

FLUXO DE TRABALHO PARA INTEGRAÇÃO DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO E SIMULAÇÃO DE PRAZO E CUSTO EM BIM NA PRODUÇÃO DE ALVENARIA

Carlos Francisco Minari Junior¹

<https://orcid.org/0000-0002-1812-5376>

Sheyla Mara Baptista Serra²

<https://orcid.org/0000-0002-9508-976X>

RESUMO

O atual cenário de inovação tecnológica, digital e organizacional impulsiona a aplicação do *Building Information Modeling* (BIM) como ferramenta para integrar as diferentes especialidades de projeto aos parâmetros de prazo e custo dos empreendimentos. Apesar dos avanços em sua adoção, ainda se observa a ausência de diretrizes para a concepção de modelos virtuais fundamentados nas premissas do planejamento e do orçamento da obra, comprometendo o uso eficiente dessas informações ao longo do processo de projeto. Embora as ferramentas digitais e os *softwares* disponíveis permitam a sincronização dos dados, os procedimentos de modelagem envolvendo diferentes plataformas ainda carecem de detalhamento e sistematização. Nesse contexto, esta pesquisa propõe um fluxo de trabalho para auxiliar na sincronização dos parâmetros de prazo e custo ao modelo BIM aplicado ao processo de produção de alvenaria e a simulação, por meio de variáveis construtivas. A metodologia adotada foi a *Design Science Research* (DSR), tendo o Estudo de Caso como estratégia de investigação. Os resultados obtidos validaram o fluxo de trabalho proposto, demonstrando sua contribuição para sistematizar a sincronização dos parâmetros de prazo e custo durante a fase de projeto dos empreendimentos, podendo concluir que os objetivos propostos foram atendidos.

Palavras-chave

BIM; Fluxo de trabalho; Simulação; Sincronização.

Submetido em: 05/10/2026 – Aprovado em: 19/10/2026 – Publicado em: 19/10/2026

1 Engenheiro Civil/Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), SP, carlosminari@estudante.ufscar.br

2 Profa. Dra. Titular do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)/Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), SP, sheylabs@ufscar.br



WORKFLOW FOR INTEGRATING PLANNING AND COST ESTIMATING AND SIMULATING TIME AND COST IN BIM FOR MASONRY PRODUCTION

ABSTRACT

The current scenario of technological, digital, and organizational innovation has driven the application of Building Information Modeling (BIM) as a tool for integrating different design disciplines with project schedule and cost parameters. Despite advances in its adoption, there is still a lack of guidelines for designing virtual models based on construction planning and budgeting premises, which compromises the efficient use of this information throughout the design process. Although available digital tools and software enable data synchronization, modeling procedures involving different platforms still require further detailing and systematization. In this context, this research proposes a workflow to support the synchronization of schedule and cost parameters within a BIM model applied to the masonry production process, as well as the simulation of construction variables. The methodology adopted was Design Science Research (DSR), with Case Study as the research strategy. The results validated the proposed workflow, demonstrating its contribution to systematizing the synchronization of schedule and cost parameters during the design phase of projects. Therefore, it can be concluded that the proposed objectives were achieved.

Keywords

BIM; Workflow; Simulation; Synchronization.

1 INTRODUÇÃO

A modelagem da informação da construção (BIM) emergiu como uma tecnologia transformadora na indústria de arquitetura, engenharia e construção (AEC) devido às suas diversas capacidades de modelagem digital, superando as lacunas de comunicação entre as partes interessadas e permitindo a análise de engenharia.

Métodos tradicionais de projeto podem fragmentar e fragilizar o processo produtivo, ocasionando o distanciamento entre profissionais de áreas distintas, ausência de coordenação entre as equipes e dificultando a obtenção de resultados esperados; como, a manutenção dos prazos e dos custos; ambos previstos durante o processo de projeto.

O foco na colaboração é particularmente importante em projetos de construção, onde o sucesso do projeto depende da comunicação eficaz entre diversas empresas, proprietários, arquitetos e engenheiros (LY *et al.*, 2024).

A elaboração de projetos de edificações é uma prática complexa que envolve uma cadeia de atores que precisam trabalhar de forma mútua para produzir informações técnicas que possibilitem a construção do edifício, segundo Sena (2021).

A prática tradicional de entrega de projetos de construção demonstra diversos problemas associados à fragmentação, tais como isolamento dos profissionais, falta de coordenação entre projeto e execução e a realização das atividades de forma sequencial (MOHD NAWI; BALUCH; BAHAUDDIN, 2014).

No contexto do setor de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO), essa fragmentação é considerada por alguns autores uma das causas do baixo desempenho, pois promove a dispersão do conhecimento técnico entre diferentes disciplinas e evidencia a necessidade de maior integração de competências. Segundo Machado e Brandstetter (2024), a fragmentação corresponde à separação e ao isolamento dos diferentes estágios, agentes, disciplinas e processos de um projeto, resultando em deficiências de integração, comunicação e coordenação.

No setor da Construção Civil, no contexto da gestão da produção, são notórias situações em que a gestão do tempo envolvendo a geração e atualização de cronogramas e simulação de tempo das obras; assim como, a gestão de custos envolvendo a geração e atualização de levantamentos quantitativos e estimativas de custos e simulação de custo das obras, impactam diretamente na manutenção de prazo e do custo durante a fase de construção, se comparados com os resultados previstos durante a fase de projeto.

Tais situações potencializam a fragmentação entre as diversas funções na gestão de empreendimentos, como relevância, a gestão de prazo e do custo, afetando a tomada de decisões estratégicas.

Como relevância do problema pesquisado, destaca-se a fragmentação entre os processos de planejamento e orçamento na Construção Civil limitando a integração dos parâmetros de prazo e custo no BIM, comprometendo a sincronização entre essas áreas, a previsibilidade, a simulação e o controle integrado da produção, bem como a tomada de decisões estratégicas durante a execução dos empreendimentos.

Durante a pesquisa, notou-se uma lacuna entre os modelos teóricos e sua aplicação prática. Apesar da existência de metodologias, ainda há um desafio persistente na interoperabilidade e padronização dos dados entre as diversas plataformas de *software* e na fragmentação dos fluxos de trabalho entre os diferentes *stakeholders*, dificultando a automação completa e a obtenção de informações precisas e contínuas ao longo de todo o ciclo de vida do projeto, justificando a escolha do tema.

Faltam estudos que tratem parâmetros do processo produtivo (ex.: etapas e tempos da execução de alvenaria - preparação, marcação, fiadas, etc.) vinculados automaticamente a custos.

Apesar das publicações sobre BIM no Brasil, poucos trabalhos validam soluções em campo ou com dados reais de obra para mostrar ganho mensurável na sincronização de prazo e do custo.

A pesquisa tem como objetivo identificar estimativas paramétricas de prazo e custo para o processo de produção de alvenaria com base em um modelo BIM, e propor um fluxo de trabalho para representar o fluxo de atividades para o processo de sincronização desses parâmetros e simulações a partir de variáveis construtivas.

Isto posto, “Como a utilização de um fluxo de trabalho fundamentado no IDM pode sistematizar a sincronização das informações de prazo e custo ao modelo BIM no processo de produção de alvenaria, ainda na fase de projeto?”

A alvenaria desempenha papel central na materialização dos projetos, sendo responsável pela conformação dos espaços, estabilidade e desempenho térmico e acústico (MENEZES *et al.*, 2018). Entretanto, ainda enfrenta desafios relacionados à qualificação da mão de obra e à resistência em abandonar métodos tradicionais (SANTOS; SILVA; DIAS, 2023). Além disso, sua longa trajetória histórica e relevância atual reforçam sua importância como sistema construtivo fundamental (AGUIAR; SANTOS; LIMA, 2024).

O *Building Information Modeling* (BIM) foi idealizado inicialmente para resolver problemas de integração e colaboração entre os projetos bem como agregar características ao processo construtivo, ou seja, “construir um modelo de informação da edificação que represente virtualmente suas características físicas e funcionais antes de construí-la fisicamente, e a premissa básica é a colaboração entre diferentes membros da equipe e partes interessadas em todas as fases de um projeto de construção”.

Um modelo BIM pode ser usado para gerenciar, planejar, organizar e testar atividades de construção em relação a restrições, como, por exemplo, recursos humanos, materiais, equipamentos, tempo e custo.

Nesse sentido, uma das grandes prioridades do gerenciamento de obras é conseguir um bom parâmetro de prazo e de custo, de forma que as estratégias de produção se adequem às metas da melhor forma possível. Em relação à gestão dos custos, os sistemas tradicionais não são satisfatórios por falta de informações realistas que possam nortear o desenvolvimento do produto (KERN 2005, citado por Matos *et al.*, 2021).

Como resultados de sua aplicação no orçamento e planejamento, destaca-se maior precisão e assertividade orçamentária, com integração de diferentes disciplinas, maior controle em cronogramas e facilitação na previsão do arranjo físico (CÁRDENAS *et al.*, 2018; CALDART e SCHEER, 2022), fundamentando o objetivo da pesquisa em identificar estimativas paramétricas de prazo e custo para o processo de produção de alvenaria com base em um modelo BIM, propor e validar um fluxo de trabalho fundamentado na metodologia IDM para sistematizar a sincronização das informações de prazo e custo BIM e simular a partir de cenários construtivos durante a fase de projeto, diante de variáveis construtivas.

Porém, a falta de integração entre as equipes de projeto e de planejamento (orçamento e cronograma de obra), aliada à imprecisão na definição de escopo, prazos e custos, gera um ambiente propício para a ocorrência de imprevistos e retrabalhos, culminando em atrasos e aumentos de custos (TRAN *et al.*, 2024).

Para tentar reduzir tais problemas, a elaboração de estimativas de custos e de cronogramas, passou a ser associada a um protótipo virtual da construção, cujos componentes são parametrizáveis, armazenando informações entre si. Esse protótipo pode utilizar-se dos *softwares* BIM, que permitem a inserção e extração de dados geométricos e não geométricos ao longo de todo o ciclo de vida de uma edificação (BEZERRA; RIBEIRO, 2021), e também utilizar, de forma sincronizada, *softwares* específicos de planejamento e de orçamento. A modelagem detalhada possibilita a realização de simulações que testam a viabilidade de diferentes cenários construtivos, incluindo o uso de materiais ou técnicas alternativas, com diferentes tempos de execução e custos (GIACOMAZZI *et al.*, 2024).

Isto posto, a utilização do BIM auxilia a integração das informações entre os processos de modelagem, planejamento e orçamento de obra, abrangendo *softwares*, informações, equipes, materiais e equipamentos utilizados desde o processo de projeto até o processo de construção. Dessa forma, por meio do processamento e análise do *feedback* vindo da gestão do empreendimento, proporciona o apoio à tomada de decisão dos gestores das incorporadoras e empresas construtoras, na busca da aderência dos resultados obtidos no processo de construção aos resultados obtidos durante o processo de projeto.

A importância da pesquisa acadêmica se dá em prover parâmetros assertivos e confiáveis de prazo e de custo, a partir da sincronização e simulação dos mesmos, diante de cenários construtivos, que balizam a tomada de decisão dos profissionais responsáveis por projetos desde a fase de planejamento dos empreendimentos, permitindo obter uma maior precisão e assertividade orçamentária e o controle efetivo de cronograma, prevenindo a postergação de prazos e acréscimos de custos durante o ciclo de vida da edificação na fase de construção; fatos que atualmente ainda persistem no segmento da ICC.

A técnica de agrupamento das elevações parametrizadas no processo de produção de alvenaria utilizada no estudo, o processo de sincronização do prazo e custo e de simulação a partir de cenários construtivos, considerando variáveis intrínsecas ao processo, como alteração da especificação de argamassa de assentamento, processo construtivo e logística de abastecimento durante a fase de projeto, para a obtenção de parâmetros de prazo e de custo assertivos e confiáveis, o fluxo de trabalho proposto, e a obtenção de demais índices, como produtividade, dimensionamento de equipe de mão de obra, consumo de material e avanços físicos e financeiros reais são as principais contribuições teórico - prático da pesquisa de cunho inovador.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Fundamentação teórica

BIM é uma filosofia de trabalho que integra arquitetos, engenheiros e construtores na elaboração de um modelo virtual preciso, que gera uma base de dados que contém tanto informações topológicas como os subsídios necessários para orçamento, cálculo energético e previsão de insumos e ações em todas as fases da construção (EASTMAN *et al.*, 2021).

O BIM não se trata de um *software* específico, e sim de um conceito de método de trabalho, informações, modelagem e gerenciamento das atividades referentes ao projeto/construção de obras de engenharia. Portanto, o projeto nesse novo nível, se torna muito mais próximo da obra real como um todo, facilitando a observação de possíveis inconformidades e incompatibilidades antes mesmo da construção, proporcionando soluções de projetos mais integradas e otimizadas (EASTMAN *et al.*, 2021).

Esse modelo, além da geometria da construção, contém numerosas informações sobre seus diferentes aspectos, potencialmente abrangendo todas as disciplinas envolvidas num empreendimento. Dessa forma, serve a diferentes propósitos, desde os estudos de viabilidade, passando pelo desenvolvimento do projeto, simulações, orçamentação, planejamento, controle, pré-fabricação, construção, visualização, colaboração, representação e registro, até a manutenção, reforma e eventualmente, demolição da edificação (SANTOS, 2012).

Embora o BIM possibilite a integração de informações de modelagem, planejamento e orçamento e favoreça a simulação de diferentes cenários construtivos, persistem dificuldades na sincronização dos parâmetros de prazo e custo, especialmente no vínculo entre as etapas e os tempos do processo produtivo de alvenaria e seus respectivos custos, evidenciando uma lacuna entre as soluções teóricas disponíveis e sua aplicação prática, sobretudo quanto à existência de procedimentos sistematizados e validados com dados reais de obra que permitam integrar, de forma parametrizada e interoperável, essas informações ainda na fase de projeto.

2.2 *Information Delivery Manual (IDM)*

Conceitos

O BIM depende, fundamentalmente, da troca eficiente de informações entre agentes, *softwares* e disciplinas ao longo das fases do ciclo de vida de um empreendimento. Em ambientes de projeto multidisciplinares. Essa interação é complexa e requer padrões claros de comunicação digital. Andrade e Ruschel (2009) destacam que o processo de projeto envolve diversos participantes que necessitam compartilhar dados continuamente, o que torna crítica a interoperabilidade entre aplicativos.

Nesse contexto, o *Information Delivery Manual (IDM)* surge como uma metodologia fundamental para padronizar e gerenciar essa troca. O IDM é um documento formal que visa descrever um processo de negócio e fornecer especificações detalhadas sobre a troca de informações entre os agentes envolvidos, garantindo que as informações trocadas sejam precisas e suficientes para a realização de suas atividades (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2016).

Estrutura Normativa

Conforme a ISO 29481-1:2016, o IDM é um documento formal que descreve processos de negócio e especifica os requisitos de troca de informações necessários à execução de tarefas, garantindo consistência e completude. Assim sendo, o IDM:

- Descreve fluxos reais de trabalho e interações disciplinares;
- Estabelece responsabilidades entre partes interessadas;
- Apoia a integração de *softwares* baseados em padrões abertos;
- Auxilia na confiabilidade dos modelos BIM (FAIRBANKS *et al.*, 2018; XU *et al.*, 2020).

O IDM é uma metodologia adotada pela *buildingSMART* para auxiliar o desenvolvimento da integração de *softwares* com padrões abertos, buscando aprimorar a comunicação e a colaboração entre os especialistas de domínio (FAIRBANKS *et al.*, 2018). O IDM procura mapear os processos que ocorrem dentro da atividade construtiva, a informação indispensável para que aconteçam e os resultados que geram (ANTUNES; SCHEER, 2014).

Troca de Informações

O mapa de processos descreve o fluxo de atividades dentro do limite de um determinado tópico, buscando entender como o trabalho é empreendido, quem são os atores envolvidos e quais são as informações necessárias, consumidas e produzidas para se atingir um objetivo bem definido (BUILDINGSMART, 2010). Ele procura compreender a sequência lógica de determinadas atividades e identificar os Modelos de Troca que dão suporte a tais atividades.

O Modelo de Troca para Eastman *et al.* (2010) é equivalente ao que a BuildingSMART (2010) denomina de Requisito de Troca. Ele consiste no conjunto de informações que precisa ser compartilhado entre profissionais ou entre atividades para dar suporte a um determinado processo, possibilitando que mais tarefas sejam realizadas na sequência.

Para que a modelagem de processos seja eficaz, é essencial o uso de uma notação padronizada. A *Business Process Model and Notation* (BPMN) elaborada pela *Object Management Group* (OMG) surgiu para suprir essa necessidade.

O principal objetivo da BPMN é "fornecer uma notação que seja prontamente compreensível por todos os usuários de negócios, desde os analistas de negócios que criam os rascunhos iniciais dos processos, até os desenvolvedores técnicos responsáveis por implementar a tecnologia que executará esses processos", ressalta Castro (2026).

2.3 Estrutura Analítica do Modelo

O planejamento e controle do processo de projeto na construção civil envolve a coordenação de aspectos gerenciais e informacionais associados ao desenvolvimento do empreendimento. A principal questão tratada por essa estrutura conceitual consiste em relacionar o gerenciamento do escopo do projeto à organização da modelagem BIM, garantindo coerência entre atividades, entregas e elementos modelados (MANZIONE, 2013).

Para atender a essa demanda, emprega-se uma abordagem integrada composta pela Estrutura Analítica do Projeto (EAP) e pela Estrutura Analítica do Modelo (EAM), conforme proposto por Manzione (2013). Ambas estruturam o projeto sob diferentes perspectivas e, quando utilizadas de forma combinada, possibilitam maior rastreabilidade e qualidade das informações.

2.4 Modelagem de Custo e de Prazo

A modelagem de custo tem como finalidade gerar as estimativas de orçamento de uma obra. Dessa forma, integra fornecedores e contratantes para determinar valores, alocar recursos, analisar impactos no orçamento e controlar as metas da construção, de acordo com Pereira e Figueiredo (2020). Conecta, portanto, os elementos paramétricos aos seus respectivos custos, afirma Milana e Figueiredo (2024).

Os autores Fitzner e Rodrigues (2024) abordam que a modelagem de prazo se refere ao fator tempo associado ao modelo virtual tridimensional, no qual o projeto é dividido em várias atividades, as quais são atribuídas uma data de início e término e assim são dispostas em uma linha de tempo, dando forma a um cronograma sendo totalmente vinculado ao modelo criado durante todo seu ciclo de vida.

3 METODOLOGIA

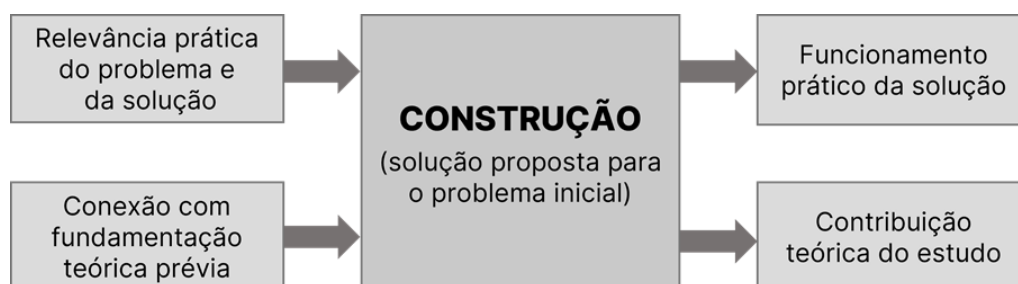
Para o desenvolvimento dessa pesquisa, adotou-se o método de pesquisa construtiva, denominada *Constructive Research* ou *Design Science Research* (DSR). Esse método é definido por March e Smith (1995) e Lukka (2003) como um procedimento de pesquisa para a construção de artefatos destinados a resolver problemas presentes no mundo real, com o objetivo de resolver um problema prático num contexto específico e gerar novo conhecimento, envolvendo sistemas sociotécnicos.

A seguir, as características da abordagem de pesquisa construtiva, segundo Lukka (2003):

- Foca-se em problemas relevantes do mundo real;
- Produz uma construção inovadora (solução de *design*);
- Inclui a implementação e o teste da construção desenvolvida na prática;
- Implica estreita cooperação entre pesquisador e profissionais;
- Constrói conhecimento teórico e presta especial atenção para refletir sobre os resultados empíricos de volta à teoria.

Para ser considerada uma pesquisa construtiva, a pesquisa deve combinar resolução de problemas e conhecimento teórico, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Elementos da pesquisa construtiva.



Fonte: adaptado de Lukka

A pesquisa construtiva é utilizada principalmente em áreas que necessitam de interferência prática, como a Arquitetura e a Engenharia. Baseia-se na criação de algo novo no mundo ou a melhoria de parte desse mundo, por intermédio da construção de artefatos. É um modo de produção de conhecimento sobre "como fazer" algo, devido a ser um tipo de pesquisa que visa identificar a melhor ação a ser tomada para alcançar um resultado específico, utilizando dados e modelos para simular diferentes cenários, e, conseqüentemente, recomendar a melhor estratégia, fornecendo recomendações práticas para otimizar processos, tomar decisões e alcançar objetivos específicos.

Pesquisas com a abordagem construtiva são utilizadas na resolução de problemas gerenciais, por meio da construção de planos, modelos ou diagramas.

O processo da pesquisa baseia-se na abordagem indutiva, iniciando com a compreensão de um fenômeno, por meio de observações do pesquisador, e, em seguida, reconhece um padrão para elaborar uma hipótese, para elaborar uma nova teoria (TROCHIM *et al.*, 2016).

A estratégia considerada na pesquisa foi o Estudo de Caso, pois visa contribuir para a compreensão e resolução da investigação. Conforme Yin (2001), essa abordagem é particularmente útil para investigar questões contemporâneas em contextos reais, oferecendo *insights* valiosos para a tomada de decisões e a implementação de ações práticas. O poder diferenciador do estudo de caso é a sua capacidade de lidar com uma ampla variedade de evidências, como documentos, artefatos, entrevistas e observações (YIN, 2001). O mesmo autor relata que o estudo de caso, permite que os dados descritivos tratem das informações qualitativas e quantitativas sobre a pesquisa, o que representa o método misto de pesquisa.

As técnicas adotadas para a coleta de dados dessa pesquisa foi Questionário Eletrônico aplicado a profissionais que atuam na área de construções digitais, utilizando o BIM como processo, e Entrevista aplicada em empresas construtoras do segmento da Construção Civil, como participantes do estudo de caso.

3.1 Proposta de pesquisa

A proposta do artefato é apresentar um método, com base em fluxo de trabalho, que possibilite realizar a integração do planejamento e orçamento de obra. No contexto deste estudo, os parâmetros de prazo e custo orientam os gestores do empreendimento e os profissionais envolvidos, a tomar decisões, no sentido de decidir e definir o melhor / menor custo e o melhor / menor prazo para a execução da construção.

A proposta do método da pesquisa é integrar o planejamento e orçamento em ambiente BIM, sincronizar parâmetros de prazo e custo por meio das informações oriundas do planejamento e orçamento, realizar simulações diante de variáveis construtivas pré-definidas, para auxiliar os profissionais envolvidos no projeto, a tomar decisões diante de resultados mais assertivos obtidos durante as etapas do processo

retratado no fluxo de trabalho, o que difere de métodos tradicionais, objetivando automatizar a extração de quantitativos para compor o orçamento.

A proposta possibilita fornecer informações mais consistentes para subsidiar a tomada de decisão gerencial e técnica, pelos profissionais envolvidos no empreendimento ainda na fase de projeto, contribuindo para a antecipação de inconsistências e para a prevenção e/ou minimização, durante a fase de construção, como, retrabalhos, imprevistos e desvios entre os custos e prazos previstos e os efetivamente realizados.

3.2 Contribuição teórica da pesquisa

O artefato apresenta contribuições prática e teórica ao propor e sistematizar um fluxo de trabalho que integra modelagem BIM, extração de quantitativos, orçamento, planejamento, sincronização e simulação de parâmetros de prazo e custo aplicados à produção de alvenaria.

A abordagem de modelagem fundamenta-se em paredes parametrizadas e agrupadas segundo critérios de modulação e materiais definidos no modelo BIM, permitindo associar, de forma individualizada, informações de prazo e custo às etapas construtivas e visualizar digitalmente diferentes cenários de execução.

A incorporação de cenários construtivos às simulações possibilita a obtenção de parâmetros alternativos de prazo e custo, ampliando o suporte à análise antecipada de inconsistências e à tomada de decisões técnicas e gerenciais ainda na fase de projeto.

No âmbito teórico, o estudo contribui para ampliar a compreensão do BIM como ambiente de integração e sincronização de informações de planejamento e orçamento, aproximando os pressupostos de interoperabilidade e parametrização das demandas de controle da produção e favorecendo maior aderência entre os resultados previstos na fase de projeto e os resultados realizados na fase de construção.

4 RESULTADOS

4.1 Estudo de Caso

O empreendimento a ser construído contempla um imóvel residencial localizado na cidade de Piracicaba, SP em que o proprietário contratou uma Empresa Construtora (EC1).

O estudo ocorreu entre os meses de abril e junho de 2025.

Foi proposto aplicar o processo BIM, para o desenvolvimento do empreendimento na fase de projeto e realizar a gestão da produção durante a fase inicial de construção, no tocante ao processo de produção de alvenaria. O processo construtivo; a princípio, foi definido pela EC1, em que a alvenaria de vedação sem função estrutural seria composta por blocos cerâmicos.

Para apoiar a proposta do pesquisador, foi decidido contratar um escritório de projetos especializado em BIM, denominado EP1.

O estudo contém as principais etapas, como, modelagem da alvenaria, sincronização entre as áreas de orçamento e planejamento, e simulação com base em variáveis intrínsecas ao processo de produção.

A proposta do estudo busca obter e analisar parâmetros de prazo e de custo durante a fase de projeto e de construção, a partir da sincronização entre as áreas de planejamento e orçamento, e a partir de simulação considerando variáveis; ambas utilizando o BIM. Nesse estudo de caso, foi desenvolvido o fluxo de trabalho, o qual foi utilizado e validado na EP1 e na EC1.

No presente estudo de caso, a variável construtiva considerada correspondeu ao processo construtivo de elementos estruturais (vergas e contravergas), adotado como parâmetro de diferenciação entre os cenários analisados. Com o objetivo de avaliar as implicações decorrentes das distintas formas de execução desses elementos, as simulações foram estruturadas em dois cenários: Cenário 1, correspondente à execução de vergas e contravergas moldadas *in loco*, e Cenário 2, correspondente à utilização de vergas e contravergas pré-fabricadas, conforme Tabela 1. Dessa forma, a comparação entre os cenários permitiu analisar os resultados obtidos; nesse caso, parâmetros de prazo e custo, para tomada de decisão gerencial e técnica dos profissionais envolvidos no empreendimento, ainda na fase de projeto, para ser aplicada na fase de construção.

Tabela 1 – Cenários 1 e 2 referentes ao processo construtivo de elementos estruturais

	Cenário 1	Cenário 2
Variável Construtiva	Processo construtivo de vergas e contravergas	Processo construtivo de vergas e contravergas
Método de Execução	Moldadas <i>in loco</i>	Pré-fabricadas
Objetivo da Avaliação	Avaliar parâmetros de prazo e custo	Avaliar parâmetros de prazo e custo
Aplicação prática	Suporte à tomada de decisão na fase de projeto para aplicação na fase de construção	Suporte à tomada de decisão na fase de projeto para aplicação na fase de construção
Finalidade	Obter parâmetros do processo inicialmente previsto	Obter novos parâmetros a partir de simulação (var. construtiva)

Fonte: Autores

4.1.1 Concepção do modelo virtual

1º Passo: Seleção de um projeto real

O projeto adotado nesse estudo, foi cedido pela EP1. A construção possui área total de 85,05 m², sendo 34,77 m² para o pavimento térreo e 50,28 m² para o pavimento superior.

Para executar a alvenaria foram utilizados blocos cerâmicos sem função estrutural, com dimensões 14 x 19 x 29 cm e 9 x 19 24 cm. Os projetos de arquitetura e os complementares não foram compatibilizados na fase anterior ao estudo de caso.

No estudo, as elevações de alvenaria foram agrupadas em: Grupo 1 - paredes lisas, as quais não contém vãos de abertura, Grupo 2 - paredes com vão de janela, Grupo 3 - paredes com vão de porta e Grupo 4 - paredes com vão de porta e janela, de forma a orientar as modelagens e como consequência, obter as quantidades de materiais e de serviços referentes às características do processo construtivo, e as informações de prazo e de custo para cada grupo.

Nesta pesquisa, o termo modelo BIM refere-se à representação digital paramétrica da edificação, composta por elementos construtivos associados a informações geométricas e não geométricas, utilizada como base para a organização, extração e sincronização dos parâmetros relacionados ao prazo e ao custo do serviço de alvenaria.

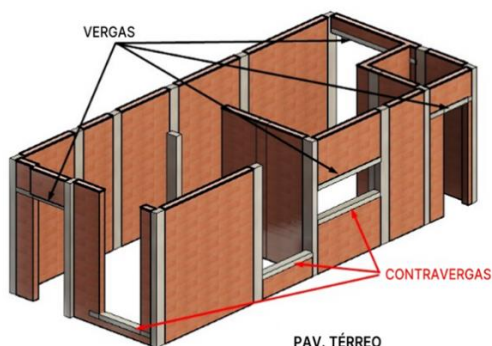
BIM Execution Plan (BEP)

A elaboração do BEP; parte integrante do processo, segue uma metodologia estruturada com o objetivo de integrar e organizar os usos do BIM durante todo o ciclo do estudo de caso.

2º Passo: Modelagem do projeto selecionado no *software Revit*

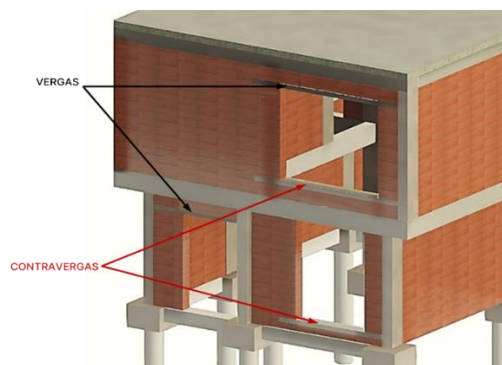
A modelagem da alvenaria de vedação sem função estrutural está representada nas Figuras 2 a 4. Foi necessário lançar os elementos estruturais (fundação, infra e superestrutura) no *software Revit*, para obter as imagens do modelo de construção, e permitir a análise do processo construtivo previamente definido (sistema tradicional).

Figura 2 - Modelagem da alvenaria de vedação sem função estrutural (vergas e contravergas - Pav. Térreo).



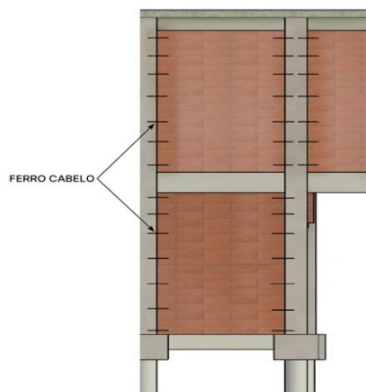
Fonte: EP1

Figura 3 - Modelagem da alvenaria de vedação sem função estrutural (vergas e contravergas) - detalhe dos Pav. Térreo e Superior - fachada principal.



Fonte: EP1

Figura 4 - Modelagem da alvenaria de vedação sem função estrutural - detalhe do vergalhão de amarração para garantir a ligação da alvenaria aos pilares.



Fonte: EP1

4.1.2 Orçamento do estudo de caso

Cenário 1: Elementos estruturais (vergas e contravergas) em concreto armado moldados *in loco*

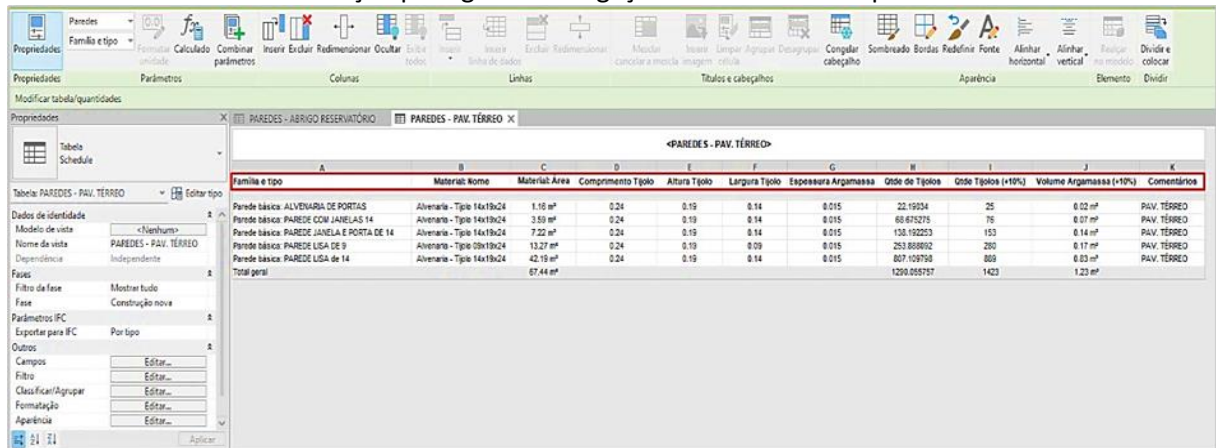
1º Passo: Extração de quantidades do modelo BIM

A extração de quantidades do modelo foi realizada por meio do *software Revit*, destacando a quantidade de alvenaria.

Após confirmação do tipo de material, as informações pertinentes para lançamento da tabela completa, foram definidas, sendo “Família e tipo, área total, comprimento do bloco, altura do bloco, espessura da argamassa, quantidade de tijolos +10% de perda e volume de argamassa +10%”.

As quantidades extraídas estão inseridas nas tabelas de quantidades classificadas pelos grupos de parede, tipos de paredes, espessuras, níveis de base e de topo, sem duplicação ou sobreposição, e foram calculadas automaticamente por meio do *software* e estão representadas nas Figuras 5 a 7.

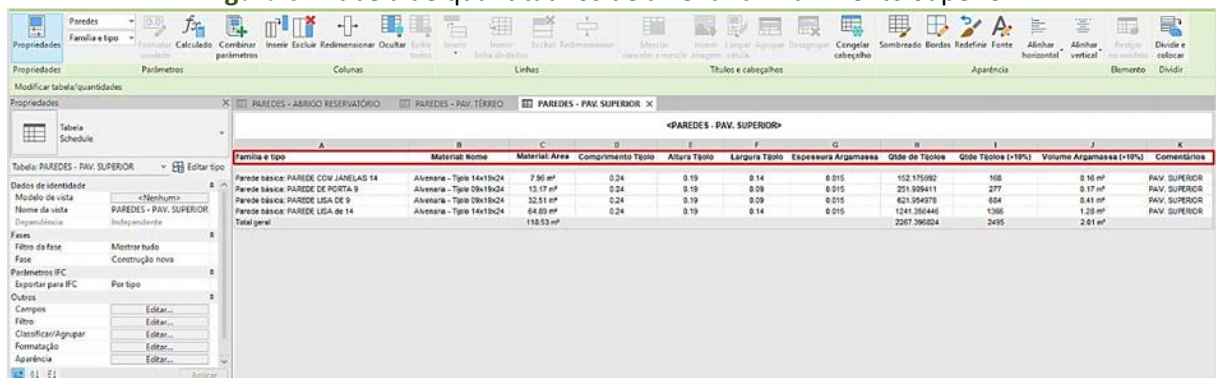
Figura 5 - Modelagem da alvenaria de vedação sem função estrutural - detalhe do vergalhão de amarração para garantir a ligação da alvenaria aos pilares.



Família e tipo	Material Nome	Material Área	Comprimento Tijolo	Altura Tijolo	Largura Tijolo	Espessura Argamassa	Qtde de Tijolos	Qtde Tijolos (+10%)	Volume Argamassa (+10%)	Comentários
Parede básica ALVENARIA DE PORTAS	Alvenaria - Tijolo 14x19x24	1.10 m²	0.24	0.19	0.14	0.015	22.19234	25	0.32 m³	PAV. TÉRREO
Parede básica PAREDE COM JANELAS 14	Alvenaria - Tijolo 14x19x24	3.89 m²	0.24	0.19	0.14	0.015	68.675215	76	0.97 m³	PAV. TÉRREO
Parede básica PAREDE JANELA E PORTA DE 14	Alvenaria - Tijolo 14x19x24	7.22 m²	0.24	0.19	0.14	0.015	130.192253	153	0.14 m³	PAV. TÉRREO
Parede básica PAREDE LISA DE 9	Alvenaria - Tijolo 14x19x24	13.27 m²	0.24	0.19	0.09	0.015	253.888692	280	0.17 m³	PAV. TÉRREO
Parede básica PAREDE LISA DE 14	Alvenaria - Tijolo 14x19x24	42.19 m²	0.24	0.19	0.14	0.015	807.109798	809	0.83 m³	PAV. TÉRREO
Total geral		67.44 m²					1290.055757	1423	1.23 m³	

Fonte: EP1

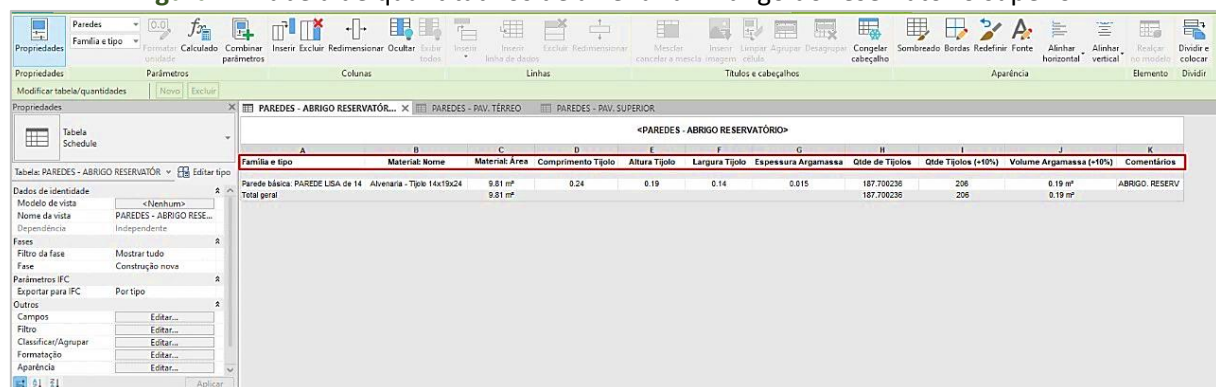
Figura 6 - Tabela de quantitativos de alvenaria - Pavimento Superior.



Família e tipo	Material Nome	Material Área	Comprimento Tijolo	Altura Tijolo	Largura Tijolo	Espessura Argamassa	Qtde de Tijolos	Qtde Tijolos (+10%)	Volume Argamassa (+10%)	Comentários
Parede básica PAREDE COM JANELAS 14	Alvenaria - Tijolo 14x19x24	7.90 m²	0.24	0.19	0.14	0.015	152.175992	168	0.16 m³	PAV. SUPERIOR
Parede básica PAREDE DE PORTA 9	Alvenaria - Tijolo 14x19x24	13.17 m²	0.24	0.19	0.09	0.015	251.309611	277	0.17 m³	PAV. SUPERIOR
Parede básica PAREDE LISA DE 9	Alvenaria - Tijolo 14x19x24	32.51 m²	0.24	0.19	0.09	0.015	621.954976	654	0.41 m³	PAV. SUPERIOR
Parede básica PAREDE LISA DE 14	Alvenaria - Tijolo 14x19x24	64.83 m²	0.24	0.19	0.14	0.015	1241.356446	1366	1.28 m³	PAV. SUPERIOR
Total geral		118.53 m²					2367.596024	2495	2.01 m³	

Fonte: EP1

Figura 7 - Tabela de quantitativos de alvenaria - Abrigo do reservatório superior.



Família e tipo	Material Nome	Material Área	Comprimento Tijolo	Altura Tijolo	Largura Tijolo	Espessura Argamassa	Qtde de Tijolos	Qtde Tijolos (+10%)	Volume Argamassa (+10%)	Comentários
Parede básica PAREDE LISA DE 14	Alvenaria - Tijolo 14x19x24	9.81 m²	0.24	0.19	0.14	0.015	187.700236	206	0.19 m³	ABRIGO. RESERV
Total geral		9.81 m²					187.700236	206	0.19 m³	

Fonte: EP1

As informações referentes às quantidades obtidas nas tabelas retratadas nas Figuras 5 a 7, como quantidade de blocos e volume de argamassa de assentamento, são importantes e foram utilizadas para obter parâmetros de prazo e de custo para o processo de produção de alvenaria para o projeto selecionado para esse estudo.

2º Passo: Planilha orçamentária

Após as quantidades alocadas e vinculadas às descrições dos serviços e a seus custos unitários, obteve-se o orçamento de custo detalhado para o processo de produção de alvenaria, totalizando R\$ 18.890,19.

A planilha de orçamento detalhada foi elaborada utilizando as composições unitárias da planilha de referência do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (CAIXA ECONOMICA FEDERAL, 2025), Catálogo de Composições Analíticas, março de 2025. Foram adotados os custos unitários dos insumos referentes ao estado de São Paulo (SP), não desonerado, março de 2025.

A Planilha 1 representa o orçamento de custo detalhado para a produção de alvenaria, utilizando elementos estruturais (vergas e contravergas) moldados *in loco*.

Planilha 1 - Orçamento de custo detalhado utilizando elementos estruturais moldados *in loco* (Cenário 1).

PLANILHA DE CUSTO DETALHADO (PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ALVENARIA) OBRA: RESIDÊNCIA EM ALVENARIA DE VEDAÇÃO SEM FUNÇÃO ESTRUTURAL REFERÊNCIA: SINAPI (março/2025)										DATA:10/03/2025			
Nível	Item	Código	Descrição	Unid.	Qtde.	Valor Unit. M. O. / Mat.	Valores Totais				Total Geral		
							M. O.	% M. O.	Mat.	% Mat.			
			TOTAL GERAL				R\$ 7.969,58		R\$ 10.920,61		R\$ 18.890,19		
1	1.		ALVENARIA										
2	1.1.		PAV. TÉRREO				2.790,87		3.899,97		6.690,84		
3	1.1.1		Marcação da 1a. fiada				12,70		7,90		20,60		
4	1.1.1.1.	105011	EXECUÇÃO DE LINHAS DE REFERÊNCIA EM GABARITO OU CAVALETE	m	29,86	R\$ 0,69	12,70	61,66%	7,90	38,34%	20,60		
3	1.1.2.		Alvenaria de vedação sem função estrutural - Grupo 1 (Parede lisa)				2.067,10		2.734,33		4.801,43		
4	1.1.2.1.	103356	ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS 9X19X29CM	m²	13,27	R\$ 65,03	380,89	44,14%	482,03	55,86%	862,92		
4	1.1.2.2.	103360	ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS 14X19X29CM	m²	42,19	R\$ 87,48	1.629,10	44,14%	2.061,65	55,86%	3.690,75		
4	1.1.2.3.	92917	ARMAÇÃO DE AMARRAÇÃO DA ALVENARIA À ESTRUTURA DE CONCRETO	kg	17,92	R\$ 13,83	57,11	23,05%	190,65	76,95%	247,76		
3	1.1.3.		Alvenaria de vedação sem função estrutural - Grupo 2 (Parede com vão de janelas)				258,42		453,45		711,87		
4	1.1.3.1.	103360	ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS 14X19X29CM	m²	3,59	R\$ 87,48	138,62	44,14%	175,43	55,86%	314,05		
4	1.1.3.2.	105029	CONTRAVERGA EM CONCRETO MOLDADA IN LOCO	m	3,55	R\$ 50,59	52,78	29,39%	126,81	70,61%	179,60		
4	1.1.3.3.	105023	VERGA EM CONCRETO MOLDADA IN LOCO	m	2,15	R\$ 68,57	50,70	34,39%	96,73	65,61%	147,43		
4	1.1.3.4.	92917	ARMAÇÃO DE AMARRAÇÃO DA ALVENARIA À ESTRUTURA DE CONCRETO	kg	5,12	R\$ 13,83	16,32	23,05%	54,47	76,95%	70,79		
3	1.1.4.		Alvenaria de vedação sem função estrutural - Grupo 3 (Parede com vão de portas)				122,42		228,13		350,55		
4	1.1.4.1.	103360	ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS 14X19X29CM	m²	1,16	R\$ 87,48	44,79	44,14%	56,68	55,86%	101,48		
4	1.1.4.2.	105023	VERGA EM CONCRETO MOLDADA IN LOCO	m	2,60	R\$ 68,57	61,31	34,39%	116,98	65,61%	178,29		
Nível	Item	Código	Descrição	Unid.	Qtde.	Valor Unit. M. O. / Mat.	Valores Totais				Total Geral		
							M. O.	% M. O.	Mat.	% Mat.			
4	1.1.4.3.	92917	ARMAÇÃO DE AMARRAÇÃO DA ALVENARIA À ESTRUTURA DE CONCRETO	kg	5,12	R\$ 13,83	16,32	23,05%	54,47	76,95%	70,79		
3	1.1.5.		Alvenaria de vedação sem função estrutural - Grupo 4 (Parede com vão de portas e janelas)				330,22		476,17		806,39		
4	1.1.5.1.	103360	ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS 14X19X29CM	m²	7,22	R\$ 87,48	278,79	44,14%	352,81	55,86%	631,60		
4	1.1.5.2.	105029	CONTRAVERGA EM CONCRETO MOLDADA IN LOCO	m	1,05	R\$ 50,59	15,61	29,39%	37,51	70,61%	53,12		
4	1.1.5.3.	105023	VERGA EM CONCRETO MOLDADA IN LOCO	m	1,00	R\$ 68,57	23,58	34,39%	44,99	65,61%	68,57		
4	1.1.5.4.	92917	ARMAÇÃO DE AMARRAÇÃO DA ALVENARIA À ESTRUTURA DE CONCRETO	kg	3,84	R\$ 13,83	12,24	23,05%	40,85	76,95%	53,09		
2	1.2.		PAV. SUPERIOR				4.548,80		6.231,54		10.780,33		
3	1.2.1.		Marcação da 1a. fiada				18,40		11,44		29,84		
4	1.2.1.1.	105011	EXECUÇÃO DE LINHAS DE REFERÊNCIA EM GABARITO OU CAVALETE	m	43,25	R\$ 0,69	18,40	61,66%	11,44	38,34%	29,84		
3	1.2.2.		Alvenaria de vedação sem função estrutural - Grupo 1 (Parede lisa)				3.499,95		4.556,09		8.056,04		
4	1.2.2.1.	103356	ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS 9X19X29CM	m²	32,51	R\$ 65,03	933,14	44,14%	1.180,91	55,86%	2.114,05		
4	1.2.2.2.	103360	ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS 14X19X29CM	m²	64,89	R\$ 87,48	2.505,62	44,14%	3.170,91	55,86%	5.676,53		
4	1.2.2.3.	92917	ARMAÇÃO DE AMARRAÇÃO DA ALVENARIA À ESTRUTURA DE CONCRETO	kg	19,20	R\$ 13,83	61,19	23,05%	204,27	76,95%	265,46		
3	1.2.3.		Alvenaria de vedação sem função estrutural - Grupo 2 (Parede com vão de janelas)				537,88		896,88		1.434,76		
4	1.2.3.1.	103360	ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS 14X19X29CM	m²	7,96	R\$ 87,48	307,36	44,14%	388,97	55,86%	696,34		
4	1.2.3.2.	105029	CONTRAVERGA EM CONCRETO MOLDADA IN LOCO	m	4,50	R\$ 50,59	66,91	29,39%	160,75	70,61%	227,66		
4	1.2.3.3.	105023	VERGA EM CONCRETO MOLDADA IN LOCO	m	5,90	R\$ 68,57	139,13	34,39%	265,44	65,61%	404,58		
4	1.2.3.4.	92917	ARMAÇÃO DE AMARRAÇÃO DA ALVENARIA À ESTRUTURA DE CONCRETO	kg	7,68	R\$ 13,83	24,48	23,05%	81,71	76,95%	106,18		
3	1.2.4.		Alvenaria de vedação sem função estrutural - Grupo 3 (Parede com vão de portas)				492,57		767,13		1.259,70		

4	1.2.4.1.	103356	ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS 9X19X29CM	m²	13,17	R\$ 65,03	378,02	44,14%	478,39	55,86%	856,41
4	1.2.4.2.	105024	VERGA EM CONCRETO MOLDADA IN LOCO	m	4,00	R\$ 56,58	73,75	32,59%	152,55	67,41%	226,31
4	1.2.4.3.	92917	ARMAÇÃO DE AMARRAÇÃO DA ALVENARIA À ESTRUTURA DE CONCRETO	kg	12,80	R\$ 13,83	40,79	23,05%	136,18	76,95%	176,97
2	1.3.		COBERTURA / ABRIGO RESERV. SUPERIOR				467,19		721,60		1.188,79
3	1.3.1.		Marcação da 1a. fiada				19,46		12,10		31,56
4	1.3.1.1.	105011	EXECUÇÃO DE LINHAS DE REFERÊNCIA EM GABARITO OU CAVALETE	m	45,75	R\$ 0,69	19,46	61,66%	12,10	38,34%	31,56
3	1.3.2.		Alvenaria de vedação sem função estrutural - Grupo 1 (Parede lisa)				447,73		709,50		1.157,23
4	1.3.2.1.	103360	ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS 14X19X29CM	m²	9,81	R\$ 87,48	378,80	44,14%	479,37	55,86%	858,17
4	1.3.2.2.	92917	ARMAÇÃO DE AMARRAÇÃO DA ALVENARIA À ESTRUTURA DE CONCRETO	kg	21,63	R\$ 13,83	68,93	23,05%	230,13	76,95%	299,06
2	1.4.		LIMPEZA GERAL				162,73		67,50		230,23
3	1.4.1.	99814	LIMPEZA DE SUPERFÍCIE COM JATO DE ALTA PRESSÃO	m²	85,05	R\$ 2,71	162,73	70,68%	67,50	29,32%	230,23

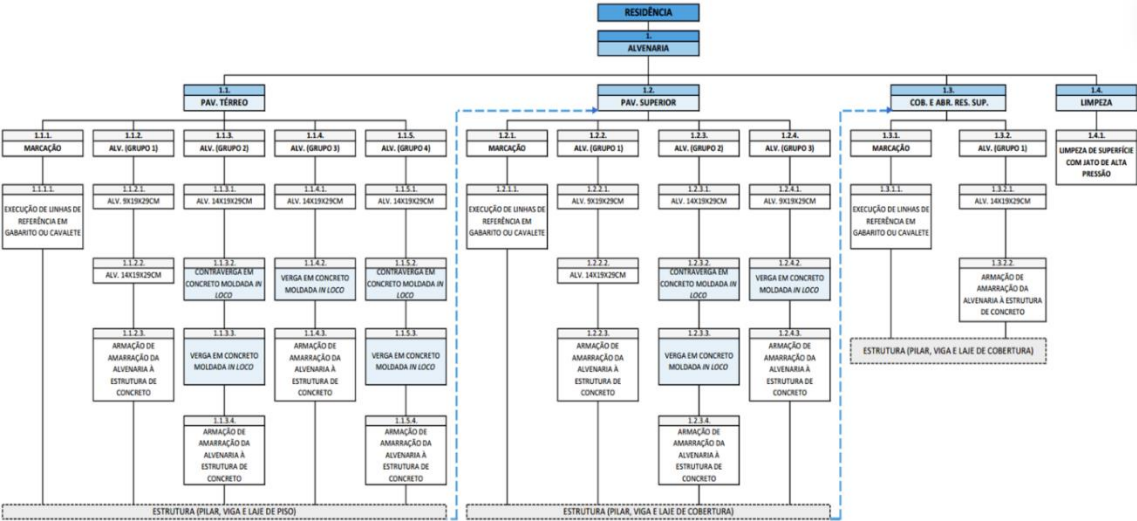
Fonte: Autores

4.1.3 Planejamento da Construção

1º Passo: Estrutura Analítica de Projeto (EAP) e do Modelo (EAM)

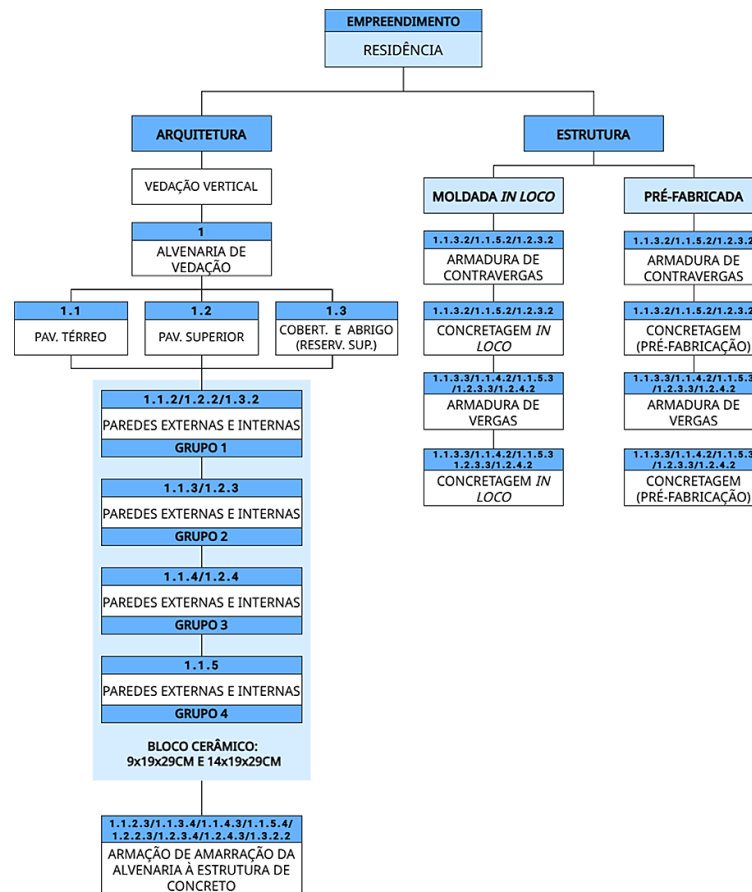
A EAP está representada na Figura 8 e foi estruturada de acordo com os principais serviços, referentes ao processo de produção de alvenaria de vedação sem função estrutural. Essa estrutura permitiu uma melhor visualização de suas características e das tarefas necessárias à sua produção. Além disso, facilitou a alocação de recursos necessários à execução (mão-de-obra, materiais, equipamentos e projetos), assim como as estimativas de prazo e custo. A EAM está representada na Figura 9, formando uma estrutura integrada (EAP e EAM).

Figura 8 - Estrutura Analítica de Projeto (EAP) para o processo de alvenaria de vedação sem função estrutural - CENÁRIO 1.



Fonte: Autores

Figura 9 - Estrutura Analítica do Modelo (EAM) para o processo construtivo de alvenaria de vedação sem função estrutural.



Fonte: Autores

A partir da EAP foi elaborado o cronograma físico, e mediante as informações do orçamento de custo detalhado, foi elaborado o cronograma financeiro; ambos compilados ao *software MS Project*, sendo definidas, de acordo com a projeção inicial, a data de início em 07/04/25 e a data de término em 10/06/25, conforme Figura 10.

Figura 10 - Cronograma Físico - Financeiro: Cenário 1.

	Modo	Nome	Duração	Início	Término	Custo
1		RESIDÊNCIA (processo de produção de alvenaria de vedação sem função estr	47 dias	Seg 07/04/25	Ter 10/06/25	R\$ 18.890,20
2		Pavimento Térreo	16 dias	Seg 07/04/25	Seg 28/04/25	R\$ 6.690,84
3		Marcação	1 dia	Seg 07/04/25	Seg 07/04/25	R\$ 20,60
4		Executar linhas de referência	1 dia	Seg 07/04/25	Seg 07/04/25	R\$ 20,60
5		Alvenaria - G 1	8 dias	Ter 08/04/25	Qui 17/04/25	R\$ 4.801,43
6		Executar alvenaria	8 dias	Ter 08/04/25	Qui 17/04/25	R\$ 4.801,43
7		Alvenaria - G 2	2 dias	Ter 08/04/25	Qua 09/04/25	R\$ 711,87
8		Executar alvenaria	2 dias	Ter 08/04/25	Qua 09/04/25	R\$ 384,84
9		Contraverga moldada in loco	2 dias	Ter 08/04/25	Qua 09/04/25	R\$ 179,60
10		Executar contraverga	2 dias	Ter 08/04/25	Qua 09/04/25	R\$ 179,60
11		Verga moldada in loco	2 dias	Ter 08/04/25	Qua 09/04/25	R\$ 147,43
12		Executar verga	2 dias	Ter 08/04/25	Qua 09/04/25	R\$ 147,43
13		Alvenaria - G 3	2 dias	Ter 08/04/25	Qua 09/04/25	R\$ 350,56
14		Executar alvenaria	2 dias	Ter 08/04/25	Qua 09/04/25	R\$ 172,27
15		Verga moldada in loco	2 dias	Ter 08/04/25	Qua 09/04/25	R\$ 178,29
16		Executar verga	2 dias	Ter 08/04/25	Qua 09/04/25	R\$ 178,29
17		Alvenaria - G 4	2 dias	Ter 08/04/25	Qua 09/04/25	R\$ 806,38
18		Executar alvenaria	2 dias	Ter 08/04/25	Qua 09/04/25	R\$ 884,69
19		Contraverga moldada in loco	2 dias	Ter 08/04/25	Qua 09/04/25	R\$ 53,12
20		Executar contraverga	2 dias	Ter 08/04/25	Qua 09/04/25	R\$ 53,12
21		Verga moldada in loco	2 dias	Ter 08/04/25	Qua 09/04/25	R\$ 68,57
22		Executar verga	2 dias	Ter 08/04/25	Qua 09/04/25	R\$ 68,57
23		Estrutura: pilar, viga e laje de piso	7 dias	Sex 18/04/25	Seg 28/04/25	R\$ 0,00
24		Concretar pilar, viga e laje de piso	7 dias	Sex 18/04/25	Seg 28/04/25	R\$ 0,00
25		Pavimento Superior	24 dias	Ter 29/04/25	Sex 30/05/25	R\$ 10.780,34
26		Marcação	1 dia	Ter 29/04/25	Ter 29/04/25	R\$ 29,84
27		Executar linhas de referência	1 dia	Ter 29/04/25	Ter 29/04/25	R\$ 29,84
28		Alvenaria - G 1	13 dias	Qua 30/04/25	Sex 16/05/25	R\$ 8.056,04
29		Executar alvenaria	13 dias	Qua 30/04/25	Sex 16/05/25	R\$ 8.056,04
30		Alvenaria - G 2	2 dias	Qua 30/04/25	Qui 01/05/25	R\$ 1.434,76
31		Executar alvenaria	2 dias	Qua 30/04/25	Qui 01/05/25	R\$ 802,52
32		Contraverga moldada in loco	2 dias	Qua 30/04/25	Qui 01/05/25	R\$ 227,66
33		Executar contraverga	2 dias	Qua 30/04/25	Qui 01/05/25	R\$ 227,66
34		Verga moldada in loco	2 dias	Qua 30/04/25	Qui 01/05/25	R\$ 404,58
35		Executar verga	2 dias	Qua 30/04/25	Qui 01/05/25	R\$ 404,58
36		Alvenaria - G 3	2 dias	Qua 30/04/25	Qui 01/05/25	R\$ 1.259,70
37		Executar alvenaria	2 dias	Qua 30/04/25	Qui 01/05/25	R\$ 1.033,39
38		Verga moldada in loco	2 dias	Qua 30/04/25	Qui 01/05/25	R\$ 226,31
39		Executar verga	2 dias	Qua 30/04/25	Qui 01/05/25	R\$ 226,31
40		Estrutura: pilar, viga e laje de cobertura	10 dias	Seg 19/05/25	Sex 30/05/25	R\$ 0,00
41		Concretar pilar, viga e laje de cobertura	10 dias	Seg 19/05/25	Sex 30/05/25	R\$ 0,00
42		Cobertura e abrigo do reservatório superior	6 dias	Seg 02/06/25	Seg 09/06/25	R\$ 1.188,79
43		Marcação	1 dia	Seg 02/06/25	Seg 02/06/25	R\$ 31,56
44		Executar linhas de referência	1 dia	Seg 02/06/25	Seg 02/06/25	R\$ 31,56
45		Alvenaria - G 1	2 dias	Ter 03/06/25	Qua 04/06/25	R\$ 1.157,23
46		Executar alvenaria	2 dias	Ter 03/06/25	Qua 04/06/25	R\$ 1.157,23
47		Estrutura: pilar, viga e laje de cobertura	3 dias	Qui 05/06/25	Seg 09/06/25	R\$ 0,00
48		Concretar pilar, viga e laje de cobertura	3 dias	Qui 05/06/25	Seg 09/06/25	R\$ 0,00
49		Limpeza	1 dia	Ter 10/06/25	Ter 10/06/25	R\$ 230,23
50		Executar limpeza	1 dia	Ter 10/06/25	Ter 10/06/25	R\$ 230,23

Fonte: Autores.

Nas durações referentes à produção de alvenaria dos Grupos 2, 3 e 4 foram considerados o prazo para a execução dos elementos estruturais (vergas e contravergas) moldados *in loco*. O diagrama de *Gantt* permitiu visualizar a execução prevista das tarefas, indicando a duração de cada uma delas, suas relações de precedência e os prazos de início e término. O prazo da construção inicialmente previsto para este estudo foi de 47 dias. Neste estudo, as informações obtidas no planejamento físico-financeiro, referem-se à fase de projeto.

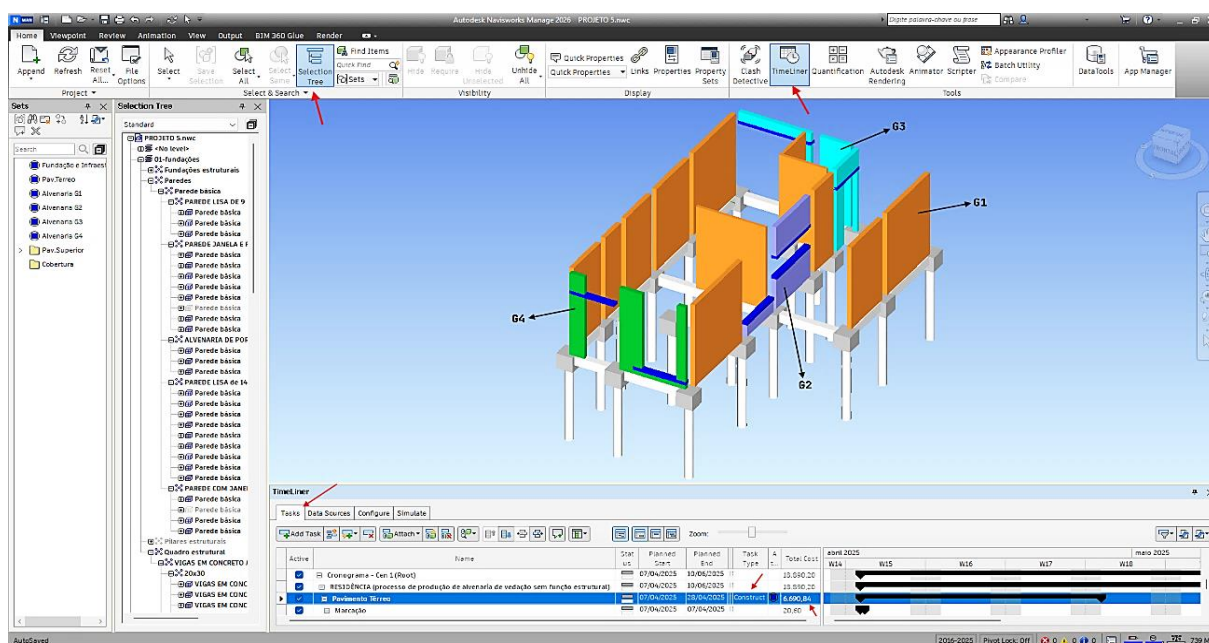
2º Passo: Modelagem de prazo

Esse procedimento consiste na integração entre o modelo tridimensional e o cronograma da obra (tempo), permitindo a simulação visual da sequência construtiva ao longo do tempo.

No contexto desse estudo de caso, as informações do planejamento foram imputadas ao modelo BIM de alvenaria de vedação sem função estrutural, criado no *Autodesk Revit 2025*, segmentado por Grupos de Parede (1, 2, 3 e 4) e Tipo (Interna/Externa), vinculadas a um cronograma de execução no *Autodesk Navisworks Manage 2026* por meio do recurso *TimeLiner*.

O *Appearance Profiler* foi utilizado para definir cores para os Grupos de alvenaria G1 a G4, destacando cada alvenaria na visualização da simulação. A Figura 11 representa a imagem digital da construção, por meio de simulação construtiva, como a alvenaria referente aos Grupos 1 a 4 deveria estar construída até o Pavimento Térreo, informando a data prevista para início em 07/04/25 e de término para 28/04/25, a um custo de R\$ 6.690,84.

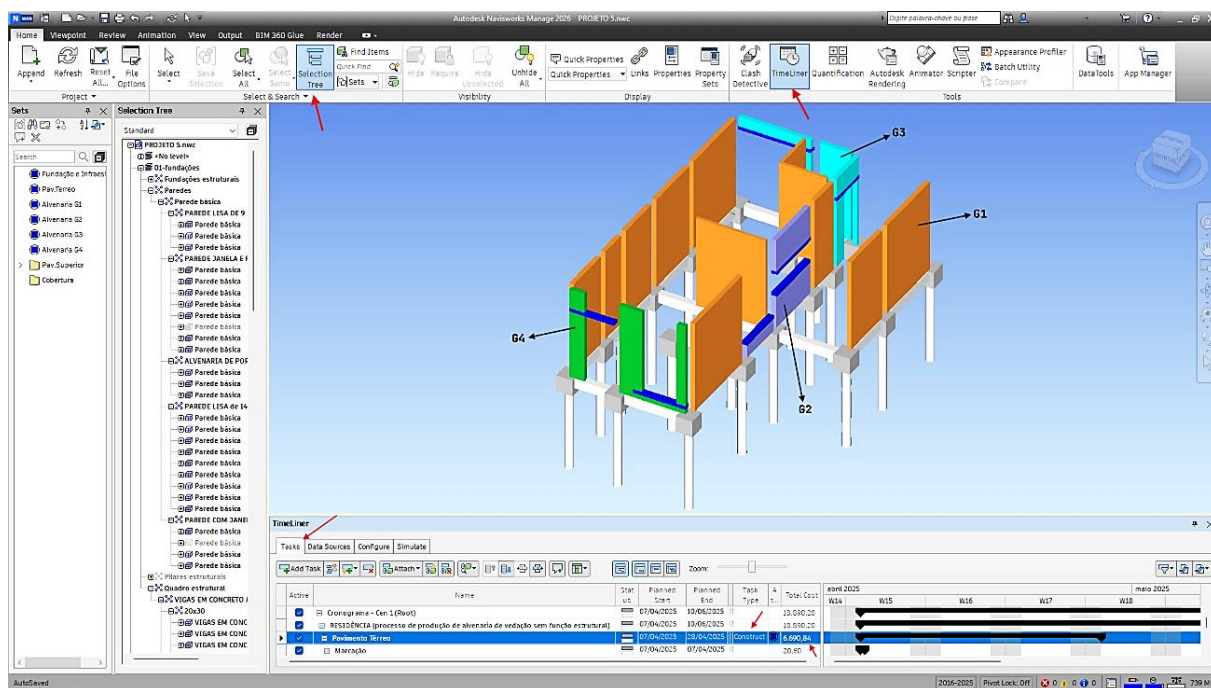
Figura 11 - Estrutura Analítica de Projeto (EAP) para o processo de alvenaria de vedação sem função estrutural - CENÁRIO 1.



Fonte: EP1

A Figura 12 representa a imagem digital da construção, por meio de simulação construtiva, informando o progresso em tempo real previsto em 32,04% para o projeto; nesse caso, para a construção da alvenaria referente aos Grupos 1 a 4 até o Pavimento Térreo.

Figura 12 - Simulação construtiva do progresso em tempo real da alvenaria (Grupo 1 a 4).



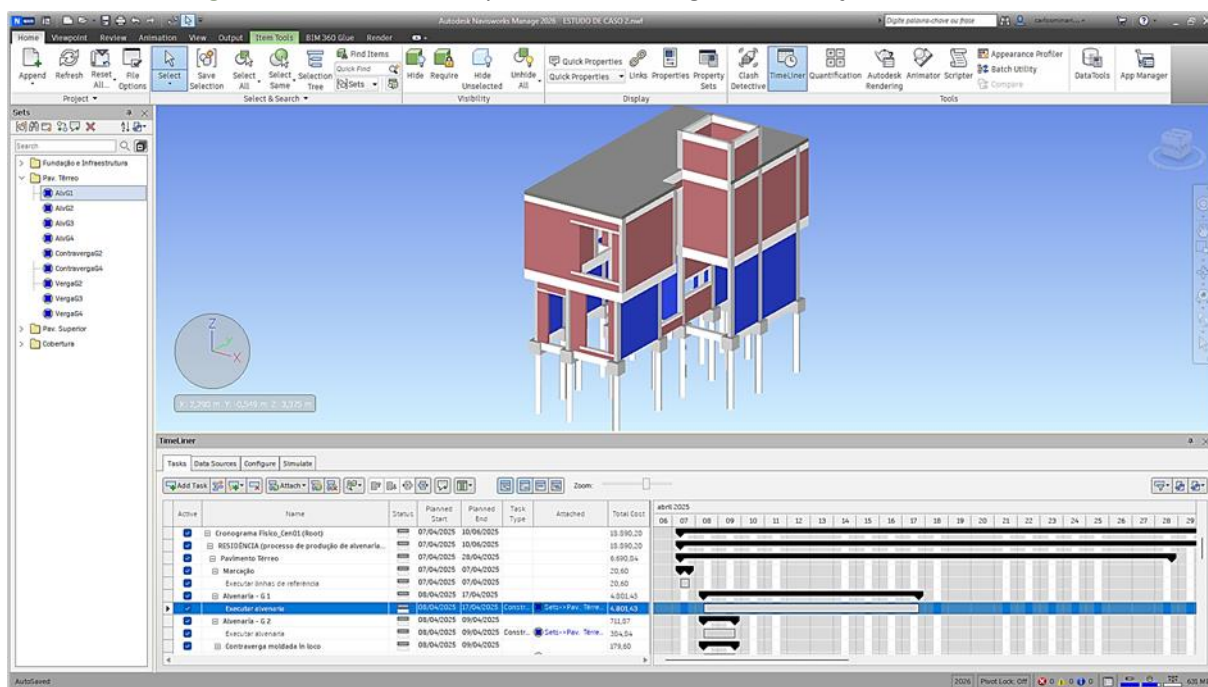
Fonte: EP1

4.1.4 Sincronização das modelagens de prazo e de custo

A partir dos custos, dos prazos, das quantidades e dos serviços, todos compilados na planilha de planejamento no *software MS Project*, o próximo passo foi conectar estas informações ao *software* de gestão *Navisworks*. As Figuras 13 a 15 representam esta sincronização destacando os serviços de execução da alvenaria de vedação sem função estrutural, possibilitando a visualização de uma correspondência precisa entre as informações de prazo e de custo associadas a um projeto de construção, integradas no ambiente de um modelo de informação da construção e gerando um sistema interligado, em que as informações sobre o tempo necessário para cada atividade construtiva estavam diretamente relacionadas aos seus respectivos custos, permitindo uma visão holística e dinâmica do projeto.

A Figura 13 representa a visualização gráfica da execução da alvenaria do Grupo 1, no Pavimento Térreo, na fase de construção, prevista para ocorrer entre as datas de 08/04/25 a 17/04/25; início e término respectivamente da tarefa, a um custo de R\$ 4.801,43.

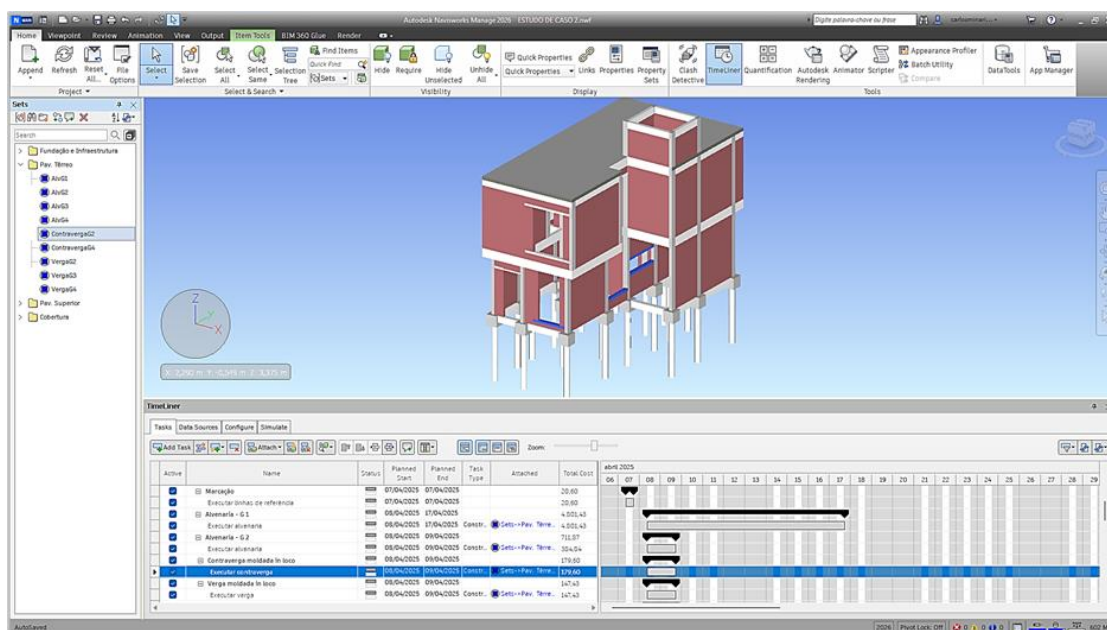
Figura 13 - Prazo e custo previstos no estágio de execução da alvenaria.



Fonte: EP1

A Figura 14 representa a visualização gráfica da execução de contravergas no Pavimento Térreo, da alvenaria do Grupo 2, durante a fase de construção, prevista para ocorrer entre as datas de 08/04/25 a 09/04/25; início e término respectivamente da tarefa, a um custo de R\$ 179,60.

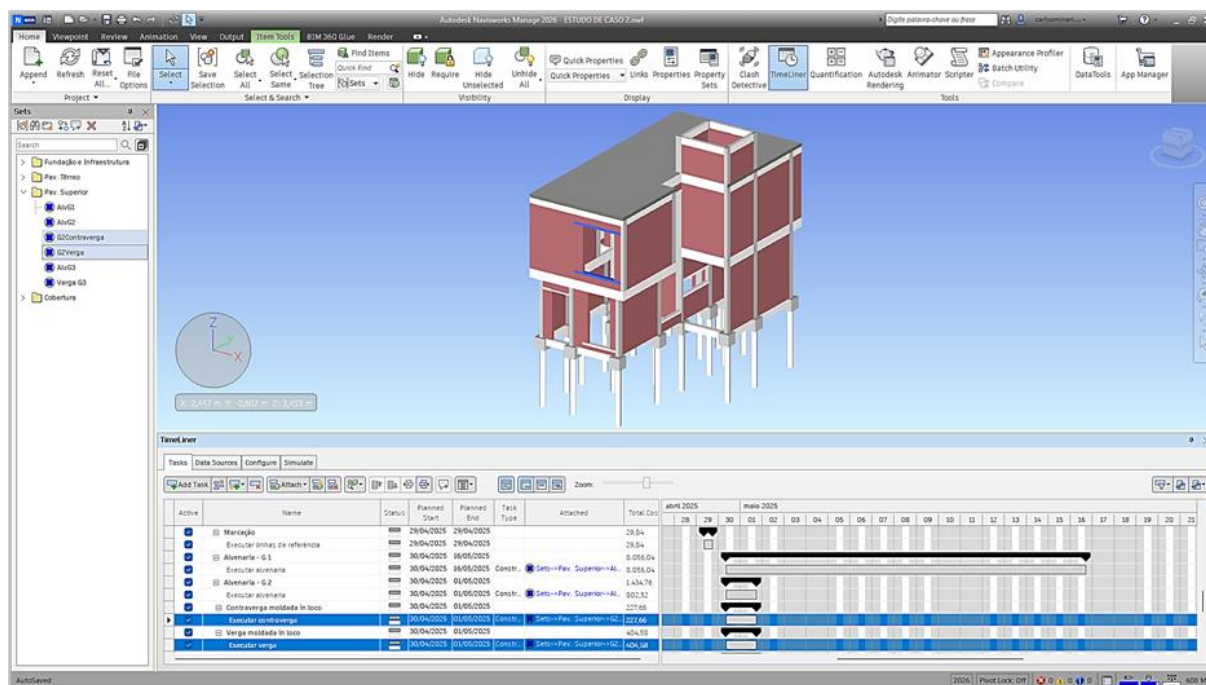
Figura 14 - Prazo e custo previstos no estágio de execução de contravergas (pav. térreo).



Fonte: EP1

A Figura 15 representa a visualização gráfica da execução de contravergas e vergas no Pavimento Superior, da alvenaria do Grupo 2, durante a fase de construção, prevista para ocorrer entre as datas de 30/04/25 a 01/05/25; início e término respectivamente das tarefas, a um custo total de R\$ 632,24. A imagem retrata a fachada principal.

Figura 15 - Prazo e custo previstos no estágio de execução de contravergas e vergas (pav. superior).



Fonte: EP1

4.1.4 Simulação do planejamento e orçamento

Foi considerado como variável para a simulação de prazo e custo no processo de produção de alvenaria, o processo construtivo de elementos estruturais em concreto armado (vergas e contravergas), devido informações de prazo obtidas durante a gestão da produção na fase de construção do pavimento térreo, superiores às previstas durante a fase de projeto, para a mesma etapa. O prazo e o custo previstos eram 16 dias e R\$ 6.690,84, respectivamente; no entanto, os resultados obtidos foram 21 dias e R\$ 7.847,89, o que significa um acréscimo de 31,25 % em relação ao prazo e 17,29 % em relação ao custo.

Dessa forma, foi proposto à EC1, simular o processo de produção de alvenaria, utilizando elementos estruturais não mais em concreto armado moldados *in loco*, e sim, com peças pré-fabricadas. O objetivo dessa simulação foi obter informações de novos parâmetros de prazo e custo, para todas as etapas do processo de produção, a partir do pavimento térreo; nessa fase já executado, mas com a visualização construtiva, ainda na fase de projeto, para as etapas seguintes; pavimento superior, cobertura e abrigo do reservatório superior.

Cenário 2: Elementos estruturais (vergas e contravergas) em concreto armado pré-fabricados

A partir da modelagem virtual por meio do *Revit*, da extração de quantidades devido a consideração dos elementos estruturais pré-fabricados, em substituição aos moldados *in loco*, e dos coeficientes de consumo de mão-de-obra e material das composições unitárias, foi gerada a planilha de custo detalhada.

A Planilha 2 representa o orçamento de custo detalhado para a produção de alvenaria, utilizando vergas e contravergas pré-fabricadas.

Planilha 2 - Orçamento de custo detalhado utilizando elementos estruturais pré-fabricados (Cenário 2).

PLANILHA DE CUSTO DETALHADO (PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ALVENARIA) - simulação vergas e contravergas pré-fabricadas										
OBRA: RESIDÊNCIA EM ALVENARIA DE VEDAÇÃO SEM FUNÇÃO ESTRUTURAL										
REFERÊNCIA: SINAPI (março/2025)										
DATA: 17/03/2025										
Nível	Item	Código	Descrição	Unid.	Qtde.	Valor Unit. M. O. / Mat.	Valores Totais			
							M. O.	% M. O.	Mat.	% Mat.
			TOTAL GERAL				R\$ 7.891,18		R\$ 10.770,56	R\$ 18.661,74
1	1.		ALVENARIA							
2	1.1.		PAV. TÉRREO				2.765,28		3.853,05	6.618,32
3	1.1.1		Marcação da 1a. fiada				12,70		7,90	20,60
4	1.1.1.1.	105011	EXECUÇÃO DE LINHAS DE REFERÊNCIA EM GABARITO OU CAVALETE	m	29,86	R\$ 0,69	12,70	61,66%	7,90	38,34%
3	1.1.2.		Alvenaria de vedação sem função estrutural - Grupo 1 (Parede lisa)				2.067,10		2.734,33	4.801,43
4	1.1.2.1.	103356	ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS 9X19X29CM	m²	13,27	R\$ 65,03	380,89	44,14%	482,03	55,86%
4	1.1.2.2.	103360	ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS 14X19X29CM	m²	42,19	R\$ 87,48	1.629,10	44,14%	2.061,65	55,86%
4	1.1.2.3.	92917	ARMAÇÃO DE AMARRAÇÃO DA ALVENARIA À ESTRUTURA DE CONCRETO	kg	17,92	R\$ 13,83	57,11	23,05%	190,65	76,95%
3	1.1.3.		Alvenaria de vedação sem função estrutural - Grupo 2 (Parede com vão de janelas)				250,38		439,57	689,95
4	1.1.3.1.	103360	ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS 14X19X29CM	m²	3,59	R\$ 87,48	138,62	44,14%	175,43	55,86%
4	1.1.3.2.	105039	CONTRAVERGA PRÉ-FABRICADA	m	3,55	R\$ 53,43	55,75	29,39%	133,93	70,61%
4	1.1.3.3.	105036	VERGA PRÉ-FABRICADA	m	2,15	R\$ 53,69	39,70	34,39%	75,74	65,61%
4	1.1.3.4.	92917	ARMAÇÃO DE AMARRAÇÃO DA ALVENARIA À ESTRUTURA DE CONCRETO	kg	5,12	R\$ 13,83	16,32	23,05%	54,47	76,95%
3	1.1.4.		Alvenaria de vedação sem função estrutural - Grupo 3 (Parede com vão de portas)				109,11		202,74	311,86
4	1.1.4.1.	103360	ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS 14X19X29CM	m²	1,16	R\$ 87,48	44,79	44,14%	56,68	55,86%
4	1.1.4.2.	105036	VERGA PRÉ-FABRICADA	m	2,60	R\$ 53,69	48,01	34,39%	91,59	65,61%
4	1.1.4.3.	92917	ARMAÇÃO DE AMARRAÇÃO DA ALVENARIA À ESTRUTURA DE CONCRETO	kg	5,12	R\$ 13,83	16,32	23,05%	54,47	76,95%
3	1.1.5.		Alvenaria de vedação sem função estrutural - Grupo 4 (Parede com vão de portas e janelas)				325,98		468,51	794,48
4	1.1.5.1.	103360	ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS 14X19X29CM	m²	7,22	R\$ 87,48	278,79	44,14%	352,81	55,86%
4	1.1.5.2.	105039	CONTRAVERGA PRÉ-FABRICADA	m	1,05	R\$ 53,43	16,49	29,39%	39,61	70,61%
4	1.1.5.3.	105036	VERGA PRÉ-FABRICADA	m	1,00	R\$ 53,69	18,46	34,39%	35,23	65,61%
4	1.1.5.4.	92917	ARMAÇÃO DE AMARRAÇÃO DA ALVENARIA À ESTRUTURA DE CONCRETO	kg	3,84	R\$ 13,83	12,24	23,05%	40,85	76,95%
2	1.2.		PAV. SUPERIOR				4.495,99		6.128,41	10.624,39
3	1.2.1.		Marcação da 1a. fiada				18,40		11,44	29,84
4	1.2.1.1.	105011	EXECUÇÃO DE LINHAS DE REFERÊNCIA EM GABARITO OU CAVALETE	m	43,25	R\$ 0,69	18,40	61,66%	11,44	38,34%
3	1.2.2.		Alvenaria de vedação sem função estrutural - Grupo 1 (Parede lisa)				3.499,95		4.556,09	8.056,04
4	1.2.2.1.	103356	ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS 9X19X29CM	m²	32,51	R\$ 65,03	933,14	44,14%	1.180,91	55,86%
4	1.2.2.2.	103360	ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS 14X19X29CM	m²	64,89	R\$ 87,48	2.505,62	44,14%	3.170,91	55,86%
4	1.2.2.3.	92917	ARMAÇÃO DE AMARRAÇÃO DA ALVENARIA À ESTRUTURA DE CONCRETO	kg	19,20	R\$ 13,83	61,19	23,05%	204,27	76,95%
3	1.2.3.		Alvenaria de vedação sem função estrutural - Grupo 2 (Parede com vão de janelas)				511,44		848,29	1.359,73
4	1.2.3.1.	103360	ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS 14X19X29CM	m²	7,96	R\$ 87,48	307,36	44,14%	388,97	55,86%
4	1.2.3.2.	105039	CONTRAVERGA PRÉ-FABRICADA	m	4,50	R\$ 53,43	70,66	29,39%	169,77	70,61%
4	1.2.3.3.	105036	VERGA PRÉ-FABRICADA	m	5,90	R\$ 53,69	108,94	34,39%	207,83	65,61%
4	1.2.3.4.	92917	ARMAÇÃO DE AMARRAÇÃO DA ALVENARIA À ESTRUTURA DE CONCRETO	kg	7,68	R\$ 13,83	24,48	23,05%	81,71	76,95%
3	1.2.4.		Alvenaria de vedação sem função estrutural - Grupo 3 (Parede com vão de portas)				466,20		712,59	1.178,79

4	1.2.4.1.	103356	ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS 9X19X29CM	m²	13,17	R\$ 65,03	378,02	44,14%	478,39	55,86%	856,41
Nível	Item	Código	Descrição	Unid.	Qtde.	Valor Unit. M. O. / Mat.	Valores Totais				Total Geral
							M. O.	% M. O.	Mat.	% Mat.	
4	1.2.4.2.	105037	VERGA PRÉ-FABRICADA	m	4,00	R\$ 36,35	47,39	32,59%	98,01	67,41%	145,40
4	1.2.4.3.	92917	ARMAÇÃO DE AMARRAÇÃO DA ALVENARIA À ESTRUTURA DE CONCRETO	kg	12,80	R\$ 13,83	40,79	23,05%	136,18	76,95%	176,97
2	1.3.		COBERTURA / ABRIGO RESERV. SUPERIOR				467,19		721,60		1.188,79
3	1.3.1.		Marcação da 1a. fiada				19,46		12,10		31,56
4	1.3.1.1.	105011	EXECUÇÃO DE LINHAS DE REFERÊNCIA EM GABARITO OU CAVALETE	m	45,75	R\$ 0,69	19,46	61,66%	12,10	38,34%	31,56
3	1.3.2.		Alvenaria de vedação sem função estrutural - Grupo 1 (Parede lisa)				447,73		709,50		1.157,23
4	1.3.2.1.	103360	ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS 14X19X29CM	m²	9,81	R\$ 87,48	378,80	44,14%	479,37	55,86%	858,17
4	1.3.2.2.	92917	ARMAÇÃO DE AMARRAÇÃO DA ALVENARIA À ESTRUTURA DE CONCRETO	kg	21,63	R\$ 13,83	68,93	23,05%	230,13	76,95%	299,06
2	1.4.		LIMPEZA GERAL				162,73		67,50		230,23
3	1.4.1.	99814	LIMPEZA DE SUPERFÍCIE COM JATO DE ALTA PRESSÃO	m²	85,05	R\$ 2,71	162,73	70,68%	67,50	29,32%	230,23

Fonte: Autores

A partir da EAP foi elaborado o cronograma físico, e mediante as informações do orçamento de custo detalhado, foi elaborado o cronograma financeiro; ambos compilados ao *software MS Project*, sendo definidas, de acordo com a projeção inicial, a data de início em 07/04/25 e a data de término em 04/06/25, conforme Figura 16.

Figura 16 - Cronograma físico-financeiro: Cenário 2

	Modo da	Nome	Duração	Início	Término	Custo
1		RESIDÊNCIA (processo de produção de alvenaria de vedação sem função estrutural)	43 dias	Seg 07/04/25	Qua 04/06/25	R\$ 18.661,74
2		▶ Pavimento Térreo	14 dias	Seg 07/04/25	Qui 24/04/25	R\$ 6.618,32
3		▶ Marcação	1 dia	Seg 07/04/25	Seg 07/04/25	R\$ 20,60
4		Executar linhas de referência	1 dia	Seg 07/04/25	Seg 07/04/25	R\$ 20,60
5		▶ Alvenaria - G 1	6 dias	Ter 08/04/25	Ter 15/04/25	R\$ 4.801,43
6		Executar alvenaria	6 dias	Ter 08/04/25	Ter 15/04/25	R\$ 4.801,43
7		▶ Alvenaria - G 2	1 dia	Ter 08/04/25	Ter 08/04/25	R\$ 689,95
8		Executar alvenaria	1 dia	Ter 08/04/25	Ter 08/04/25	R\$ 384,84
9		▶ Contraverga pré-fabricada	1 dia	Ter 08/04/25	Ter 08/04/25	R\$ 189,68
10		Executar contraverga	1 dia	Ter 08/04/25	Ter 08/04/25	R\$ 189,68
11		▶ Verga pré-fabricada	1 dia	Ter 08/04/25	Ter 08/04/25	R\$ 115,43
12		Executar verga	1 dia	Ter 08/04/25	Ter 08/04/25	R\$ 115,43
13		▶ Alvenaria - G 3	1 dia	Ter 08/04/25	Ter 08/04/25	R\$ 311,86
14		Executar alvenaria	1 dia	Ter 08/04/25	Ter 08/04/25	R\$ 172,27
15		▶ Verga pré-fabricada	1 dia	Ter 08/04/25	Ter 08/04/25	R\$ 139,59
16		Executar verga	1 dia	Ter 08/04/25	Ter 08/04/25	R\$ 139,59
17		▶ Alvenaria - G 4	1 dia	Ter 08/04/25	Ter 08/04/25	R\$ 794,48
18		Executar alvenaria	1 dia	Ter 08/04/25	Ter 08/04/25	R\$ 684,69
19		▶ Contraverga pré-fabricada	1 dia	Ter 08/04/25	Ter 08/04/25	R\$ 56,10
20		Executar contraverga	1 dia	Ter 08/04/25	Ter 08/04/25	R\$ 56,10
21		▶ Verga pré-fabricada	1 dia	Ter 08/04/25	Ter 08/04/25	R\$ 53,69
22		Executar verga	1 dia	Ter 08/04/25	Ter 08/04/25	R\$ 53,69
23		▶ Estrutura: pilar, viga e laje de piso	7 dias	Qua 16/04/25	Qui 24/04/25	R\$ 0,00
24		Concretar pilar, viga e laje de piso	7 dias	Qua 16/04/25	Qui 24/04/25	R\$ 0,00
25		▶ Pavimento Superior	22 dias	Sex 25/04/25	Seg 26/05/25	R\$ 10.624,40
26		▶ Marcação	1 dia	Sex 25/04/25	Sex 25/04/25	R\$ 29,84
27		Executar linhas de referência	1 dia	Sex 25/04/25	Sex 25/04/25	R\$ 29,84
28		▶ Alvenaria - G 1	11 dias	Seg 28/04/25	Seg 12/05/25	R\$ 8.056,04
29		Executar alvenaria	11 dias	Seg 28/04/25	Seg 12/05/25	R\$ 8.056,04
30		▶ Alvenaria - G 2	1 dia	Seg 28/04/25	Seg 28/04/25	R\$ 1.359,73
31		Executar alvenaria	1 dia	Seg 28/04/25	Seg 28/04/25	R\$ 802,52
32		▶ Contraverga pré-fabricada	1 dia	Seg 28/04/25	Seg 28/04/25	R\$ 240,44
33		Executar contraverga	1 dia	Seg 28/04/25	Seg 28/04/25	R\$ 240,44
34		▶ Verga pré-fabricada	1 dia	Seg 28/04/25	Seg 28/04/25	R\$ 316,77
35		Executar verga	1 dia	Seg 28/04/25	Seg 28/04/25	R\$ 316,77
36		▶ Alvenaria - G 3	1 dia	Seg 28/04/25	Seg 28/04/25	R\$ 1.178,79
37		Executar alvenaria	1 dia	Seg 28/04/25	Seg 28/04/25	R\$ 1.033,39
38		▶ Verga pré-fabricada	1 dia	Seg 28/04/25	Seg 28/04/25	R\$ 145,40
39		Executar verga	1 dia	Seg 28/04/25	Seg 28/04/25	R\$ 145,40
40		▶ Estrutura: pilar, viga e laje de cobertura	10 dias	Ter 13/05/25	Seg 26/05/25	R\$ 0,00
41		Concretar pilar, viga e laje de cobertura	10 dias	Ter 13/05/25	Seg 26/05/25	R\$ 0,00
42		▶ Cobertura e abrigo do reservatório superior	6 dias	Ter 27/05/25	Ter 03/06/25	R\$ 1.188,79
43		▶ Marcação	1 dia	Ter 27/05/25	Ter 27/05/25	R\$ 31,56
44		Executar linhas de referência	1 dia	Ter 27/05/25	Ter 27/05/25	R\$ 31,56
45		▶ Alvenaria - G 1	2 dias	Qua 28/05/25	Qui 29/05/25	R\$ 1.157,23
46		Executar alvenaria	2 dias	Qua 28/05/25	Qui 29/05/25	R\$ 1.157,23
47		▶ Estrutura: pilar, viga e laje de cobertura	3 dias	Sex 30/05/25	Ter 03/06/25	R\$ 0,00
48		Concretar pilar, viga e laje de cobertura	3 dias	Sex 30/05/25	Ter 03/06/25	R\$ 0,00
49		▶ Limpeza	1 dia	Qua 04/06/25	Qua 04/06/25	R\$ 230,23
50		Executar limpeza	1 dia	Qua 04/06/25	Qua 04/06/25	R\$ 230,23

Fonte: Autores

Nas durações referentes à produção de alvenaria dos Grupos 2, 3 e 4 foram considerados o prazo para a execução dos elementos estruturais (vergas e contravergas) pré-fabricados.

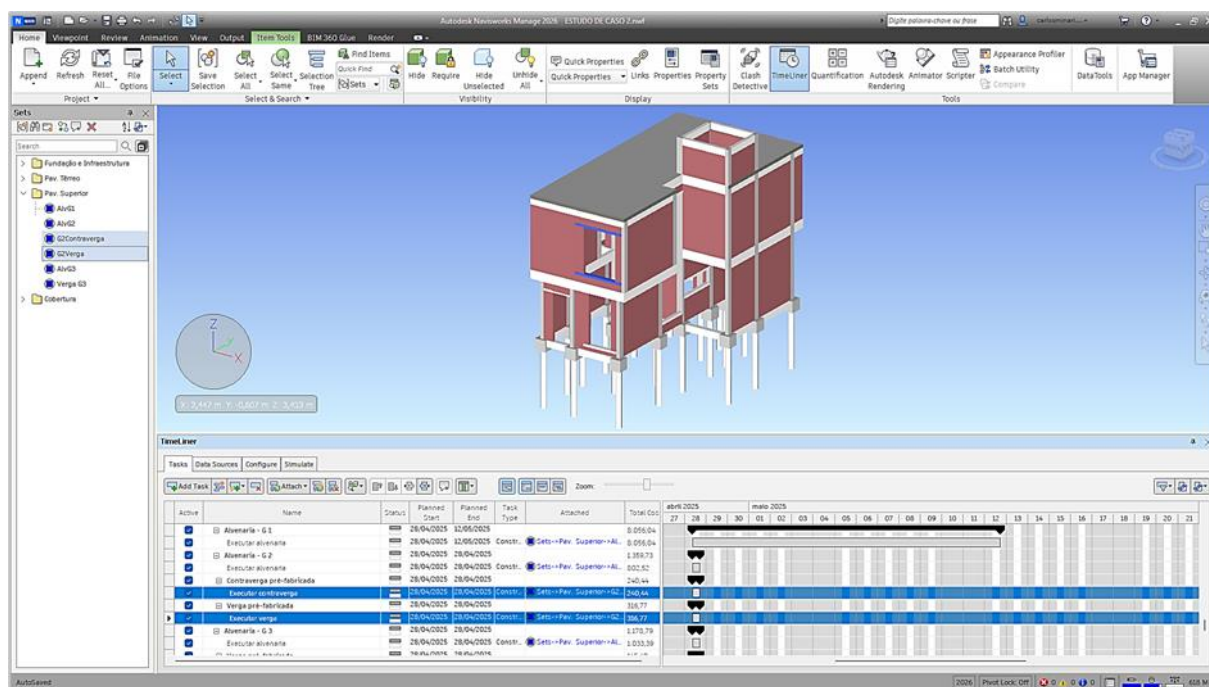
A partir da sincronização e da geração das imagens digitais construtivas no Cenário 1 por meio do BIM, foi possível analisar a sequência do processo de produção de alvenaria, e alterar o processo construtivo de elementos estruturais, obtendo novos parâmetros de prazo e de custo, por meio de simulação.

Dessa forma, mesmo diante das informações obtidas na fase de construção, durante a gestão da produção na etapa do pavimento térreo, foi possível obter parâmetros de prazo para as demais etapas, após a simulação (Cenário 2), os quais suprimiram o atraso inicial.

A Figura 17 representa a visualização gráfica da execução de contravergas e vergas no Pavimento Superior, da alvenaria do Grupo 2, durante a fase de construção, prevista para ocorrer na data de 28/04/25, a um custo total de R\$ 557,21. A imagem retrata a fachada principal.

Pode-se observar que houve uma redução em relação ao prazo em quatro dias e ao custo em R\$ 75,03, retratando uma redução de 50% quanto ao prazo e de 13,46% quanto ao custo, se comparado com a simulação representada na Figura 15 (Cenário 1), para a execução de vergas e contravergas (moldadas *in loco* versus pré-fabricadas).

Figura 17 - Prazo e custo previstos no estágio de execução de contravergas e vergas (pav. superior).

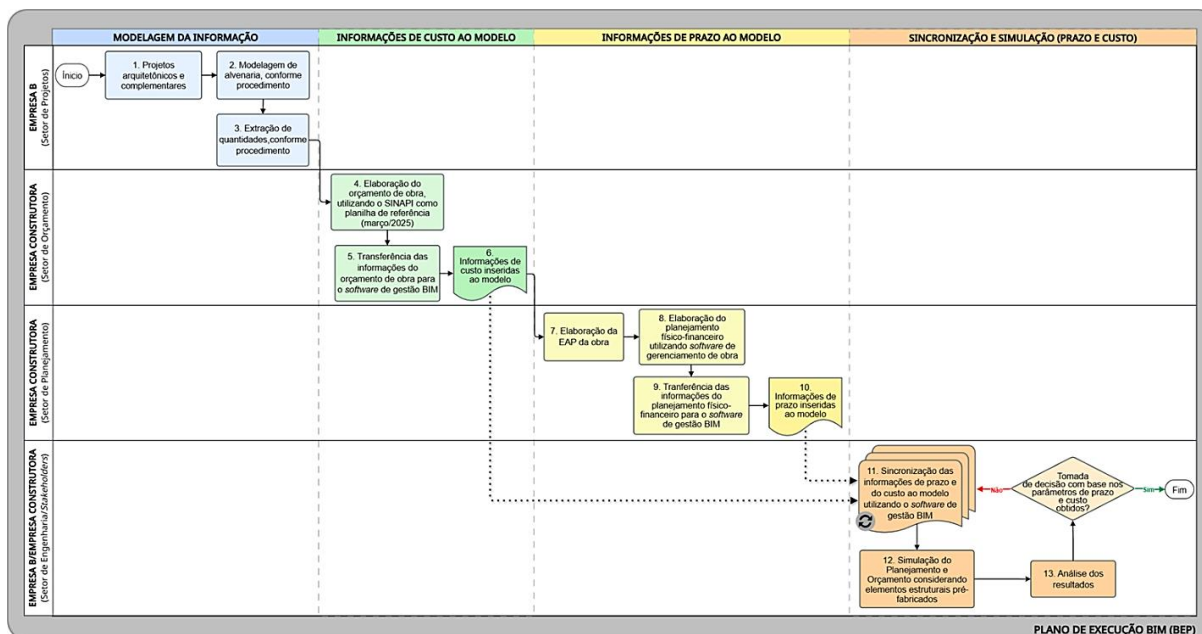


Fonte: EP1

Fluxo de trabalho para sincronização e simulação de prazo e do custo ao modelo BIM

A Figura 18 retrata o fluxo de trabalho proposto e desenvolvido durante o estudo de caso. Após a realização da simulação, o fluxo foi apresentado à EP1 e à EC1, abordando os procedimentos adotados. Ao término da apresentação e a validação, o fluxo foi disponibilizado aos profissionais participantes deste estudo.

Figura 18 - Fluxo de trabalho para sincronização e simulação de prazo e do custo ao modelo BIM.



Fonte: Autores.

A concepção do fluxo de trabalho proposto nesta pesquisa teve como base o conceito de fluxograma do processo BIM apresentado por Fernandes (2013), sendo posteriormente adaptado e ampliado para representar as etapas, relações entre os setores da empresa e procedimentos específicos relacionados à obtenção da sincronização dos parâmetros de prazo e custo e simulações, a partir de variáveis construtivas intrínsecas ao serviço de alvenaria.

4.1.5 Validação de artefato proposto

A validação do artefato proposto ocorreu a partir da fase de ajuste, com a participação de profissionais: dois arquitetos, um engenheiro de orçamento, um engenheiro de planejamento, um engenheiro de canteiro de obras, o diretor da empresa, o cliente e o pesquisador, que analisaram e contribuíram para o aprimoramento do fluxo de trabalho proposto.

As simulações foram realizadas a partir de um projeto arquitetônico residencial, contemplando os pavimentos térreo e superior, mediante a obtenção das informações parametrizadas e a consideração do processo construtivo dos elementos estruturais como variável construtiva, sendo estabelecido o Cenário 1, correspondente à execução de vergas e contravergas moldadas *in loco*, e o Cenário 2, correspondente à utilização de vergas e contravergas pré-moldadas.

A partir das simulações dos dois cenários, foram obtidos os respectivos parâmetros de prazo e custo, possibilitando aos participantes analisar os resultados e subsidiar a tomada de decisões ainda na fase de projeto, com vistas à aplicação das definições selecionadas durante a fase de construção. Dessa forma, a análise conjunta dos resultados e das contribuições dos participantes permitiu validar o artefato proposto quanto à sua capacidade de possibilitar a obtenção, a sincronização e a análise dos parâmetros de prazo e custo associados ao processo de produção de alvenaria.

Durante a fase de ajuste, foi discutido entre os profissionais participantes, sobre a facilidade do uso do fluxo proposto, partindo do pressuposto que deveria possibilitar sua aplicação na prática.

Vale ressaltar que após a avaliação, a proposta foi validada; porém, os critérios de extração dos quantitativos e orçamentação, assim como os *softwares* utilizados na pesquisa, podem variar de acordo com as práticas da empresa.

Diante do exposto, a Figura 19 retrata a sequência metodológica.

Figura 19 - Sequência metodológica da validação do artefato.



Fonte: Autores

4.1.6 Principais conclusões do estudo de caso

A técnica adotada de modelagem segmentada por “Grupos de Paredes - interna e externa (1, 2, 3 e 4)”, evidenciada no estudo de caso, possibilitou realizar simulação de forma ágil, confiável e assertiva, assegurando a tomada de decisão pelos profissionais envolvidos no projeto.

Além das informações confiáveis, precisas e assertivas referentes a parâmetros de prazo e custo, as quais não são possíveis de serem obtidas quando utilizados métodos tradicionais, permitiu obter informações de prazo por meio das durações detalhadas e de produtividade relativa à equipe de mão-de-obra e de custo por meio do orçamento detalhado.

O fluxo de trabalho e os procedimentos adotados e utilizados em atendimento ao objetivo desse estudo foi apresentado e validado pelos profissionais envolvidos no empreendimento.

A metodologia proposta em segmentar o processo de produção de alvenaria, proporcionou uma maior visibilidade das tarefas, a precedência entre elas, dos prazos e custos efetivos, entre outros índices.

5 DISCUSSÃO

De forma sintetizada, a Tabela 2 reúne e compara as principais informações obtidas no estudo de caso, sistematizando os resultados obtidos na Projeção Inicial (Cenário 1) e na Simulação (Cenário 2). A comparação considera os mesmos parâmetros nos dois cenários, permitindo identificar os efeitos da substituição das vergas e contravergas moldadas *in loco* por elementos estruturais pré-fabricados.

Tabela 2 - Informações obtidas (Cenários 1 e 2)

	Projeção Inicial (Cenário 1)	Simulação (Cenário 2)	Observações
Custo médio do processo de produção de alvenaria (R\$/m ²)	96,49	95,32	Redução de R\$ 1,17/m ² (economia de 1,22% / m ²)
Custo total do processo de execução de alvenaria (R\$)	18.890,19	18.661,74	Economia de R\$ 228,45 no processo de produção de alvenaria
Elementos estruturais	Vergas e contra-vergas moldadas <i>in loco</i>	Vergas pré-fabricadas	A substituição dos elementos altera os coeficientes de consumo de mão de obra e, consequentemente, a produtividade e o prazo de execução.
Coeficiente de mão de obra (verga de 15 cm) (h)	0,501	0,049	Redução significativa do coeficiente de consumo de mão de obra na execução do elemento pré-fabricado.
Produtividade (m/h)	1,99	20,4	A produtividade estimada aumenta aprox. 10 vezes com a utilização do elemento pré-fabricado.
Prazo do processo de execução de alvenaria (dias úteis)	47	43	Otimização do tempo de execução com redução de 4 dias
Término previsto para o processo de produção de alvenaria do Pavimento Superior (data)	30/05/25	26/05/25	Antecipação da conclusão do processo de execução de alvenaria em 4 dias úteis

Fonte: Autores

Os resultados apresentados na Tabela 2 evidenciam que a substituição das vergas e contravergas moldadas *in loco* por elementos pré-fabricados proporcionou efeitos simultâneos nos parâmetros de prazo e custo no processo de produção de alvenaria. No

aspecto econômico, observou-se redução do custo médio de produção de R\$ 96,49/m², no Cenário 1, para R\$ 95,32/m², no Cenário 2, resultando em uma economia de R\$ 228,45 no custo total. Embora a redução percentual do custo tenha sido de 1,21%, a alteração apresentou efeito mais significativo sobre o prazo de execução, que passou de 47 para 43 dias, representando redução de 9,15%. Esse resultado está associado principalmente à redução dos coeficientes de consumo de mão de obra empregados nas composições dos elementos estruturais pré-fabricados, refletindo-se no aumento da produtividade.

Como consequência, verificou-se também a antecipação das etapas subsequentes de concretagem da superestrutura, com reflexos no término previsto das atividades do pavimento superior. Assim, a simulação demonstrou que, considerando a variável construtiva referente ao processo construtivo dos elementos estruturais, ainda na fase de projeto, obteve-se novos parâmetros de custo e prazo, possibilitando tomar decisões para que o prazo e custo na fase de construção, ficassem aderentes às projeções quando da fase de projeto.

6 CONCLUSÃO

Questões relacionadas à gestão do tempo, envolvendo a geração, atualização e simulação de cronogramas, e à gestão de custos, por meio da geração e atualização de quantitativos, estimativas e simulações de custos, foram respondidas de forma satisfatória com o uso do BIM, proporcionando maior rapidez dos processos, precisão e resultados assertivos e confiáveis à EC1, participante da pesquisa.

A utilização do BIM no estudo de caso, auxiliou a integração das informações entre os processos de modelagem, planejamento e orçamentação de obra, abrangendo *softwares*, informações, equipes, materiais e equipamentos utilizados no processo de projeto e no processo de construção, conforme imagens retratadas por meio de *prints* de telas durante a utilização de *softwares* BIM.

Os parâmetros de prazo e de custo para a processo de produção de alvenaria foram obtidos individualmente, conforme técnica adotada no procedimento de modelagem, com base em paredes parametrizadas, e cada uma delas, associada em grupos de modulação e em níveis estruturais.

Os usos do BIM permitiram obter parâmetros de prazo e custo para o processo de produção de alvenaria mediante os cenários construtivos do estudo de caso e direcionaram os profissionais da EC1 a considerar estas informações para os empreendimentos na fase de projeto e na fase de construção, conforme resultados apresentados na Tabela 2.

Nesse contexto, a presente pesquisa busca suprir a lacuna de conhecimento, por meio do desenvolvimento e da validação de um fluxo de trabalho que estabelece a conexão entre parâmetros de produto e serviço e a modelagem integrada de prazo e custo. Tal abordagem possibilita a realização de simulações baseadas em variáveis intrínsecas ao processo executivo da alvenaria, promovendo a integração e a automação das informações de prazo e custo. Como contribuição, a pesquisa propõe um incremento prático, sistematizado e passível de replicação no âmbito da aplicação do BIM para o planejamento e a orçamentação.

A pesquisa trouxe uma contribuição, diante do artefato proposto, de caráter prático e teórico. Prático, na medida em que soluciona um problema proveniente do mundo real, e teórico, uma vez que apresenta um fluxo de trabalho fundamentado e embasado na bibliografia pesquisada, que orienta a modelagem BIM, extração de quantidades e estimativas de custo (orçamento executivo), planejamento, sincronização e simulação de prazo e custo, por meio do BIM, propiciando parâmetros de prazo e custo para tomada de decisão dos gestores de empreendimentos.

A técnica proposta para modelagem do processo de produção de alvenaria, embasou-se em paredes parametrizadas com base nos materiais definidos no modelo BIM, e cada uma delas, associada a um grupo de modulação, conforme detalhado nas etapas do estudo de caso, propiciando imagens digitais construtivas do modelo de construção, quando da sincronização de prazo e custo, caracterizadas independentemente para cada grupo de alvenaria.

Essa pesquisa pode servir como referência para trabalhos futuros, pois incentiva-se a ampliar os itens, os quais compõem os projetos, para que os mesmos possam ser considerados no processo de modelagem; dessa forma, a extração de quantidade poderá ser automatizada, para juntamente com as informações de custo, possam ser imputadas ao modelo.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Brasil - Código Financeiro 001.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, P. S. M.; SANTOS, B. B. das N.; LIMA, A. L. de. **Alvenaria estrutural na construção civil**. Engenharia, v. 28, n. 134, 2024. DOI: 10.5281/zenodo.11113375. Disponível em: <https://revistaft.com.br/alvenaria-estrutural-na-construcao-civil/>. Acesso em: 22 out. 2025.
- ANDRADE, M.L.; RUSCHEL, R.C. **BIM: Conceitos, Cenário das Pesquisas Publicadas no Brasil e tendências**. 2009. Universidade de São Paulo. SBQP 2009. IX Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. São Carlos, SP. DOI: 10.4237/sbqp.09.0166.
- ANTUNES, C. E.; SCHEER, S. Requisitos de informação e mapas do processo de projeto de estruturas em concreto armado: um estudo de caso utilizando a metodologia IDM. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 18-34, jan./jun. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/parc.v5i1.8634520>. Acesso em: 29 out. 2025.
- BEZERRA, C. R. da M.; RIBEIRO, S. A. Proposta de fluxo BIM otimizado para estimativa de custo e planejamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3., 2021, Uberlândia. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1-8. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/571>. Acesso em: 7 mar. 2025.
- BSI; BuildingSMART. **Constructing the business case**: Building information modelling Londres, 2010.
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Relatórios mensais de custos: SINAPI**: tabelas de insumos e composições (ano/mês). Brasília: Caixa Econômica Federal, 2025. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br>. Acesso em: 07 mar. 2025.
- CALDART, C. W.; SCHEER, S. Construction site design planning using 4D BIM modeling. **Gestão & Produção**, v. 29, e5312, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9649-2022v29e5312>.
- CÁRDENAS, C.; ZAPATA, P.; LOZANO, N. Building Information Modeling 5D and Earned Value Management methodologies integration through a computational tool. **Revista Ingeniería de Construcción**, v.33, n. 3, 2018. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000300263>.

CASTRO, P. G. F. de. **Mapeamento do processo de desenvolvimento de projetos de água fria em ambiente BIM utilizando a metodologia BPMN**. 2026. 99 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Campus de Russas, Universidade Federal do Ceará, Russas, 2026. Orientação: Profa. Dra. Mylene de Melo Vieira.

EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R., LISTON, K. **Manual de BIM: Um Guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2021. 585 p.

EASTMAN, C.; JEONG, Y. S.; SACKS, R.; KANER, I. Exchange Model and Exchange Object Concepts for Implementation of National BIM Standards. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 24, n. 1, p. 25-34, 2010.

FAIRBANKS, J. et al. Integração BIM por meio da metodologia IDM/MVD para a análise estrutural, considerando o sistema construtivo de wood-frame. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

FERNANDES, R. P. L. **Advantages and disadvantages of BIM platforms on construction site**. 2013. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2013.

FITZNER, A. B.; RODRIGUES, R. A influência do BIM no planejamento de obras. **Revista Boletim do Gerenciamento** nº 43, 2024. Disponível em: www.nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento. Acesso em: 17 abr. 2025.

GIACOMAZZI, R.; SOTO, S. L.; MORMELO, K. J.; ROMANEL, F. B.; LOBO, A. V. A importância do Building Information Modeling – BIM no orçamento e planejamento de obras residenciais. **Revista On-line IDD**, Curitiba, n. 6, set.-dez. 2024. Disponível em: <https://bit.ly/4hhwDad>. Acesso em: 28 abr. 2025.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 29481-1: Building information models - Information delivery manual - Part 1: Methodology and format**. 2. ed. Geneva: ISO, 2016.

KERN, A. P. **Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimentos de construção**. 2005. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

LUKKA, K. The constructive research approach. In: OJALA, L.; HILMOLA, O.-P. (Eds.). **Case Study Research in Logistics**. Turku: Turku School of Economics and Business Administration, 2003. v. 1, p. 83-101. (Series B).

LY, D. H.; MOON, H.; SHIN, H.; AHN, Y. **Critical risk factors of stakeholder collaboration impacting BIM implementation in high-rise residential building projects under the DBB system: a Delphi survey**. *Advances in Civil Engineering*, v. 2024, 9888982, 2024. DOI: [10.1155/2024/9888982](https://doi.org/10.1155/2024/9888982).

MACHADO, H. B.; BRANDSTETTER, M. C. G. de O. A fragmentação na indústria da construção civil: a importância das habilidades e competências, uma revisão sistemática da literatura. **Revista Caderno Pedagógico**, Curitiba, v. 21, n. 6, p. 01-23, 2024. DOI: [10.54033/cad-pedv21n6-052](https://doi.org/10.54033/cad-pedv21n6-052).

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão de processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Dep. de Engenharia de Construção Civil. 2013. São Paulo, SP. 325p.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research in Information Technology. **Decision Support Systems**, v. 15, n. 4, p. 251-266, 1995.

MATOS, P. R. F.; LIMA, M. G.; BARROS NETO, J. P. O uso do BIM no planejamento e controle de prazos e custos: uma revisão sistemática de literatura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 12., 2021, Maceió. **Anais[...]** Porto Alegre: ANTAC, 2021. p.1-8. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/427>. Acesso em: 30 out. 2023.

MENEZES, B.R. P.; AVELLAR JUNIOR, L. A. M. de; DINIZ, T. I.; EIRAS, D. H. M.; GOMES, G. J. da C.; PASCHOAL, C. J. F. Alvenaria estrutural na construção civil. **Revista Teccen**, v. 11, n. 2, p. 16-22, jul./dez. 2018.

MILANA, G. S.; FIGUEIREDO, K. V. **A Metodologia BIM como fortalecedora do Planejamento e Controle de Obras Civas na Era Tecnológica**. *Revista Boletim do Gerenciamento*, v. 45, n. 45, 2024. ISSN: 2595-6531. Disponível em: <https://bit.ly/4cCPzxE>. Acesso em: 17 mar. 2025.

MOHD NAWI, M. N.; BALUCH, N.; BAHAUDDIN, A. Y. Impact of fragmentation issue in construction industry: An overview. In: **MATEC web of conferences**. EDP Sciences, 2014. p. 01009. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/20141501009>.

PEREIRA, D. M.; FIGUEIREDO, K. **O impacto da metodologia BIM na elaboração de orçamentos em projetos de obras civis**. Revista Boletim do Gerenciamento, v. 17, n. 17, 2020. ISSN: 2595-6531. Disponível em: <https://bit.ly/4gMi7pg>. Acesso em: 23 abr. 2025.

SANTOS, A. F.; SILVA, J. L. F.; DIAS, G. B. **Alvenaria estrutural: o sistema construtivo mais viável na construção civil brasileira**. Orientadora: MSC. Aparecida M. Tomioka. 2023. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Edificações) – Etec Itaquera II, São Paulo, 2023.

SANTOS, E. T. **BIM - building information modeling: um salto para a modernidade na tecnologia da informação aplicada à construção civil**. Criação, representação e visualização digitais: tecnologias digitais de criação, representação e visualização no processo de projeto. Tradução. Brasília: UnB, 2012. Disponível em: <https://bit.ly/3TorvYN>. Acesso em: 23 ago. 2024.

SENA, T. C. de. **BIM Colaborativo: proposta de *framework* BIM para colaboração no desenvolvimento de projetos**. 2021. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.

TRAN, T. V.; TRAN, H. V. V.; NGUYEN, T. A. A review of challenges and opportunities in BIM adoption for construction project management. **Engineering Journal**, v. 28, n. 8, p. 79-98, 2024. DOI: <https://doi.org/10.4186/ej.2024.28.8.79>.

TROCHIM, W. M. K.; DONNELLY, J. P.; ARORA, K. **Research methods: the essential knowledge base**. Boston: Cengage Learning, 2016. ISBN 9781133954774. Disponível em: <https://lib.ugent.be/catalog/rug01:002248743>. Acesso em: 8 jun. 2025.

XU, Z.; ABUALDENIEN, J.; LIU, H.; KANG, R. An IDM-Based Approach for Information Requirement in Prefabricated Construction, **Advances in Civil Engineering**, 2020, 8946530, p. 1-21, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/8946530>. Acesso em: 30 out. 2025.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.