



ConBRepro

XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

IA nas Engenharias

29 nov. a 01 de dezembro 2023



Requisitos de modelagem BIM para planejamento de obras residenciais não-repetitivas

Fernanda M. de Lima

Programa de mestrado em Inovações Tecnológicas em Gestão da Produção e Qualidade, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Izabelle P. Albanez

Programa de mestrado em Inovações Tecnológicas em Gestão da Produção e Qualidade, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Marcelo Guelbert

Programa de mestrado em Inovações Tecnológicas em Gestão da Produção e Qualidade, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Tanatiana Ferreira Guelbert

Programa de mestrado em Inovações Tecnológicas em Gestão da Produção e Qualidade, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Resumo: Pesquisadores vem ao longo das duas últimas décadas avaliando a aplicação do *Lean Construction* (Construção Enxuta) e do *Building Information Model* – BIM (Modelagem da Informação na Construção). A Modelagem da Informação na Construção permite, por meio de modelos BIM 4D, a visualização do processo de construção em tempo real. Apesar dos avanços no tema, é importante que se avalie o processo de implementação dessas tecnologias, considerando fatores como: custos, cultura organizacional, capacitação da equipe, entre outros. Levando em consideração as características que proporcionam a geração de incertezas no processo produtivo do setor, a proposta deste trabalho é avaliar os requisitos de modelagem BIM para o planejamento de obras residenciais não repetitivas. Foram elencados na metodologia da pesquisa: diretrizes para projeto executivo, sequência executiva, sincronização de equipes, desenvolvimento de cronograma, redução de desperdícios, qualidade na informação e comunicação dos envolvidos. Com a simulação construtiva foi possível uma melhor visualização do escopo do projeto, assim como, maior clareza para decisões sobre planos de ataque de execução e informações detalhadas sobre os pacotes de trabalho, além de ter possibilitado a análise dos modelos 3D e o levantamento de requisitos de modelagem BIM para planejamento, como: Criação de parâmetros compartilhados; Compatibilização de coordenadas das disciplinas; Escolha dos métodos de modelagem das paredes em camadas; Verificação da ausência de objetos BIM e separação dos objetos BIM em localizações que se integrem com a sequência executiva na obra.

Palavras-chave: planejamento BIM; requisitos de modelagem; construção enxuta.

BIM modeling requirements for construction planning non-repetitive residential

Abstract: Over the last two decades, researchers have been evaluating the application of Lean Construction (Lean Construction) and the Building Information Model – BIM (Information Modeling in Construction). Information Modeling in Construction allows, through 4D BIM models, the visualization of the construction process in real time. Despite advances on the topic, it is important to evaluate the implementation process of these technologies, considering factors such as: costs, organizational culture, team training, among others. Taking into account the characteristics that generate uncertainty in the sector's production process, the purpose of this work is to evaluate the BIM modeling requirements for planning non-repetitive residential works. The following will be listed in the research methodology: guidelines for executive project, executive sequence, team synchronization, schedule development, waste reduction, and quality of information and communication of those involved. With the construction simulation, it was possible to better visualize the scope of the project, as well as greater clarity for decisions about execution attack plans and detailed information about work packages, in addition to enabling the analysis of 3D models and the gathering of requirements. BIM modeling for planning, such as: Creation of shared parameters; Compatibility of discipline coordinates; Choice of wall modeling methods in layers; Verification of the absence of BIM objects and separation of BIM objects in locations that integrate with the executive sequence in the work.

Keywords: BIM planning; modeling requirements; lean construction.

1. Introdução

Conforme o Índice Nacional de Custo da Construção (INCC), calculado e divulgado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), de julho de 2020 até junho de 2022, o custo com material e equipamentos no setor apresentou crescimento, e, somado a isso, Souza *et. al* (2022) retratam que o setor permanece sendo incentivador da economia e gerador de empregos, no entanto, sofre ameaças de baixa produtividade, baixa qualificação dos profissionais da cadeia produtiva e poucos controles sobre as operações.

Diante desse cenário, é importante que as empresas do setor busquem alternativas para se destacarem. Considerando a fase de projeto e operação dos sistemas de construção e baseando-se em situações em que as decisões são tomadas com pouca informação, resultando em oportunidades perdidas e em efeitos indesejados, algumas ferramentas podem ser utilizadas para extrair informações e explicitar as decisões na gestão da produção (BIOTTO *et al.*, 2013). No entanto, a causa principal de insucessos nos sistemas de gestão tradicionais na construção civil está na base conceitual em que se fundamentam, onde existe somente a visão de transformação de matéria-prima em produto final (KOSKELA, 2000).

A partir dos estudos de Koskela (1992) com os conceitos da mentalidade enxuta, surgiram diversos pesquisadores e empresas interessados na Nova Filosofia de Produção (NFP) adaptada à construção civil, onde os princípios da Construção Enxuta (CE), ou *Lean Construction*, podem ser introduzidos em empresas do ramo com utilização de ferramentas e técnicas, como o Planejamento e Controle da Produção (PCP) e o método *Last Planner*, para trazer melhorias aos processos (KUREK *et al.*, 2013).

A compressão do tempo de ciclo induz a redução das atividades que não agregam valor como inspeção, espera e transporte, envolvendo um grupo de metodologias, técnicas e ferramentas que se originaram no setor da indústria automobilística. Dentre elas, está a linha de balanço, que pode ser utilizada para representação dos planos de ataque. No entanto, de acordo com Biotto *et al.* (2015), essas técnicas e ferramentas possuem uma limitação por não proporcionarem a visualização espacial da construção ao longo de sua execução.

Nesse contexto, está o *Building Information Model* (BIM) ou Modelagem da Informação na Construção. Com a tecnologia BIM, é construído um modelo virtual preciso de um edifício digitalmente. Quando concluído, o modelo gerado contém informações precisas de geometria e dados relevantes necessários para apoiar a construção, fabricação, e atividades de aquisição necessárias para realizar o edifício (EASTMAN *et al.*, 2011).

Para Silva *et al.* (2019) além dos benefícios do uso do BIM 4D para os processos de planejamento e controle de obras como a integração de sistemas de comunicação e simulação do processo construtivo, entre outros, houveram também algumas dificuldades encontradas associadas ao processo de implementação.

O objetivo desse trabalho foi realizar um levantamento de requisitos de modelagem BIM para elaboração do planejamento de obras não-repetitivas por meio da utilização de ferramentas como a linha de balanço e simulação construtiva.

2. Metodologia

A classificação da pesquisa desse trabalho, de acordo com os critérios estabelecidos por Gil (2022), é de a) natureza aplicada; b) exploratória e c) qualitativa. Utilizou-se também, como procedimentos técnicos auxiliares, a pesquisa bibliográfica, com base em material já publicado e o estudo de caso, descrevendo a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação.

Neste estudo foram propostos requisitos de modelagem BIM para utilização de informações dos modelos no processo de planejamento de obras residenciais não repetitivas através de um estudo de caso de uma empresa de construção civil, tomando-a como objeto de análise durante a fase de planejamento tático de longo prazo.

Este estudo de caso aborda a análise do processo de planejamento de obra e contempla uma metodologia para buscar resolver problemáticas encontradas nesse processo a partir da implementação de conceitos, técnicas e ferramentas da Construção Enxuta com apoio do BIM 4D. O projeto que será abordado no estudo de caso é uma residência com acabamentos em alto padrão com área total à construir de 275,55 metros quadrados, sendo composta dos níveis térreo, superior e cobertura. A figura 1 representa a fachada da residência do estudo de caso.

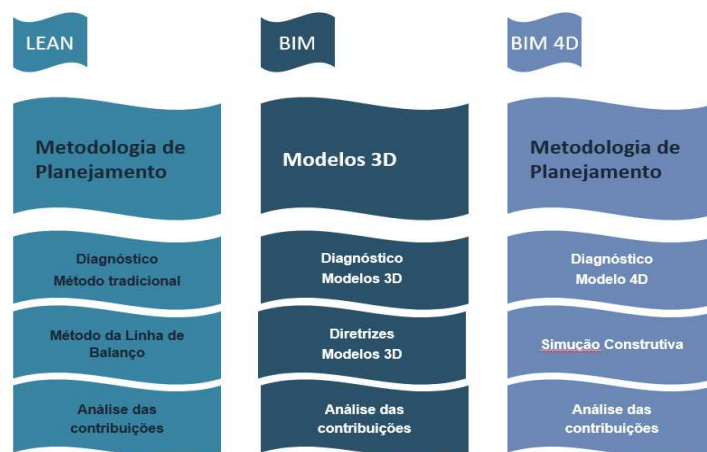
Figura 1 - Fachada da Residência



Fonte: Banco de dados da empresa (2022)

Para realização deste estudo, seguiu-se o roteiro específico, apresentado na Figura 2, a fim de alcançar os objetivos indicados na presente dissertação.

Figura 2 – Fluxograma da metodologia



Fonte: Autoria própria (2023)

Os dados recolhidos (cronograma e modelos 3D) serviram de fontes iniciais de informações para desenvolvimento das etapas principais, sendo: elaboração da linha de balanço, requisitos de modelagem para o modelo BIM 3D de arquitetura; e, criação, análise e simulação construtiva. Foram utilizadas as ferramentas: *Autodesk Revit 2021* e *Autodesk Navisworks Manage 2021* para análise dos modelos e simulação construtiva, e, a plataforma *Prevision*, para elaboração da linha de balanço.

3. Referencial Teórico

Há muitos desafios para o desenvolvimento de processos de inovação na cadeia produtiva da construção civil, mesmo com políticas governamentais sendo criadas, debatidas e algumas já implantadas. Essas políticas buscam alterar processos utilizados para que, a longo prazo, processos de construção industrializada em larga escala, possibilitem a aceleração do processo de construção. Mas, as dificuldades para inovar devem ser trabalhadas nos curto e médio prazos, através de interesses comuns e ações em desenvolvimento que possibilitam que a modernização do setor, aumento da sua produtividade e desenvolvimento de atividades que busquem a racionalização, a padronização e o aumento de escala, com sustentabilidade (FILHA *et al.*, 2010).

Nas fases do ciclo de vida de uma construção, como estudos preliminares e de viabilidade, projetos executivos, análise energética e sustentabilidade, planejamento, entre outros, existe a abrangência de diversos processos, dentre eles: a extração de recursos naturais e fabricação de materiais, montagem ou construção, operação e manutenção, demolição e destinação dos resíduos. Esses processos estão interligados entre si, tornando-se dependentes da qualidade na informação e da comunicação entre os envolvidos para prosseguir de forma eficiente em seus resultados específicos.

Baseando-se em situações em que as decisões são tomadas com pouca informação, resultando em oportunidades perdidas e em efeitos indesejados, algumas ferramentas podem ser utilizadas para extrair informações e explicitar as decisões na gestão da produção na construção (BIOTTO *et al.*, 2013), e, o planejamento e controle de uma obra possuem influência decisiva no desempenho da produção e são processos complementares e condicionantes para a obtenção dos resultados esperados de custo, prazo e qualidade de um projeto (BRITO *et al.*, 2015).

No entanto, a metodologia de planejamento utilizada pelas empresas, assim como as ferramentas ou tecnologias, são diversas. Sendo assim, serão apresentados alguns conceitos e aplicações práticas referentes a esse tema.

A partir dos estudos de Koskela (1992) com os conceitos da mentalidade enxuta, surgiram diversos pesquisadores e empresas interessados na Nova Filosofia de Produção (NFP) adaptada à construção civil, onde os princípios da Construção Enxuta (CE) podem ser introduzidos em empresas do ramo com utilização de ferramentas e técnicas, como o Planejamento e Controle da Produção (PCP) e o *Last Planner System (LPS)*, para trazer melhorias aos processos (KUREK *et al.*, 2013). A partir destes critérios pode ser definida uma Estrutura de Divisão do Trabalho (EAP ou WBS - *Work Breakdown Structure*), onde, de acordo com o autor, cada área de trabalho representa uma unidade de controle da produção.

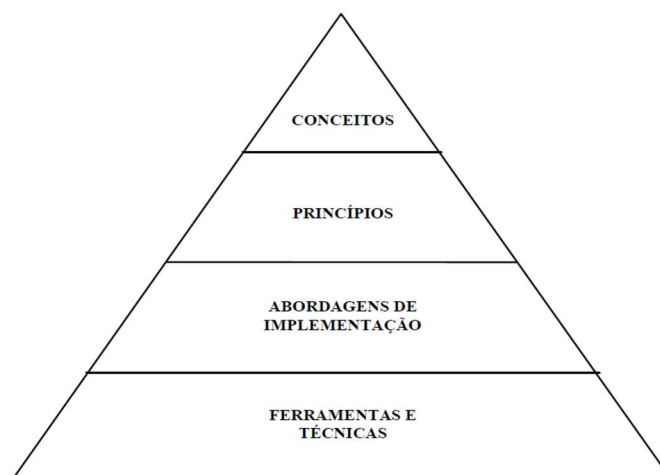
Proposto por Ballard (1994), o LPS é definido da seguinte forma: o planejamento de maior nível tende a focar nos objetivos e restrições globais do empreendimento, o planejamento intermediário especifica a forma de execução dos objetivos preestabelecidos e então, são decididos os trabalhos específicos, ou seja, as atribuições que serão realizadas em um curto período de tempo.

De acordo com Mendes Junior *et al.* (2014), há uma divisão do processo de PCP em três níveis hierárquicos de acordo com o LPS: plano mestre (longo prazo), *Lookahead* (médio prazo) e curto prazo, e, por meio do mapeamento e definição dos fluxos de trabalho, informações, suprimentos e empreendimento, o PCP é elaborado com visão de fluxos da CE.

Com base nos princípios de JIT (redução de estoque), fluxo e produção puxada, ligados ao planejamento na CE, é importante a compreensão de que para alcançar o objetivo de qualidade, menor custo e *lead time* (tempo de atravessamento) mais curto, é necessário que se tenha estabilidade na produção (executar conforme planejado), e é exatamente nesse contexto, que a utilização do LPS vai auxiliar.

Para Kemmer (2006), a CE auxilia ao introduzir alguns conceitos e princípios que podem ser úteis no desenvolvimento da gestão orientada para o processo de produção e destaca, baseado em Koskela (1992), a importância de uma teoria sob o ponto de vista prático do gerenciamento da produção, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Níveis teóricos dentro da Teoria de Gerenciamento da Produção



Fonte: Santos (1999) adaptado de Koskela (1992)

Os conceitos são como as ideias centrais de onde se pode realizar desdobramentos, denominados princípios, na sequência, encontram-se as abordagens de implementação desses princípios e, por fim, as ferramentas e técnicas que serão aplicadas na prática (SANTOS, 1999). A tabela 1 apresenta alguns exemplos de conceitos, princípios e ferramentas *lean*.

Tabela 1 - Conceitos, Princípios e Ferramentas da Construção Enxuta

Conceitos	Princípios	Ferramentas
Valor para o cliente	Puxar	Andon
Desperdício	Jidoka	Kanban
Fluxo	Just in Time	Sistema Last Planner
	Padronização	Linha de Balanço
	Kaizen	<i>Building Information Modeling (BIM)</i>
	Puxar	Andon

Fonte: Adaptado de Kemmer (2006)

Sabe-se que para a implantação de conceitos *lean* é preciso não apenas entender sobre os conceitos, ferramentas e técnicas, mas valorizar o engajamento das pessoas envolvidas no processo. Um dos motivos para que isso possa acontecer é fornecer mais transparência ao processo de forma que o mesmo fique claro para todos os envolvidos.

Com esse objetivo, tem-se a utilização de ferramentas que auxiliam em uma gestão visual mais limpa, para que todos os níveis hierárquicos possam entender, participar e avaliar o planejamento.

A linha de balanço é uma ferramenta que tem como objetivo, através de uma representação gráfica, visualizar trajetórias das equipes de produção na execução do empreendimento, percebendo possíveis interferências entre equipes que podem provocar a interrupção do fluxo de trabalho (SCHRAMM, 2004) além de encontrar um ritmo adequado para a entrega das unidades-base.

Mas, para Biotto *et al.* (2015), essas técnicas e ferramentas possuem uma limitação por não proporcionarem a visualização espacial da construção ao longo de sua execução. Nesse contexto, está o *Building Information Model (BIM)* ou Modelagem da Informação na Construção, que será tratado no próximo capítulo.

CAMPESTRINI *et al.* (2015) traz a ideia de que o BIM é um processo baseado em modelos paramétricos da edificação visando a integração de profissionais e sistemas com interoperabilidade de dados fomentando o trabalho colaborativo, sendo que deve ser entendido como um novo paradigma de desenvolvimento de empreendimentos de construção envolvendo todas as etapas do seu ciclo de vida, passando pelo detalhamento e planejamento, orçamentação, construção até o uso com a manutenção e mesmo as reformas ou demolição.

O BIM enquanto processo de trabalho envolve, sobretudo, a comunicação e a colaboração entre diferentes profissionais e empresas ligadas à AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção civil), e, esses envolvidos precisam efetuar a troca de informações ao longo do ciclo de vida da edificação. Nesse cenário, podem surgir algumas dificuldades na troca da informação, devido à baixa interoperabilidade.

Para Eastman *et al.* (2008), a interoperabilidade é entendida como a capacidade de identificar os dados necessários para serem passados entre aplicativos, eliminando a necessidade de replicar dados de entrada que já foram gerados e facilitar o fluxo de trabalho entre os diferentes softwares durante o processo de projeto, existindo diferentes formatos de intercâmbio, dentre eles, o formato *Industry Foundation Classes (IFC)*.

No processo com BIM, o que viabiliza a integração interdisciplinar é o modelo federado, uma combinação de modelos de várias disciplinas do mesmo projeto em uma plataforma de suporte pré-estabelecida para a geração de um único modelo compartilhado, que permite que incompatibilidades físicas e executivas dos projetos sejam identificadas e solucionadas prontamente (SCHENATTO, 2015).

Na etapa de planejamento da obra, tem-se os modelos BIM 4D, que permitem a visualização do processo de construção em tempo real, detecção de erros, alinhamento da

EAP com o modelo, além de auxiliar na tomada de decisões devido a informação. No entanto, para Brito e Ferreira (2015), um dos aspectos importantes para sua implantação é a capacidade de visualização das informações de planejamento e controle nos modelos BIM 4D.

Para Biotto *et al.* (2012), através do uso da modelagem 4D para apoiar a tomada de decisão na gestão de sistemas de produção, é possível obter a oportunidade de visualização de problemas no canteiro de obras antes e durante a execução do empreendimento.

A criação de um modelo BIM 4D envolve uma associação entre objetos do modelo que são realizadas através de um aplicativo mediador, permitindo integrar um plano de construção (normalmente gerado através de aplicativos como *MS Project* e Primavera) e um modelo BIM. Assim, são estabelecidas regras, através de parâmetros associados aos elementos, baseadas em tipo e local, onde cada tarefa (ou pacote de trabalho) corresponde a uma ação aplicada a um elemento em um determinado local.

4. Resultados

Após análise das informações de etapas no processo de planejamento da empresa, foi desenvolvido o diagnóstico de problemas encontrados e premissas necessárias para o planejamento. As melhorias serão propostas por meio da apresentação dos requisitos de modelagem levantados, linha de balanço elaborada e simulação construtiva.

A figura 3 representa a linha de balanço, elaborada na plataforma *Prevision*, considerando os critérios: premissas de planejamento; divisão de lotes; unidade-base da construção; detalhamento de atividades para sequência executiva; pacotes de trabalho; e, capacidade de produção da unidade-base, assim como, informações disponíveis nos modelos BIM, sendo: objetos BIM e suas relações; quantitativos de serviços; relação entre as disciplinas da construção.

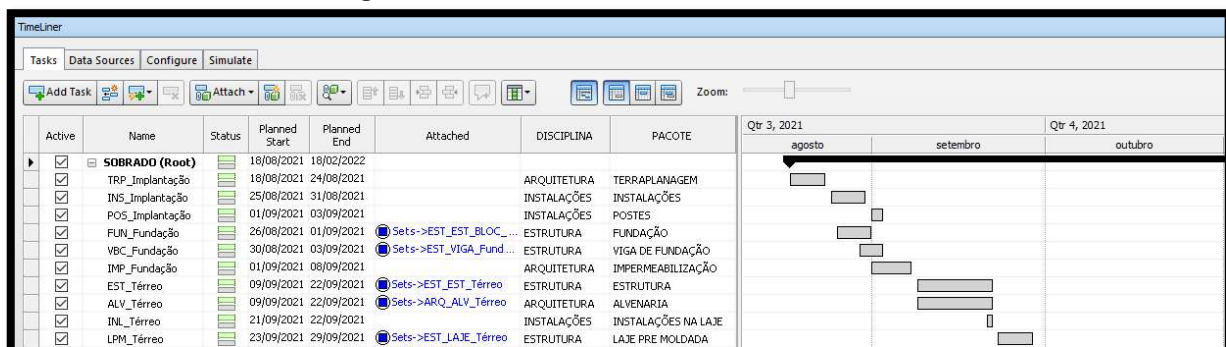
Para gerar integração com o modelo BIM e automatizar o processo na criação no planejamento assim como, nas atualizações do planejamento, foram definidos critérios de acordo com formulários BIM disponíveis na plataforma *Prevision*.

A simulação construtiva da obra serviu como comunicação visual para auxílio tanto em etapas de premissas de planejamento, quanto nas análises dos modelos para apontamentos de requisitos de modelagem.

Durante a criação dessa simulação, foi possível vincular os pacotes de trabalho gerados no cronograma com a linha de balanço aos objetos BIM nos modelos 3D fornecidos pela empresa, onde foi desenvolvida uma simulação gráfica do processo de construção que também poderá auxiliar a empresa em etapas de execução.

A figura 4 representa a estrutura da “*TimeLiner*” após importação do cronograma no *Autodesk Navisworks Manage 2022*.

Figura 4 – Simulação Construtiva – *TimeLiner*



Fonte: Autoria própria (2023)

Para o processo de agrupamento, escolheu-se a metodologia de criação de “Sets” através da ferramenta “*Find Items*” do *Autodesk Navisworks Manage 2022* com a utilização do “*Save Selection*” para posterior criação dos sets.

Para importação do cronograma e posterior integração com os sets criados (coluna *attached*) pelo agrupamento de objetos BIM, foi utilizado um arquivo em extensão CSV gerado diretamente da plataforma *Prevision*, onde foi desenvolvida a linha de balanço.

Por fim, foi possível utilizar a simulação construtiva para o levantamento de requisitos de modelagem BIM para planejamento. Como os modelos BIM existentes não foram elaborados atendendo a requisitos para sua utilização no planejamento da obra, algumas etapas foram necessárias para realizar essa adaptação.

Para definição dos requisitos de modelagem BIM, levou-se em consideração: a estrutura hierárquica de locais, os pacotes de trabalho e suas atividades, definidos anteriormente, o processo de extração de quantitativos e as etapas de elaboração da simulação construtiva na ferramenta *Autodesk Navisworks Manage 2022*. O modelo BIM de arquitetura foi disponibilizado em extensão “RVT” (Arquivo autoral do *Revit*), porém foi realizada a exportação em IFC, extensão em que foram disponibilizados os demais arquivos (estrutura, elétrica e hidrossanitário).

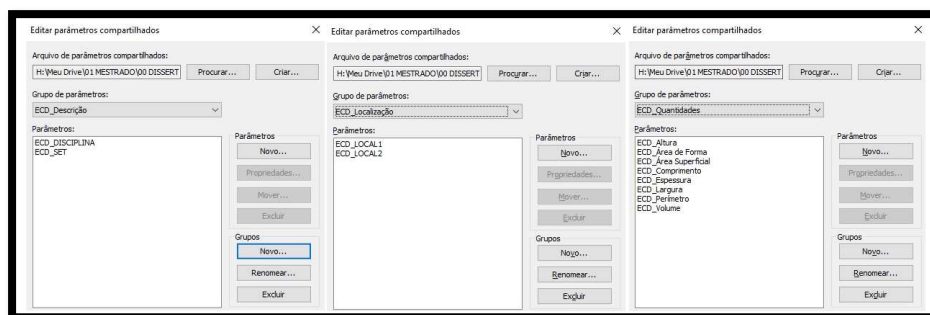
Como requisitos de modelagem para projetos futuros, tem-se a modelagem com inserção de parâmetros. Esses parâmetros poderão auxiliar na integração de objetos BIM do modelo federado com os pacotes de trabalho da linha de balanço na elaboração da sequência executiva, ou seja, na conexão dos modelos 3D com a informação de “tempo” no modelo 4D. Nesse trabalho, não foi utilizada a metodologia de parâmetros para criação da simulação construtiva, no entanto, foi criada a base de dados desses parâmetros, com base na análise de objetos do modelo, para que a empresa tenha a possibilidade de padronizar seu processo de modelagem e utiliza-los para projetos futuros.

A criação de parâmetros, realizada na ferramenta *Autodesk Revit 2021*, poderá auxiliar na gestão dos modelos e integração com o planejamento, assim como, a descrição do parâmetro com a sigla “ECD” (Estudo de Caso Dissertação) auxiliou na organização dos parâmetros.

Quanto ao tipo, foram criados os “parâmetros compartilhados” pois essa configuração permite a utilização dos mesmos parâmetros para diversos projetos.

Além dos parâmetros representados na figura 5, também é sugerido utilizar parâmetros padrão da ferramenta *Autodesk Revit 2021*, dentre eles: “Família e tipo” e “Descrição”.

Figura 5 – Criação de parâmetros compartilhados



Fonte: Autoria própria (2023)

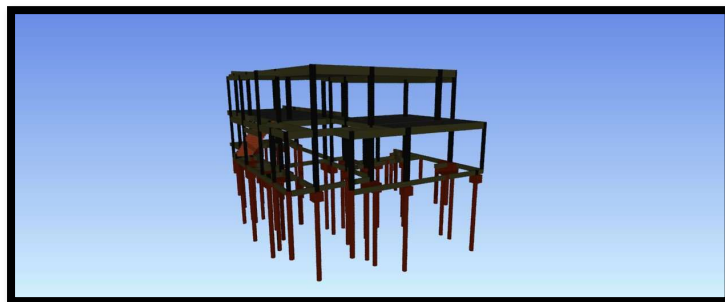
No processo de criação do modelo federado, alguns problemas de coordenadas foram encontrados e posteriormente, ajustados. Os problemas referem-se a interferências entre arquitetura e estrutura, e, arquitetura e hidrossanitário.

Referente aos requisitos indicados no processo de agrupamento dos objetos BIM aos *Sets* criados na sequência construtiva, foram encontrados alguns pontos que serão levantados a seguir.

No processo de agrupamento de objetivos BIM no modelo de EXECUTIVO (arquitetura), foi identificado que não seria possível realizar a criação de *sets* separados para as camadas da parede (alvenaria, reboco, pintura, revestimento) devido a escolha de fluxo de modelagem de “paredes sistema”, onde todas as camadas são modeladas em uma única família. Sendo assim, foi utilizado um requisito de “criação de peças” para exportação do modelo EXECUTIVO (arquitetura) nas configurações de exportação IFC.

No processo de agrupamento de objetos BIM no modelo de ESTRUTURA, foi identificado que no pavimento COBERTURA, não havia sido modelada a laje. Devido a esse fator, não foi possível agrupar o objeto BIM referente à laje da cobertura com a etapa da linha de balanço associada a esse pacote. A figura 6 representa o modelo de “ESTRUTURA”.

Figura 6 – Ausência de objetos BIM (Estrutura)

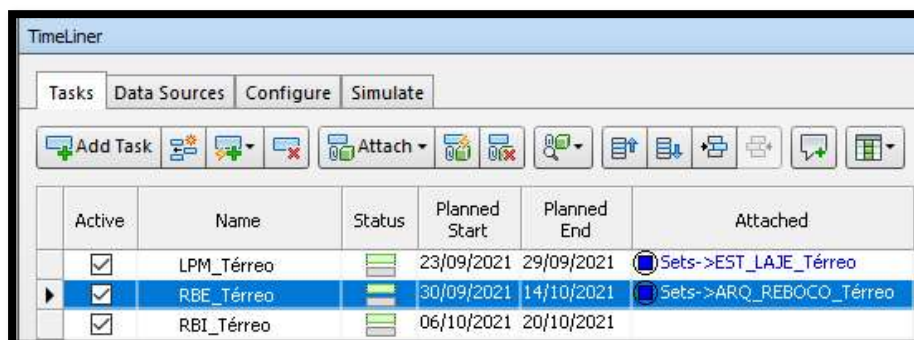


Fonte: Autoria própria (2023)

Esse mesmo problema foi identificado no processo de agrupamento de objetos BIM no modelo de EXECUTIVO (arquitetura), onde foi identificado que não estão modelados objetos referentes a implantação e impermeabilização de vigas baldrame. Apesar disso, foi identificado que no modelo de EXECUTIVO (arquitetura), foram modelados os elementos estruturais da laje, o que possibilitou a utilização do objeto BIM da laje da cobertura por esse modelo.

No processo de agrupamento de objetos BIM no modelo de EXECUTIVO, foi identificado que no pacote REBOCO, não foi realizada a separação de interno e externo no processo de modelagem BIM na ferramenta *Autodesk Revit* 2021, tornando a associação às etapas de reboco da linha de balanço prejudicadas. A figura 6 representa a etapa da linha de balanço “RBI – Reboco Interno” do pavimento térreo sem preenchimento da coluna “Attached” (referente ao *Set* criado para a etapa) devido a esse fator.

Figura 6 – Ausência de separação de objetos BIM (Reboco)



Active	Name	Status	Planned Start	Planned End	Attached
<input checked="" type="checkbox"/>	LPM_Térreo		23/09/2021	29/09/2021	Sets->EST_LAJE_Térreo
<input checked="" type="checkbox"/>	RBE_Térreo		30/09/2021	14/10/2021	Sets->ARQ_REBOCO_Térreo
<input checked="" type="checkbox"/>	RBI_Térreo		06/10/2021	20/10/2021	

Fonte: Autoria própria (2023)

5. Conclusões

Com a análise das informações de etapas no processo de planejamento da empresa, foi possível identificar alguns problemas referente a sequência construtiva, visto que a divisão da obra em pacotes de trabalho, permite a visualização de cada atividade a ser executada no pacote, o que foi aprimorado com a visualização espacial por meio dos modelos BIM.

Também foram identificadas premissas necessárias para o planejamento ao integrar os modelos 3D com os pacotes de trabalho do cronograma, onde nota-se que o processo de modelagem 3D tem relação com o processo de planejamento, sendo essa integração facilitada através de ferramentas, como a *Prevision*, onde foi possível automatizar o processo na criação no planejamento assim como, nas atualizações do planejamento, foram definidos critérios de acordo com formulários BIM disponíveis na plataforma.

As melhorias serão propostas por meio da apresentação dos requisitos de modelagem levantados, onde foi identificado que os modelos 3D não foram elaborados atendendo a requisitos para sua utilização no planejamento da obra, e por isso, algumas etapas foram necessárias para realizar essa adaptação, gerando assim, informações para que em projetos futuros, a empresa possa utilizar a padronização criada nesse trabalho, como a modelagem com inserção de parâmetros.

Esses parâmetros poderão auxiliar na integração de objetos BIM do modelo federado com os pacotes de trabalho da linha de balanço na elaboração da sequência executiva, ou seja, na conexão dos modelos 3D com a informação de “tempo” no modelo 4D.

Por meio da linha de balanço e sua integração com a simulação construtiva, que serviu como comunicação visual de auxílio tanto em etapas de premissas de planejamento, quanto nas análises dos modelos para apontamentos de requisitos de modelagem, foi possível vincular os pacotes de trabalho gerados no cronograma aos objetos BIM nos modelos 3D fornecidos pela empresa, onde foi desenvolvida uma simulação gráfica do processo de construção que também poderá auxiliar a empresa em etapas de execução.

Com a simulação construtiva foi possível uma melhor visualização do escopo do projeto, assim como, maior clareza para decisões sobre planos de ataque de execução e informações detalhadas sobre os pacotes de trabalho, além de ter possibilitado a análise dos modelos 3D e o levantamento de requisitos de modelagem BIM para planejamento, sendo possível destacar: Criação de parâmetros compartilhados; Compatibilização de coordenadas das disciplinas; Escolha dos métodos de modelagem das paredes em camadas; Verificação da ausência de objetos BIM que serão necessários para vinculação aos pacotes de trabalho; Verificação da ausência de separação dos objetos BIM em localizações que se integrem com a sequência executiva na obra (por ex: ambiente interno e externo).

Para trabalhos futuros, sugere-se a implantação dos requisitos de modelagem levantados neste trabalho e posterior integração com a simulação construtiva e linha de balanço para acompanhamento do progresso da construção (planejado X realizado) e comparação entre possíveis cenários de planejamento, assim como, a utilização das informações para elaboração do orçamento da obra e programação de suprimentos.

Referências

BALLARD, G. **The last planner**. In: SPRING CONFERENCE OF THE NORTHERN CALIFORNIA CONSTRUCTION INSTITUTE, 6., 1994, Monterey, CA. Proceeding... Monterey, CA: LCI, 1994. Disponível em: <https://leanconstruction.org/pdf/LastPlanner.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2005.

BIOTTO, C. N.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. **Método Para o Uso da Modelagem BIM 4D na Gestão da Produção em Empreendimentos de Construção**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3., 2013, Campinas. Anais [...]. Campinas: UNICAMP, 2013. p. 882-893.

BIOTTO, C.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. Uso de modelagem 4D e Building Information Modeling na gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção. **Ambiente Construído** v. 15, n. 2, p. 79–96, jun. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/b6h7YZsWrcRXfknMN6jftKM/?lang=pt>. Acesso em: 12 out. 2022.

BRITO, D. M. de; FERREIRA, E. de A. M. Avaliação de estratégias para representação e análise do planejamento e controle de obras utilizando modelos BIM 4D. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 203-223, out./dez. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/ZKqzKCDhhNTWHw6sFFMpd6w/?lang=pt>. Acesso em: 12 out. 2022.

CAMPESTRINI, T.F.; GARRIDO, M.C.; MENDES JUNIOR, R.; SCHEER, S. FREITAS, M. C. **Entendendo BIM**. 1a ed. Curitiba: Tiago Francisco Campestrini, 2015. 51 p. Disponível em: <https://www.campestrini.com.br/entendendobim>. Acesso em: 12 out. 2022.

EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. [S.l.]: Wiley, 2008. ISBN 9780470185285.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. (2011) - **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. Wiley. 2011.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS – FGV. **Portal FGV**. 2022. Disponível em: <https://portal.fgv.br/noticias/incc-m-julho-2022>. Acesso em: 10 out. 2022.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. Disponível em: Minha Biblioteca, (7th edição). Grupo GEN, 2022. Acesso em: 14 dez. 2022.

KEMMER, S.L. **Análise de diferentes tempos de ciclo na formulação de planos de ataque de edifícios de múltiplos pavimentos**. 2006. 136f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, 2006. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/88797>. Acesso em: 12 out. 2022.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. 2000. 298 p. Doctor of Philosophy, Helsinki University of Technology, VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/35018344_An_Exploration_Towards_a_Production_Theory_and_its_Application_to_Construction. Acesso em: 10 out. 2022.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford, 1992. Stanford University, Centre for Integrated Facility Engineering, USA.. Technical Report n. 72. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/243781224_Application_of_the_New_Production_Philosophy_to_Construction. Acesso em: 10 out. 2022.

KUREK, J.; PANDOLFO, L. M.; PANDOLFO, A.; RINTZEL, R.; TAGLIARI, L.; Implantação dos princípios da Construção Enxuta em uma empresa construtora. **Revista de Arquitetura da IMED**. Vol. 2, Nº.1, 2013, p. 20-36. Disponível em: <http://www.bibliotekevirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02-35/2013-02-07-03-03-11/1053-arqimed/v02n01/10980-implantacao-dos-principios-da-construcao-enxuta-em-uma-empresa-construtora.html>. Acesso em: 12 out. 2022.

MENDES JUNIOR, R.; SCHEER, S.; GARRIDO, M. C.; CAMPESTRINI, T. F. Integração da Modelagem da Informação da Construção (BIM) com o planejamento e controle da produção. Trabalho apresentado em: XV ENTAC – **Encontro Tecnologia Do Ambiente Construído**, Maceió, 2014. Disponível em: http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper_455.pdf. Acesso em: 12 out. 2022.

MONTEIRO FILHA, Dulce GHINATO; COSTA, Ana Cristina Rodrigues da; ROCHA, Érico Rial Pinto da. **Perspectivas e desafios para inovar na construção civil**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 31, p. 353-410, mar. 2010. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/4522> (13-12). Acesso em: 26 dez. 2022.

SANTOS, A. **Application of flow principles in the production management of construction sites**. October 1999. 463p. Doctor of Philosophy, The University of Salford, Salford. Disponível em: <https://usir.salford.ac.uk/id/eprint/2231/1/313930.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2022.

SCHENATTO, R. T. **Building information modeling: classificação de informação da construção para o planejamento e controle da produção**. 2015. 102 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Curso de Engenharia Civil. 2015. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/138351>. Acesso em: 13 dez. 2022.

SCHRAMM, F. K. **O Projeto do Sistema de Produção na Gestão de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social**. 2004. 177 f. Dissertação (Mestre em Engenharia) - Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228819298_O_projeto_do_sistema_de_producao_na_gestao_de_empreendimentos_habitacionais_de_interesse_social. Acesso em: 29 out. 2022.

SILVA, P.H.; CRIPPA, J; SCHEER, S. **BIM 4D no planejamento de obras: detalhamento, benefícios e dificuldades**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 10, p. e019010, fev. 2019. ISSN 1980-6809. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8650258>. Acesso em: 26 fev. 2019.

SOUZA, R. *et. al.* **Tendências da Construção Civil**: CTE. 2022. Disponível em: <https://materiais.cte.com.br/cte-e-book-tendencias-da-construcao-civil-2022>. Acesso em: 10 out. 2022.