de material e a atualização automática do orçamento frente a alterações no modelo.

ABSTRACT

The architecture, engineering and construction (AEC) sector plays a crucial role in the global economy and faces the challenge of adopting innovative technologies to optimize its processes. The Building Information Modelling (BIM) emerges as an auxiliary to the progress of this industry

activities. The present study applied 3D modelling and budgeting in a case study, to evaluate the benefits and challenges inherent to the application of BIM in civil construction undertakings. The study was conducted in three project disciplines, in a four-story multifamily residential building, in Uberlândia-MG, using Revit software to the modelling, Navisworks to the interference checking and the OrçaBIM plug-in to budgeting. This study demonstrate that Revit software was efficient to modelling architecture and hydro sanitary disciplines, but it showed some limitation regarding the structural model, specific to reinforcements. To the compatibilization step, the BIM demonstrate great benefit since it allowed visualization of several interferences during the modelling stage. The information input to the 3D model was of great value to the budgeting process, standing out the advantages of automatic extraction of material and the budget automatic update face up the model modifications.

RESUMEN

El sector de arquitectura, ingeniería y construcción (AEC) juega un papel crucial en la economía global y enfrenta el desafío de adoptar tecnologías innovadoras para optimizar sus procesos. La metodología BIM (Modelado de Información para la Construcción) surge para auxiliar en lo progreso de esta industria. Este trabajo aplico el modelaje tridimensional y la ornamentación vinculada a este en un estudio de caso, para valorar los beneficios y desafíos intrínsecos a la aplicación del BIM en emprendimientos de la construcción civil. Este estudio fue hecho en tres disciplinas de proyecto, en un edificio residencial plurifamiliar de cuatro pisos, en Uberlândia-MG, utilizando el Revit software para los modelos, el Navisworks para la verificación de incompatibilidades y el plug-in OrçaBIM para la ornamentación. Con este estudio es posible concluir que el software Revit es demostró eficiente para el modelaje de los proyectos arquitectónico e hidrosanitario, pero, con limitaciones para el modelaje estructural, en las armaduras. Para la compatibilización de proyectos, el BIM demuestro gran ventaja porque permitió la visualización de diversos problemas durante la etapa de modelaje. La inserción de información en el modelo fue muy importante para el proceso de ornamentación. Destaca como ventaja la extracción automática de material y la actualización automática del presupuesto contra los cambios del modelo.

INTRODUÇÃO

A construção civil ocupa papel crucial na economia global e enfrenta o desafio de adotar tecnologias inovadoras para otimizar seus processos. Nas últimas décadas, com o aumento da competitividade no setor, é crescente a pressão por soluções que influenciem positivamente o desempenho e a qualidade das obras. Neste contexto, problemas crônicos desta indústria demandam atenção, tais como, a ausência de interoperabilidade entre os sistemas, a falta de integração entre as equipes, a incompatibilidade entre os projetos, a ineficiência dos sistemas de gestão, a deficiência dos levantamentos quantitativos de materiais, entre outros. Esses obstáculos frequentemente resultam em custos elevados, retrabalhos recorrentes e atrasos no cumprimento dos prazos estipulados.

A produção de edificações é reconhecida como uma atividade de alta complexidade devido a elevada quantidade de informações processadas durante as etapas de projeto, construção e operação. Sendo assim, o processo construtivo demanda uma equipe multidisciplinar. Porém, na prática, cada sistema predial, ou seja, estrutural, hidrossanitário, elétrico, dentre outros, é projetado e desenvolvido por equipes distintas, com pouca ou nenhuma permuta de informações. Consequentemente, esses conflitos geralmente são identificados apenas durante a fase de execução, o que compromete o desempenho geral da obra e eleva os custos. Essa colaboração, portanto, é fundamental para evitar incompatibilidades entre os projetos, que poderiam gerar conflitos no momento da execução, como a sobreposição de elementos ou a necessidade de retrabalho.

Segundo Eastman et al. (2014), considerando os aspectos supracitados e a relevância da indústria da construção civil tanto para países desenvolvidos quanto em desenvolvimento, torna-se essencial promover a evolução e a aplicação de tecnologias inovadoras. Essas tecnologias devem possibilitar a integração das equipes, garantir a interoperabilidade entre softwares, a compatibilização dos projetos e a extração de dados precisos da obra, como listas de materiais e orçamentos. Além disso, é crucial que permitam a atualização automática dos projetos sempre que houver modificações nesses elementos.

Nesse contexto, surgiu o Building Information Modelling (BIM) ou Modelagem da Informação da Construção, uma metodologia que utiliza modelos digitais parametrizados para planejar, projetar, construir e gerenciar edificações, incorporando informações detalhadas sobre os diversos componentes do projeto. O BIM promove a colaboração entre as disciplinas envolvidas, garantindo maior precisão, eficiência e integração em todas as etapas do ciclo de vida do empreendimento (Eastman et al., 2014).

A Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2020), sintetiza a definição de BIM proposta por Penttilä (2006) e Succar (2009), como sendo:

...um conjunto de políticas, processos e tecnologias que, combinados, geram uma metodologia para gerenciar o processo de projetar uma edificação ou instalação e ensaiar seu desempenho, gerenciar as suas informações e dados, utilizando plataformas digitais durante todo o seu ciclo de vida.

O BIM oferece muito mais que uma simples visualização da edificação em três dimensões, uma vez que os parâmetros atribuídos ao projeto possibilitam a gestão eficiente de informações ao longo de todo o ciclo de vida de uma edificação. Sendo assim, segundo Cardoso et al. (2012), a implementação do BIM é um crucial para o futuro desta indústria, pois permite a visualização antecipada e a prevenção de erros que podem surgir durante a execução de um projeto.

Conforme indicado acima, a dificuldade com o fluxo de informações na etapa de projeto, especialmente no que diz respeito à transparência dos dados documentados e à falta de comunicação entre as equipes, reflete diretamente na etapa de execução da obra. Por isso, Melhado (2005) já indicava há quase duas décadas, que é necessária a criação de novas tecnologias que auxiliem os profissionais do setor a superar estas adversidades.

Neste contexto, pode-se verificar que as vantagens auferidas com o uso do BIM não se restringem à etapa de projeto. Durante o planejamento do empreendimento, o BIM facilita a análise de viabilidade e a identificação prévia de possíveis conflitos entre sistemas prediais. A etapa de execução dos projetos com o uso do BIM promove a colaboração entre as diferentes disciplinas em tempo real, de forma que as equipes trabalhem no mesmo arquivo base, evitando que um profissional altere o projeto e os demais projetistas não fiquem cientes dessa alteração (de Paula et al., 2017). Além disso, também é possível a extração de dados atualizados automaticamente, otimizando a eficiência do trabalho em equipe e evitando retrabalho (Rech & Luqui, 2012). Na etapa de construção, o BIM contribui para a coordenação das equipes, ajudando a gerenciar cronogramas, recursos e custos em tempo real. Consequentemente, segundo Campestrini et al. (2015), a gestão eficaz das informações durante o desenvolvimento de projetos impacta diretamente na qualidade do produto final, sendo crucial que essas informações estejam acessíveis aos profissionais em todas as fases do projeto.

Carneiro et al. (2021), em seu artigo de revisão sistemática da literatura, concluíram que os benefícios do uso do BIM superam os desafios de sua implantação. Sendo assim, classificaram os benefícios do uso das metodologias BIM 4D e 5D nas etapas de gerenciamento e planejamento de obras (Tabela 1).

Tabela 1. Benefícios do uso do BIM 4D e 5D no planejamento e gerenciamento de obras

Item	Benefício	Frequência
1	Melhoria na interoperabilidade entre equipes	12%
2	Otimização do cronograma	12%
3	Redução das incompatibilidades e conflitos entre projetos	12%
4	Elevado nível de confiabilidade no projeto	11%
5	Controle visual de obras	11%
6	Análise de recursos e produtividade mais eficiente	10%
7	Extração de quantitativos automático	5%
8	Melhora nas tomadas de decisão	5%
9	Redução de custos	4%
10	Integração e automação do sistema de monitoramento	3%
11	Melhoria do arranjo físico e logístico do canteiro	3%
12	Redução de impactos ambientais	2,5%
13	Simulação do processo construtivo	2,5%
14	Redução de retrabalhos	2%
15	Redução de mão-de-obra ociosa	2%

O apoio governamental é crucial para que a tecnologia BIM se dissemine de forma contínua e fluída. Na Europa e na América do Norte já existem países cujos governos estão utilizando de seu grande poder de compra para introduzir o Building Information Modeling no processo de contratação de projetos que utilizam recursos públicos. Apesar de ser um nicho específico, a experiência destes países pioneiros indica que o setor privado costuma acompanhar o impulso governamental. Por conseguinte, o impacto das políticas públicas extrapolam o âmbito governamental, influenciando todo o setor da construção civil. No Brasil, o Decreto nº 9.377 (2018), que institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling no Brasil – Estratégia BIM BR, tem como finalidade promover um ambiente adequado ao investimento em BIM e sua difusão no país.

Uma das grandes vantagens do Building Information Modeling, é a simplificação do processo de compatibilização de projetos. Tendo em vista que a detecção de interferências é realizada de forma automática pelo software, pode-se afirmar que os resultados são gerados de maneira muito mais ágil e precisa que o processo tradicional de sobreposição de plantas bidimensionais. Neste contexto, Maciel et al. (2022) desenvolveram um estudo comparativo da metodologia tradicional e BIM para compatibilização de projetos e confirmam a afirmação acima. Os resultados da pesquisa indicam que a utilização da detecção de interferências por meio de aplicativos especializados obteve uma eficácia muito superior ao método convencional. Para aplicar a compatibilização de projetos em BIM é necessário compilar os diferentes modelos em um único, denominado Modelo Federado, por meio de ferramentas específicas de coordenação, revisão e análise de interferências (Lowe & Muncey, 2009).

O BIM 5D é uma extensão da metodologia Building Information Modeling que, além de integrar informações geométricas e funcionais (BIM 3D) e dados relacionados ao tempo (BIM 4D), incorpora a dimensão financeira ao modelo. Isso significa que o BIM 5D permite vincular dados de custos diretamente aos elementos do projeto, como materiais, mão de obra e serviços, proporcionando uma visão detalhada e dinâmica do orçamento. É importante destacar, no entanto, que os softwares BIM, atualmente, não apresentam a funcionalidade de geração do orçamento. Ou seja, eles auxiliam somente na extração do quantitativo dos serviços a serem executados, e permitem a vinculação de custos unitários aos mesmos. O BIM 5D é, portanto, uma ferramenta estratégica para melhorar o controle financeiro e a eficiência em projetos de construção, alinhando custos, cronogramas e qualidade.

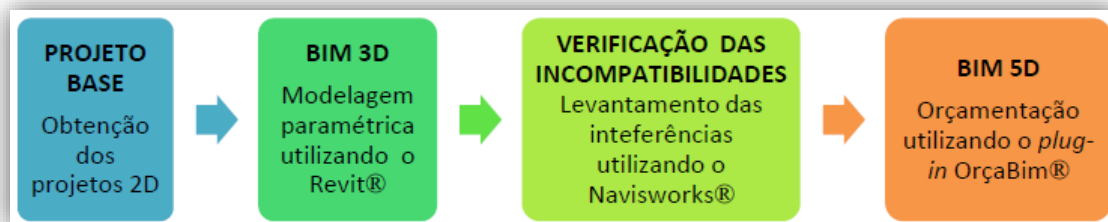
Este trabalho teve como objetivo apresentar as vantagens e desafios que a tecnologia BIM pode proporcionar ao ser aplicada em empreendimentos da construção civil, por meio da utilização de ferramentas 3D e 5D na aplicação em um estudo de caso, com a modelagem paramétrica de projetos existentes, compatibilização entre esses e orçamentação com uso de uma plataforma virtual integrada.

METODOLOGIA

Para cumprir com o objetivo proposto adotou-se a metodologia de estudo de caso de uma edificação residencial multifamiliar. Para isso utilizou-se o software Revit® para desenvolver a modelagem paramétrica 3D das disciplinas arquitetônica, estrutural e hidrossanitária dos

projetos 2D obtidos em CAD. Posteriormente, realizou-se a verificação das incompatibilidades utilizando o software Navisworks®, na sequência, procedeu-se com as correções no Revit® e elaborou-se o orçamento do projeto com o auxílio do plug-in OrçaBim® (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma metodológico



Fonte: Autores (2024).

O empreendimento analisado é uma edificação residencial multifamiliar localizada na cidade de Uberlândia – MG, com uma torre com quatro pavimentos, sendo o térreo composto por vagas de garagem, playground, depósito de resíduos e um banheiro de serviço. Os três pavimentos tipo contam com dois apartamentos de aproximadamente 78,30m² cada, totalizando seis unidades habitacionais (Figura 2). Cada apartamento, possui uma suíte, dois quartos, um banheiro, varanda, sala de estar/ jantar, cozinha e lavanderia. Cabe ressaltar que no momento que o estudo foi realizado a edificação já estava concluída.

Figura 2. Planta Baixa do Pavimento Tipo



Fonte: Autores (2024).

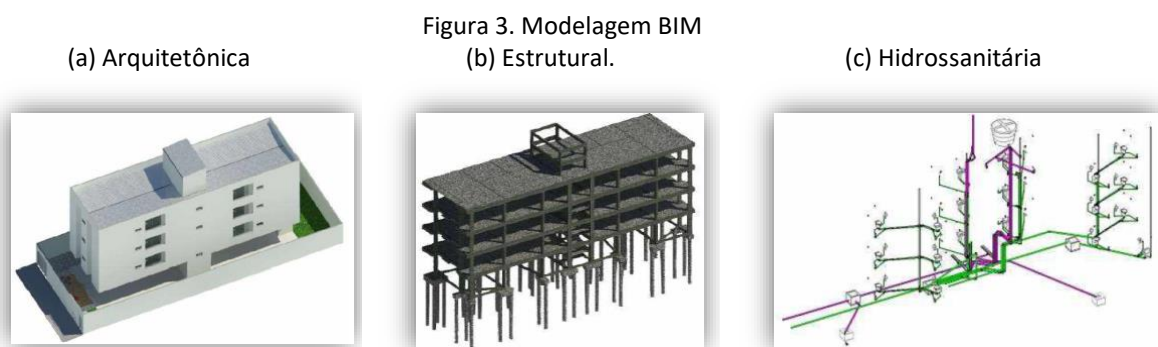
Os projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário foram obtidos em desenho CAD 2D e modelados em BIM. Sendo estes os sistemas prediais basilares para a construção de um edifício e, normalmente, aqueles com maior grau de interferência entre si, optou-se por sua utilização nesta pesquisa. Apesar da ampla gama de softwares BIM disponíveis para o desenvolvimento de cada um dos projetos, e considerando que não é o objetivo deste estudo analisar possíveis intercorrências em termos de interoperabilidade entre diferentes ferramentas computacionais, optou-se por utilizar um único software, o Autodesk Revit®. Sua interface amigável, a disponibilização de licenças educacionais gratuitas por seu fornecedor e o suporte de uma comunidade ativa de usuários, facilitando a obtenção de cursos e tutoriais gratuitos, foram fatores determinantes para a seleção desta ferramenta. Ainda, o software fornece biblioteca de objetos específica para instalações mecânicas, elétricas e hidrossanitárias, proporcionando ao projetista alto nível de detalhamento.

APLICAÇÃO PRÁTICA

Para a aplicação prática, através do estudo de caso, iniciou-se com a modelagem arquitetônica, conforme Figura 3a, onde foram virtualmente construídas as paredes, esquadrias, pisos, rodapés, soleiras, bancadas, cobertura (telhas e calhas) e calçada. Esse processo envolveu também o detalhamento de outros elementos, tais como a definição das camadas das alvenarias e dos pisos, especificando-se as espessuras e materiais utilizados na construção, o que se faz necessário para posterior extração de quantitativos e orçamentação.

Na sequência, realizou-se a modelagem do projeto estrutural, conforme Figura 3b. Para isso, vinculou-se o arquivo ao modelo arquitetônico, e depois foi realizada a modelagem dos elementos de concreto da fundação (estacas, blocos e vigas baldrame) e da supra estrutura (pilares, vigas, lajes e escadas). A maior parte das armaduras foi modelada, visto que seu quantitativo é de grande importância para o orçamento. Entretanto, não foi possível modelar a armadura das estacas, pois o software ainda não dispõe deste recurso. A modelagem das vigas alavancas, lajes e escada também não foi realizada, devido às limitações de hardware. Para esses casos, baseou-se na tabela de resumo do aço, presente no projeto base, para quantificar o aço utilizado. Nas peças onde foi possível fazer a modelagem, detalharam-se as barras longitudinais e os estribos com seus respectivos comprimentos e bitolas. Esse processo foi executado para todas as vigas baldrame, blocos de fundação, vigas e pilares.

A última modelagem foi a do projeto hidrossanitário, utilizando o modelo arquitetônico e estrutural vinculados, iniciando-se pelo sistema de água fria, por meio da inserção dos tubos e conexões de PVC soldável, conexões com bucha de latão nos locais onde existe entrada de água, registros, torneiras, reservatórios de água e o hidrômetro. Na sequência a modelagem do sistema de esgotamento sanitário (Figura 3c), onde foram adicionadas as tubulações, os sifões, os tanques e cubas, colunas de ventilação, caixas sifonadas, de passagem e de gordura. Por fim, realizou-se a modelagem do sistema de águas pluviais, inserindo as tubulações e conectando-as nas calhas e caixas de passagem.



Fonte: Autores (2024).

A verificação das incompatibilidades foi realizada durante dois estágios. No primeiro foi possível verificar as interferências durante a própria modelagem. Em seguida, com todas as modelagens finalizadas, foi utilizado o software Navisworks® de forma a realizar a análise das interferências entre os projetos arquitetônico e estrutural, depois entre os projetos arquitetônico e hidrossanitário e por fim, entre o projeto estrutural e hidrossanitário. Na

aplicação do software utilizou-se a ferramenta *Clash Detection* (Detecção de Colisão) que sinaliza os conflitos existentes de forma automatizada. Uma vez verificadas as incompatibilidades os modelos foram ajustados a fim de eliminá-las.

A última etapa desta pesquisa foi a orçamentação dos projetos modelados, utilizando-se o plug-in OrçaBim®, vinculado à plataforma OrçaFascio® para o Revit. O OrçaFascio® é uma plataforma online que permite adicionar composições baseadas em diversos bancos de composições de custos. Para esse trabalho utilizaram-se as bases de dados SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) para o estado de Minas Gerais referente ao período de março/2021, e do SETOP-MG (Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas) da região do Triângulo e Alto Paranaíba, referente ao período de janeiro/2021. Em alguns casos, houve necessidade de criar novas composições, que foram elaboradas com base em composições similares, alterando somente o valor do insumo em questão. Além disso, foi considerado o BDI (Benefícios e Despesas Indiretas) de 30% e encargos sociais não desonerados.

Inicialmente, foi elaborada uma Estrutura Analítica do Projeto (EAP) e uma lista de atividades para orientar as fases do orçamento. A EAP, cujo propósito é organizar e proporcionar uma visão clara das principais entregas do projeto, foi subdividida em serviços preliminares, fundação, estrutura, vedação, instalações hidrossanitárias, cobertura, revestimento, esquadrias, acabamento, instalações complementares e serviços finais. Para dar início à orçamentação, criou-se um novo arquivo no Revit® e os três projetos modelados (arquitetônico, estrutural e hidrossanitário) foram integrados. No plug-in OrçaBim®, foram selecionadas as composições mais adequadas às etapas da lista de atividades.

O preenchimento dos quantitativos para cada composição foi realizado utilizando a ferramenta "editor de critérios", que permitiu selecionar subcritérios como categorias, materiais e até criar fórmulas para a extração automática desses valores, com a possibilidade de aplicar filtros quando necessário. Na maioria dos casos, o critério adotado foi o de categoria, com filtros por família e parâmetros de tamanho. Para composições de paredes e pisos, foi utilizado o critério material. Em situações específicas, como para vergalhões, formas e algumas esquadrias, optou-se pelo critério fórmula.

No caso específico dos vergalhões, o levantamento da quantidade de aço foi feito em quilogramas (Kg), mas não havia parâmetros com essa unidade de medida no projeto. Assim, foi necessário retornar ao projeto estrutural e adicionar novos parâmetros às famílias das barras de aço, como o peso linear e o hospedeiro. Os valores de peso linear foram baseados no catálogo da Gerdau®. Após isso, no OrçaBim®, utilizou-se o critério de fórmula no editor de critérios para calcular a quantidade de aço em Kg, multiplicando o peso linear pelo comprimento total. No orçamento, não foram considerados os custos relacionados ao corte, aterro, fundação e elementos estruturais do muro e do reservatório, uma vez que esses itens não estavam presentes nos projetos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a modelagem do projeto arquitetônico, foi observada a falta de uma janela na lavanderia, o que é exigido pelo Artigo 53 da Lei Complementar Nº 524 do município de Uberlândia, onde o estudo de caso foi realizado. Essa lei estabelece que a área das aberturas para insolação e iluminação deve ser, no mínimo, $1/8$ da área do compartimento, se o espaço for de permanência transitória. Considerando que a cozinha e a lavanderia são integradas e juntas totalizam cerca de $9,5 \text{ m}^2$, a janela existente na cozinha, com dimensões de $1,00 \times 1,10 \text{ m}$ ($1,10 \text{ m}^2$), não seria suficiente. Assim, foi adicionada uma janela de $1,00 \times 1,10 \text{ m}$ também na lavanderia.

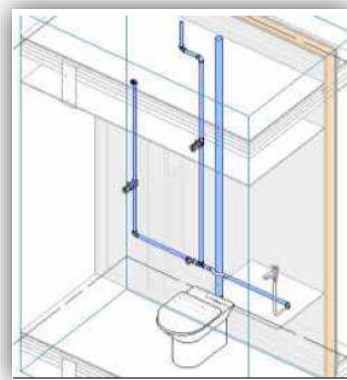
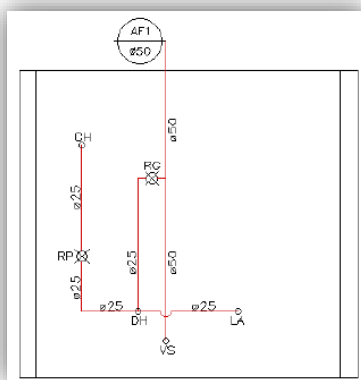
No projeto hidrossanitário, foram identificados alguns aspectos passíveis de aprimoramento. Um deles diz respeito ao fato de, no projeto original, ter sido utilizada a mesma coluna de água para alimentar tanto o vaso sanitário com válvula de descarga quanto outros aparelhos hidrossanitários. Essa prática contraria a recomendação da norma NBR 5626 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2020), que orienta a criação de sistemas independentes de distribuição para instalações prediais que envolvem componentes de alta vazão, como a válvula de descarga de bacia sanitária.

Como medida corretiva, foi incorporada uma nova coluna, enquanto a derivação antiga foi removida (Figura 4). Contudo, vale ressaltar que, apesar das modificações, a utilização de vaso sanitário com válvula de descarga não é comum em edifícios de múltiplos andares.

Figura 4. Sistema de água fria

(a) Projeto original.

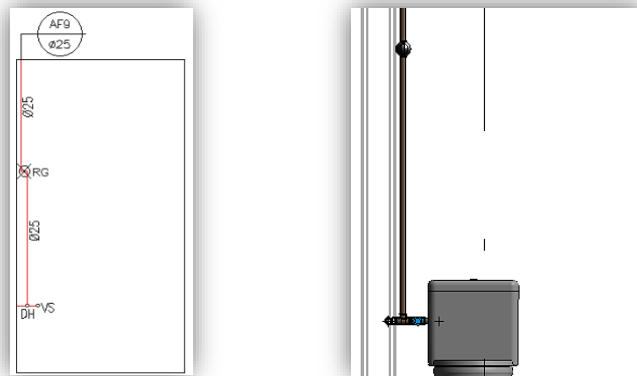
(b) Modelagem BIM.



Fonte: Autores (2024).

No banheiro de funcionários, situado no térreo, foi identificado um problema no posicionamento de um registro de gaveta, que estava entre dois joelhos. Caso as medidas do projeto fossem seguidas, a instalação não seria viável no local indicado. Além disso, a coluna de água estava posicionada de maneira que a entrada da água para a ducha higiênica ficaria em uma interseção, tornando a execução impossível. Como solução, os joelhos foram removidos, permitindo que a coluna seguisse de forma vertical sem derivações horizontais, o que possibilitou realocar o registro e manter a posição da ducha higiênica conforme o indicado no isométrico (Figura 5). Na cozinha, foi notada a falta de um ponto de entrada de água para o filtro, que foi então adicionado por meio de um “tê” com bucha de latão.

Figura 5. Sistema de água fria do banheiro dos funcionários
(a) Projeto original (b) Modelagem BIM



Fonte: Autores (2024).

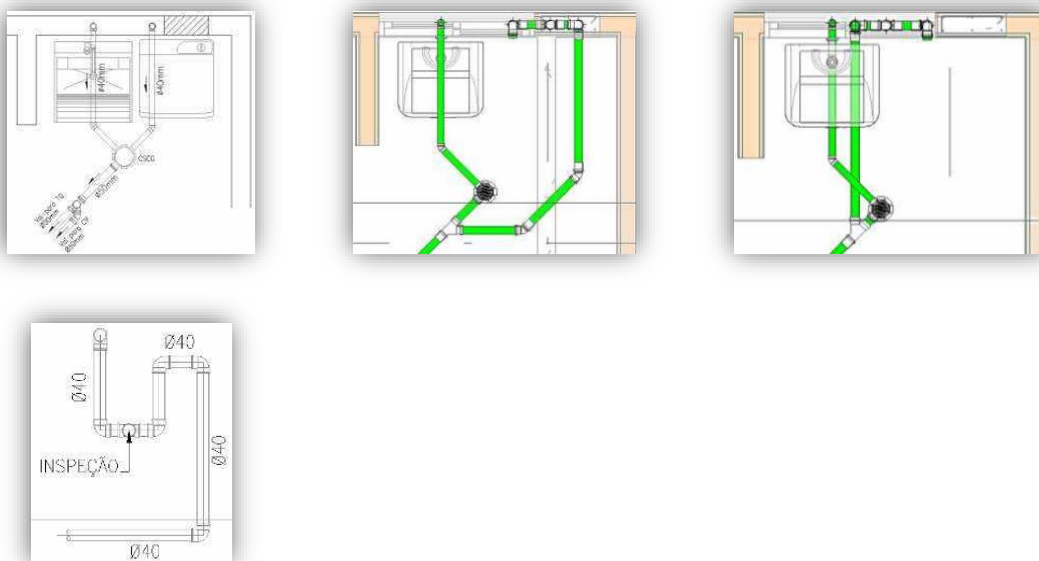
Durante a modelagem da rede de esgoto na área de serviço, foram identificadas algumas necessidades de ajustes. A planta baixa não contemplava o sistema de inspeção indicado no detalhamento da máquina de lavar roupas, como ilustrado na Figura 6a. Além disso, conforme a NBR 8160, as tubulações de esgoto para esse eletrodoméstico devem ter diâmetro de 50 mm (ABNT, 1999). Como solução, a rede de esgoto da máquina de lavar foi remodelada de acordo com o detalhamento, e o diâmetro da tubulação foi ajustado. Optou-se por conectar o esgoto da máquina ao trecho posterior à caixa sifonada, uma vez que a entrada de 50 mm não estava disponível nessa caixa, como mostrado na Figura 6b. Contudo, foi observado que essa tubulação estava interferindo com o pilar. Para resolver essa incompatibilidade, o sistema foi invertido horizontalmente, permitindo que a tubulação ficasse posicionada atrás do tanque (Figura 6c).

Figura 6. Sistema de esgoto da área de serviço

(a) Projeto original.

(b) Modelagem inicial.

(c) Modelagem corrigida



Fonte: Autores (2024).

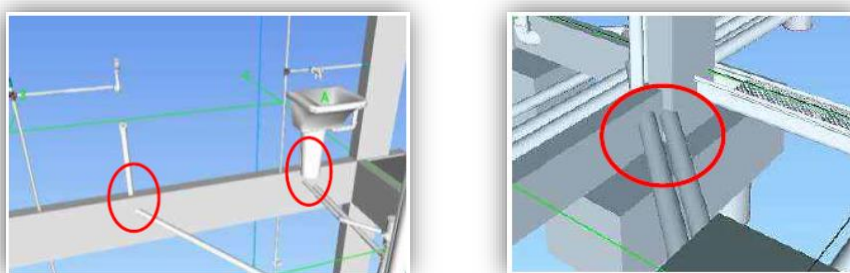
Apesar dos elementos supracitados constituírem inconsistências de projeto, independentes da utilização do BIM, entende-se que a modelagem destes elementos permite a verificação

prévia destas inconsistências, de forma que possam ser sanadas ainda na etapa de projeto. Caso contrário, só serão visualizadas durante a execução dos serviços, podendo causar interrupções, atrasos e retrabalho.

LEVANTAMENTO DAS INCOMPATIBILIDADES

Durante a modelagem no Revit®, foi possível detectar alguns conflitos entre as diferentes disciplinas de projeto. Contudo, as soluções eram de fácil aplicação, tais como rebaixamento e desvio de tubulações. As soluções foram aplicadas durante a modelagem, considerando suas alterações no orçamento. No entanto, algumas incompatibilidades só puderam ser observadas por meio de análise utilizando o software Navisworks®, especialmente no que diz respeito aos conflitos entre projeto estrutural e hidrossanitário (Figura 7).

Figura 7. Incompatibilidades entre projetos estrutural e hidrossanitário
(a) (b)



Fonte: Autores (2024)

De acordo com a norma NBR 6118 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2014), que trata do "Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento", as aberturas em vigas, localizadas em seu plano principal, como os furos destinados à passagem de tubulações verticais, não devem ter diâmetros superiores a 1/3 da largura das vigas nas áreas em que esses furos estão posicionados.

Nos exemplos apresentados na Figura 7, as vigas possuem 12cm de largura e as tubulações 50 mm de diâmetro (Figura 7a), portanto, não atendem a normativa citada e foram consideradas como incompatibilidades entre hidrossanitário e estrutural. A solução adotada foi desviar a tubulação da viga. Outro conflito observado foi entre as tubulações de esgoto e pilares estruturais (Figura 7b). Para solucionar essa interferência, foram alterados os caminhos das tubulações, desviando dos pilares e passando por baixo das vigas baldrames.

ORÇAMENTAÇÃO

Com base nos quantitativos extraídos automaticamente dos projetos modelados, foi possível elaborar a planilha orçamentária de custos diretos da obra. Nela, são detalhadas as composições utilizadas, as quantidades, os preços unitários, os valores com a aplicação do BDI e o custo total de cada subetapa. O custo total estimado da obra, considerando apenas os projetos abordados neste estudo de caso, foi de R\$ 1.100.426,03. A Tabela 2 apresenta, para cada etapa, o custo direto e o percentual correspondente ao custo total da obra. Nota-se que as etapas da obra que, somadas, representam cerca de 80% do custo total são: estrutura, vedação, fundação, revestimento e acabamento.

Tabela 2. Percentual das etapas ordenadas do maior para o menor custo direto

Item	Etapas	Custo Total (R\$)	Custo Total (%)	Custo Acumulado (%)
3	Estrutura	312.490,90	28,40	28,4
4	Vedação	181.789,32	16,52	44,9
2	Fundação	134.036,62	12,18	57,1
7	Revestimento	120.799,86	10,98	68,1
9	Acabamento	118.044,25	10,73	78,8
8	Esquadrias	77.667,99	7,06	85,9
1	Serviços Preliminares	72.184,04	6,56	92,4
5	Instalações hidrossanitárias	46.208,27	4,20	96,6
6	Cobertura	19.892,38	1,81	98,4
11	Serviços finais	12.085,96	1,10	99,5
10	Instalações complementares	5.226,44	0,47	100

Fonte: Autores (2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no estudo de caso analisado neste trabalho, foi possível criar a representação tridimensional dos projetos de um empreendimento residencial multifamiliar utilizando o software Revit®. A ferramenta demonstrou ser eficiente na modelagem dos projetos de arquitetura e instalações hidrossanitárias. Contudo, apresentou limitações na disciplina estrutural, especialmente no que diz respeito à modelagem das armaduras. No contexto da modelagem 3D BIM, destaca-se a vantagem proporcionada pela parametrização. A atribuição de características aos elementos modelados contribuiu significativamente para o processo de orçamentação, além de facilitar o fornecimento de informações relevantes ao canteiro de obras durante a fase de execução. A integração dos projetos viabilizada pelo BIM destaca-se por permitir a visualização conjunta dos elementos, contribuindo para evitar lacunas, como a ausência de projetos relacionados à fundação e à estrutura de componentes como muros e reservatórios.

Entre as vantagens do uso da tecnologia BIM na identificação de incompatibilidades de projeto, destaca-se a capacidade de prever conflitos construtivos que, em métodos tradicionais, são frequentemente detectados apenas durante a execução da obra. Ressalta-se também que o software possibilita a identificação dessas incompatibilidades de maneira automatizada. A identificação precoce desses conflitos construtivos contribui para a economia de tempo e recursos, pois, caso sejam detectados apenas na fase de execução, podem gerar retrabalhos, desperdício de materiais e elevação dos custos.

Em relação ao modelo 5D criado, esta pesquisa destaca os seguintes benefícios: extração automática dos quantitativos de material e atualização automática quando se tem alterações no projeto.

A tecnologia BIM facilita significativamente o processo de orçamentação, mostrando-se precisa e eficiente. No entanto, sua eficácia é maximizada quando todos os projetos são desenvolvidos utilizando essa metodologia. Para garantir isso, é essencial que as empresas que adotam o BIM estabeleçam padrões claros para o recebimento dos projetos. Caso, por exemplo, o arquiteto elabore o projeto em CAD e o projetista hidrossanitário utilize BIM, será necessário retrabalhar o modelo arquitetônico, o que diminui a vantagem da metodologia e compromete os benefícios de compatibilização e orçamentação.

Em virtude das limitações encontradas na modelagem estrutural utilizando o software Revit®, recomenda-se investigar a interoperabilidade com outros programas de modelagem BIM voltados para a área estrutural, a fim de identificar alternativas que proporcionem maior facilidade no dimensionamento e na criação do modelo, como os softwares Eberick e TQS, por exemplo.

REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1999). NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário - projeto e execução. Rio de Janeiro, RJ: ABNT. Recuperado de <https://www.abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=TFJ0dkN6aGtsbWNwOFZJQjZoN2E3NjM4SUFODODJ2UFFGZ2ttdVlmeHNXTT0=>
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2014). Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, RJ: ABNT. Recuperado de <https://www.abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=U3JENHZueEVFaDdHSGUzyczZycENCaGpCN05PUDcOL2ZiWkhybWFOROordz0=>
- ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. (2020). Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro, RJ: ABNT. Recuperado de <https://www.abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=U3RDSi9TSHpnQTd1bTJXa0tLQnd0bGppdk9CZ2gxUHN5NIJVNVPK1Nhaz0=>
- CBIC, Câmara Brasileira Da Indústria Da Construção. (2020). PIB reforça importância da construção civil para a retomada da economia. Recuperado de: <https://cbic.org.br/piib-reforca-importancia-da-construcao-civil-para-a-retomada-da-economia>
- Campestrini, T., Garrido, M., Mendes JR., R., Scheer, S., & Freitas, M. (2015). Entendendo BIM: Uma visão do projeto de construção sob o foco da informação. Curitiba, PR, Brasil: UFPR.
- Cardoso, A., Maia, B., Santos, D., Neves, J., & Martins, M. (2012). BIM: O que é? [Dissertação de Mestrado, Faculdade do Porto]. Porto, Portugal. Recuperado de https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/bestof/12_13/fil/es/REL_12MC08_01.PDF
- Carneiro, N., Maciel, A., Vaz, C., & Araujo, A. (2021). O uso da metodologia BIM 4D e 5D para o gerenciamento e planejamento de obras: Uma Revisão Sistemática da Literatura. Anais do VII Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto do Ambiente Construído (pp. 1-10). Londrina, PR, Brasil: SBQP. <https://doi.org/10.29327/sbqp2021.438152>
- De Paula, H. M., Rodrigues, K. C., Mesquita, H. D., & Eduardo, R. C. (2017). Mapeamento Sistemático de Referências do Uso do BIM na Compatibilização de Projetos da Construção Civil. REEC - revista Eletrônica de Engenharia Civil, 13(1), 219-239. <https://doi.org/10.5216/reec.v13i1.45014>
- DECRETO Nº 9.377. (2018). Institui A Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling. Recuperado de <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/Decret/2018/Decreto-9377-17-Maio-2018-786731-Publicacaooriginal-155623-Pe.html>
- Eastman, C., Liston, K., Teicholz, P., & Sacks, R. (2014). Manual de BIM: um guia para modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. (Ayres Filho, C. G., César Júnior, K. M., Ferreira, R. C., & Santos, E. T. Trans.) Porto Alegre, RS, Brasil: Bookman.
- Lowe, R., & Muncey, J. (2009). Consensus DOC 301 BIM Addendum. Recuperado de <http://unh.edu/purchasing/CD301%20-%20BIM%20Addendum.pdf>
- Maciel, A. C., Souza, D. A., & Oliveira, P. H. (2022). Detecção de incompatibilidades de projetos entre metodologia convencional 2D e BIM: um estudo comparativo. Revista de Gestão e Projetos (GeP), 13(3), 97-116. <https://doi.org/10.5585/gep.v13i3.22337>
- Melhado, S. (2005). Coordenação de projetos de edificações. São Paulo, SP: Nome da Rosa Editora.
- Penttilä, H. (2006). Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression. Electronic Journal of Information Technology in Construction, 11, 395-408. Recuperado de https://www.itcon.org/papers/2006_29.content.02253.pdf
- Rech, A. & Luqui, I. (2012). BIM: Aplicação em Projeto e Gerenciamento de Obras Industriais - AUBR 42. Brasil. Recuperado de https://damassets.autodesk.net/content/dam/au/Brasil-2014/documents/materialapoio/2012/AUBR-43_Apostila.pdf
- Succar, B. (2009). Building Information Modelling Framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, 18(3), 357-375. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>