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

Guia Prático para Implementação do BIM na Construção Civil

Practical Guide for BIM Implementation in Civil Construction

Matheus Goulart Mena Barreto
UFSM | Santa Maria | Brasil | matheusgoulartm@hotmail.com
Clara Vaqueiro Escosteguy
UFSM | Santa Maria | Brasil | claraescosteguy@gmail.com
André Mori Ouannous
UFSM | Santa Maria | Brasil | andre.mori@outlook.com.br
Matheus Brondani Prevedello
UFSM | Santa Maria | Brasil | matheusfx95@gmail.com
Débora Bretas Silva
UFSM | Santa Maria | Brasil | debora.bretas@ufsm.br
Evelyn Paniz Possebon
UFSM | Santa Maria | Brasil | evelyn.paniz@ufsm.br
Fabrício Longhi Bolina
UFSM | Santa Maria | Brasil | fabriciobolina@gmail.com
Eduardo César Pachla
UFSM | Santa Maria | Brasil | eduardo.pachla@ufsm.br

Resumo

A adoção do BIM em larga escala foi globalmente impulsionada pela necessidade de aprimorar o planejamento e execução de projetos e, para o mercado da construção civil brasileira, esse se tornou um conhecimento fundamental. Hoje, é necessário ter o conhecimento técnico de modelagem, gestão de orçamento e cronograma de projetos, além de dominar a integração desses serviços. Sendo assim, o presente trabalho inclui um guia prático, baseado em um estudo de caso, demonstrando as principais ferramentas utilizadas no processo, como modelo 3D com metodologia BIM, orçamento em planilha eletrônica, cronograma de execução e integração de dados, além da simulação 3D, 4D e 5D da construção da edificação projetada. O documento abrange a utilização dessas ferramentas e demonstra pontos críticos a serem considerados durante sua aplicação, visando potencializar a produtividade, diminuir a necessidade de retrabalho, erros de projeto e custos extras decorrentes. Como resultado, obteve-se um guia prático e eficiente que auxiliará profissionais da gestão de projetos a aplicar a metodologia BIM até a quinta dimensão, além de auxiliar na divulgação de material técnico-didático sobre BIM.

Palavras-chave: Guia prático. Metodologia BIM. Estudo de caso. Integração. 5D.

Como citar:
BARRETO, et. al. Guia Prático para Implementação do
BIM na Construção Civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

Abstract

The wide adoption of BIM is increasingly present around the world due to the need to improve project planning and execution. For the Brazilian construction market, this has become fundamental knowledge. Today, it is necessary to have technical knowledge of modeling, budget management, project scheduling, and the integration of these services. This work includes a practical guide, based on a case study, demonstrating the main tools used in the process, such as 3D modeling with BIM methodology, budgeting in spreadsheets, execution scheduling, and data integration, as well as 3D, 4D, and 5D simulation of the construction of the designed building. The document addresses the use of these tools and demonstrates critical points that consideration is necessary during their application, aiming to enhance productivity, reduce rework, design errors, and additional costs. As a result, they obtained an efficient practical guide to assist project management professionals in applying BIM methodology up to the fifth dimension, as well as assisting in the dissemination of technical and didactic material on BIM.

Keywords: Practical guide. BIM methodology. Case study. Disciplinary integration. 5D.

INTRODUÇÃO

Com os constantes avanços tecnológicos no âmbito da Construção Civil, para manterem-se competitivos no mercado de trabalho, os projetistas devem ser criativos e dominar as técnicas de modelagem, além de saberem criar orçamentos e cronogramas. No entanto, a metodologia de criação e de controle de projetos ainda é fragmentada e majoritariamente baseada em papel - modelos 2D [1]. Mesmo com o advento de novos softwares de modelagem 3D e de ferramentas de compartilhamento de informações, a correta integração entre os diferentes sistemas ainda é precária. A metodologia BIM surgiu como o método para integrar esses serviços e potencializar a produtividade, além de diminuir os erros de projeto e os custos decorrentes. O BIM consiste na elaboração de um modelo virtual antes da execução, carregando todas as informações dos sistemas em um banco de dados, que permite criar simulações realísticas de todas as etapas projetuais e construtivas [2].

Ademais, além da Modelagem 3D, a metodologia BIM inclui simulações de tempo e de custo como variáveis a serem consideradas - 4D e 5D, respectivamente. Aliado a isso, o Decreto nº 11.888, de 22 de janeiro de 2024, estabelece o uso de BIM como obrigatório para qualquer obra pública federal [3]. Essa normativa colaborou para impulsionar o ensino e a utilização do BIM. Baseado nesta decisão, torna-se notório a importância de utilizar, difundir e dominar o uso dessa metodologia no mercado da Construção Civil brasileira.

Desta forma, neste trabalho, objetiva-se desenvolver um guia prático baseado em um estudo de caso. O guia mostrará como utilizar os softwares e as ferramentas BIM para projetistas aperfeiçoarem a execução, potencializarem a produtividade, diminuírem os erros de projeto e os custos decorrentes.

METODOLOGIA

A primeira etapa desse trabalho envolve o embasamento teórico, em que foram consultados artigos e teses que fornecessem guias para orçamentação envolvendo

metodologia BIM [4] [5]. Em seguida, realizou-se um estudo de caso a partir de um projeto de uma casa geminada de padrão popular, aplicando os conhecimentos adquiridos no embasamento teórico. A modelagem e a simulação do projeto foram realizadas no software Autodesk® Revit 2018, utilizando a metodologia BIM. O orçamento executivo foi elaborado no Microsoft® Excel 365, com base nas planilhas SINAPI, não desonerado, de janeiro de 2021. O cronograma de execução da obra foi lançado no Microsoft® Project 2016. Ademais, os modelos de construção e o cronograma foram integrados no Autodesk® Navisworks 2018 para a geração da simulação 5D no final do projeto. Devido à variedade de ferramentas utilizadas, foi realizada uma análise da bibliografia especializada de cada aplicação.

RESULTADOS

Neste capítulo, será desenvolvido um guia prático acerca da integração entre os softwares BIM com as ferramentas de gestão de projetos na aplicação da construção de uma residência de padrão popular.

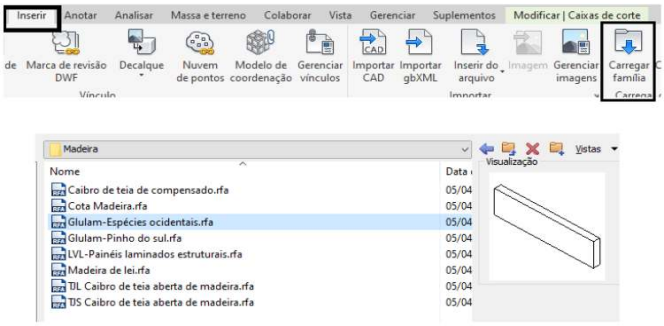
IMPORTAÇÃO E CONFIGURAÇÃO DOS MATERIAIS NO AUTODESK® REVIT 2018

Em primeiro momento, o projeto arquitetônico será introduzido à interface do Software Autodesk® Revit 2018. Nesta etapa, faz-se necessário adicionar, selecionar e configurar os materiais que serão utilizados - é essencial estar atento às propriedades e aos detalhes das famílias desses materiais. Posteriormente, a estrutura será lançada e configurada conforme o projeto arquitetônico - ressalta-se que o estrutural foi previamente dimensionado e detalhado.

É recomendado que o detalhamento dos materiais seja uma das primeiras atividades a serem executadas, sempre antes da modelagem da estrutura. A *interface* do programa possui três principais ambientes de modelagem: a *Barra de Tarefas*, o *Menu de Propriedades* e o *Navegador de Projetos*. Com a tela inicial aberta, na aba *propriedades*, seleciona-se a opção *gerenciar*, na guia *materiais*, com o intuito de duplicar os materiais existentes e configurar os que serão utilizados ao longo do projeto - estas configurações serão essenciais para gerar quantitativos assertivos nas próximas etapas. Na *janela propriedades*, é possível alterar os parâmetros, tipos e definições de cada estrutura de família selecionada. Para esse projeto, as paredes serão configuradas com blocos cerâmicos de 14 cm, chapisco com 0,5m de espessura, emboço entre 1 e 2 cm para paredes internas e entre 2 e 3 cm para paredes externas, totalizando 17 cm de espessura - essas especificações projetuais são importantes para garantir a assertividade dos quantitativos e orçamento executivo.

Para a configuração do madeiramento do telhado, deve-se importar a família *framing* estrutural de madeiramento, e configurar as dimensões conforme o projeto (Figura 1). Da mesma forma, as famílias de janelas, portas e telhas cerâmicas são importadas e configuradas conforme necessário.

Figura 1 - Carregando famílias externas no Revit.



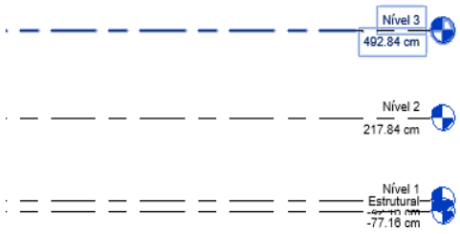
Fonte: Autores

Para criar os componentes, recomenda-se duplicar os modelos já existentes, pois estes servem de modelo para outras estruturas. O processo de inserção dos elementos segue o padrão de *point-and-click*, no qual é vista uma pequena geometria no local de junção de elementos (*snap*), onde deve-se clicar no local em que se deseja iniciar e terminar os limites do elemento. Enfim, após a configuração de todos os materiais, pode-se iniciar a etapa da modelagem da estrutura.

IMPORTAÇÃO E CONFIGURAÇÃO DOS MATERIAIS NO AUTODESK® REVIT 2018

Após a definição dos materiais, são definidos os níveis a serem utilizados: Fundações, Nível 1, Nível 2 e Nível 3 - para definição dos níveis, no menu *Arquitetura*, seleciona-se Nível, conforme a Figura 2.

Figura 2 - Níveis de piso no Revit.

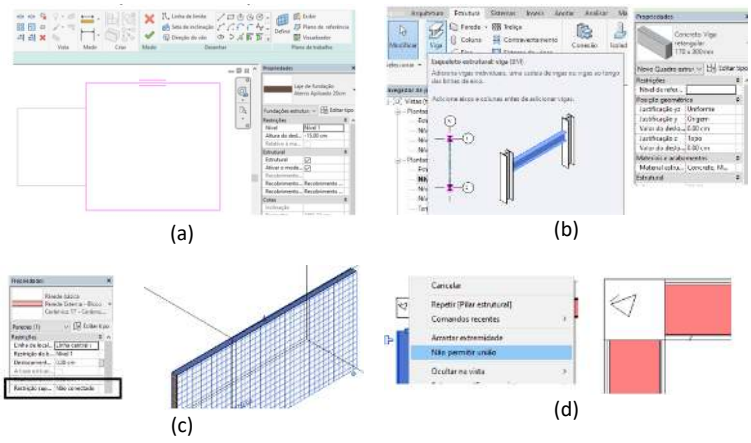


Fonte: Autores

Em seguida, no menu *Estrutura*, inicia-se a modelagem das Fundações, que é o primeiro nível. Para este projeto, foi utilizado um modelo de *Radier* personalizado, como mostra a Figura 3a. No Nível 1, é realizado o lançamento dos Pilares, conforme o Projeto Estrutural, seguido pelo lançamento das Vigas (Figura 3b). No menu *Arquitetura*, continua-se a modelagem pelo lançamento das Paredes (Figura 3c). É necessário distinguir as paredes secas das paredes molhadas, pois as propriedades dos revestimentos são distintas. Ademais, na união entre Pilares e Paredes, é importante não unir estes materiais de maneira automática, com a finalidade de não os duplicar nos quantitativos - próximo do elemento Pilar, com o botão direito do mouse, clica-se

sobre o ponto azul da Parede e seleciona-se *não unir automaticamente* (conforme demonstrado na Figura 3d).

Figura 3: Lançamento de aterro e configuração do material (a) Inserção das vigas (b) Paredes com restrição superior não conectada (c) Desabilitar união automática de paredes (d)

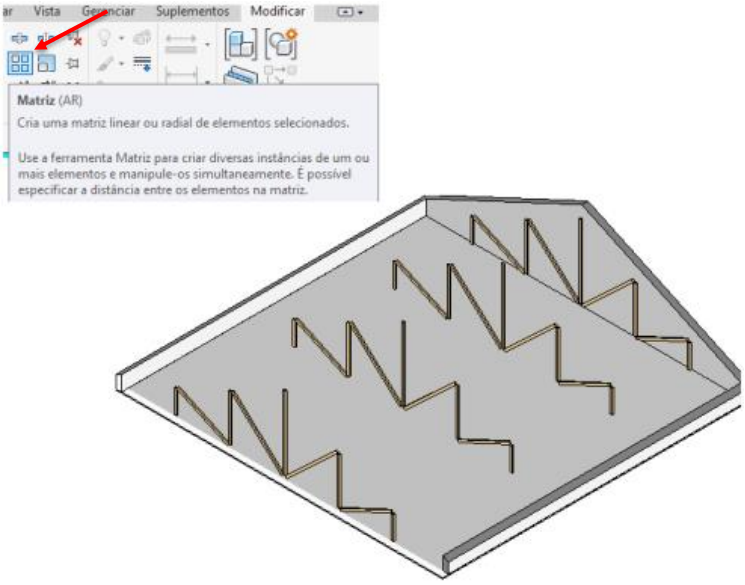


Fonte: Autores

No Nível 2, em primeiro momento, cria-se a Laje do segundo pavimento, conforme as especificações do Projeto Estrutural. Posteriormente, cria-se a escada - se for necessário, altera-se o limite da laje para comportar o espaço necessário para a escada. Na criação da escada, define-se a base e a altura entre pavimentos - a quantidade de degraus e a altura do espelho serão definidos automaticamente, conforme Norma pré-determinada. Então, passa-se para o lançamento dos Pilares, das Vigas e das Paredes do segundo pavimento, utilizando os mesmos procedimentos do Nível 1.

No Nível 3, a estrutura da cobertura da residência será modelada: define-se e posiciona-se as tesouras, as terças, os caibros, as ripas e as telhas cerâmicas. Neste processo, recomenda-se trabalhar na vista superior, na visão da Planta de Piso. Posteriormente, parte-se para a edição na vista 3D. Nesta etapa da modelagem, a ferramenta *matriz* será de grande valia para duplicação dos elementos, que são importados como unidades independentes - a utilização desta ferramenta pode ser observada na Figura 4.

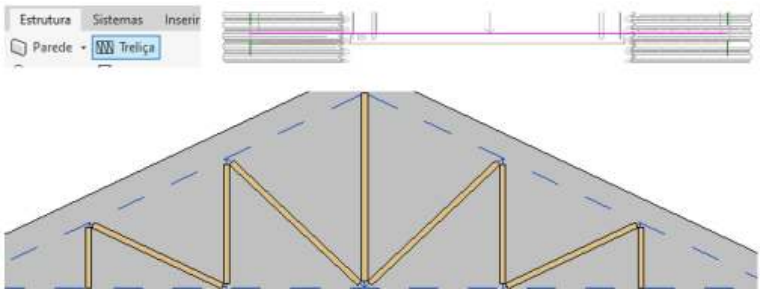
Figura 4 - Comando matriz para multiplicar elementos.



Fonte: Autores

Neste projeto, foi selecionada uma treliça tipo *Howe*, que deve ser instalada na Planta de Piso do Nível 3. Assim, aplica-se a estrutura na vista superior e altera-se a inclinação necessária, conforme o projeto - nesse caso, de 25°, conforme a Figura 5.

Figura 5 - Passos de instalação de uma treliça direto no telhado.

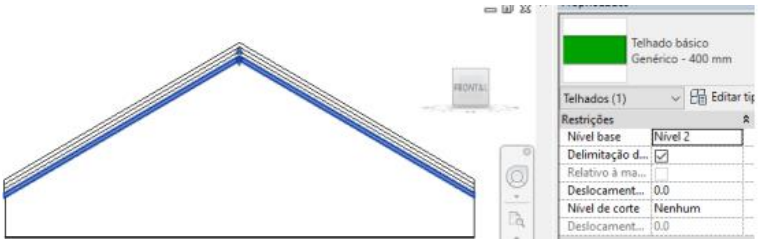


Fonte: Autores

O processo de criação do telhado foi desenvolvido com a inserção de vários telhados sobrepostos - cada elemento será uma variação do telhado propriamente dito. No menu *estrutura*, seleciona-se o item *telhado* e configura-se os limites desejados, da mesma maneira que foi feito para as Lajes. É importante ressaltar que os símbolos de inclinação podem ser removidos ao desmarcar, na janela de *propriedades*, a opção *definir inclinação*. Outros parâmetros também podem ser configurados direto no menu *croqui*. Após a inserção da estrutura do telhado, muda-se a visualização do

projeto para a *vista lateral*, no menu *vista 3D*. Dessa forma, serão copiados, colados e superpostos os telhados iguais, de material genérico, conforme mostra Figura 6.

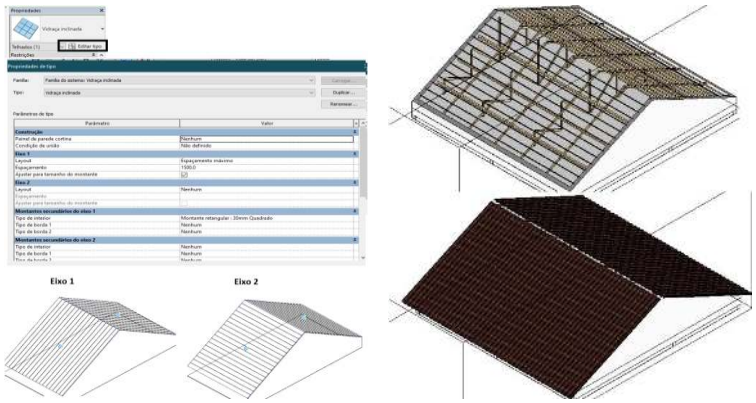
Figura 6 - Empilhamento de telhados genéricos.



Fonte: Autores

Da mesma maneira, devem ser inseridos os madeiramentos dos caibros e das ripas. As telhas cerâmicas terão parametrizações semelhantes, restando apenas carregar as famílias das telhas desejadas, além de configurar, no menu *editar da janela de propriedades*, a tipologia desejada para o telhado (Figura 7).

Figura 7: Telhado tipo vidraça inclinada e diferença de eixos. (a) Madeiramento de telhado completo com e sem telhas cerâmicas (b)



(a) (b)

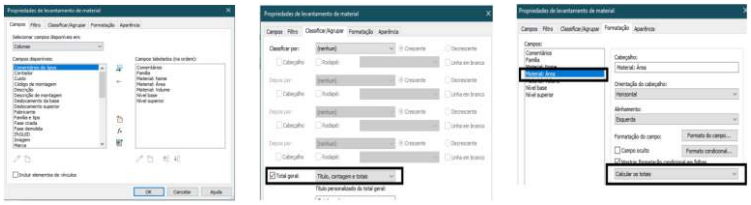
Fonte: Autores

LEVANTAMENTO DE MATERIAIS E APRESENTAÇÃO DO MODELO 3D

Com a modelagem 3D finalizada, inicia-se o levantamento dos quantitativos dos materiais, utilizando uma Tabela de Levantamentos padrão. Este processo é de fundamental importância no Planejamento de Obras, pois as quantidades obtidas serão premissas importantíssimas na criação do Cronograma Físico-Financeiro e no Orçamento Executivo da edificação. Na alimentação da Tabela de Levantamentos, no campo *material*, é necessário selecionar corretamente o *nome*, a *área* e o *volume* para cada elemento analisado. Ademais, na aba *classificação*, a opção de *total geral* deve

ser assinalada, conforme a Figura 8. Conforme os diferentes filtros forem sendo aplicados na tabela, o *total geral* será mostrado se, em cada coluna, a opção coluna com totais for selecionada, na guia *formatação*, conforme mostra a Figura 8.

Figura 8: Criação de tabelas de levantamento de materiais (a) Formatação nas tabelas de levantamento de materiais. (b) Totalizadores nas tabelas de levantamento de materiais (c)



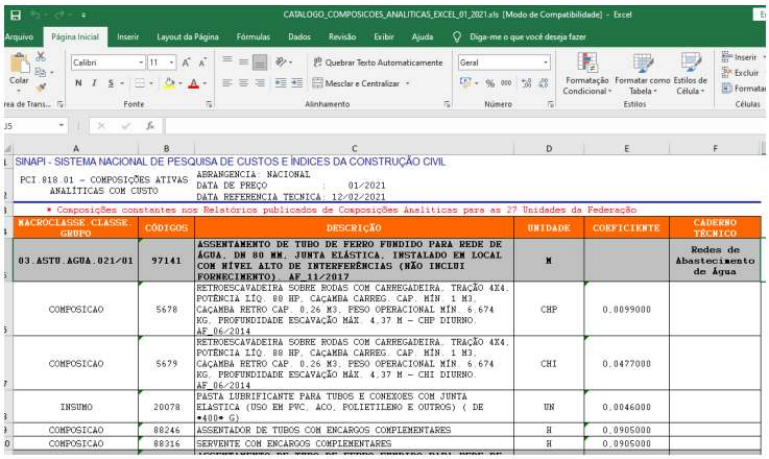
Fonte: Autores

PLANILHAS ORÇAMENTÁRIAS

Com o quantitativo pronto, parte-se para a criação da planilha orçamentária e do cronograma, o que permite o controle do tempo e do custo – BIM 3D e 5D. Esse processo cria um escopo e segmenta cada parte do projeto em itens separados, utilizando o Microsoft® Excel 365 para gerar as tabelas necessárias. Cada item é composto pelos insumos e pela mão de obra, de maneira que a soma de todos os itens resulta no custo total da construção. Neste trabalho, foi utilizada a planilha do SINAPI de janeiro de 2021, disponibilizada pela Caixa Econômica Federal, como fonte de dados para os custos unitários e totais para cada item.

Com a definição do escopo, verifica-se os códigos SINAPI das composições de cada item, utilizando a planilha de composições analíticas - é indicado selecionar toda a tabela e, no menu *dados*, selecionar a opção *filtro*, para buscar o código correto baseado nos caracteres semelhantes, como demonstra a Figura 10. A partir desses códigos, serão lançados os insumos e as composições correspondentes, verificando o preço unitário e o custo total. O coeficiente do SINAPI indica a porcentagem - de material ou mão de obra - necessária para realizar uma unidade do item, facilitando o cálculo da quantidade e do custo total que serão calculados quando esta for multiplicada pela quantidade total de execução, conforme a Figura 11. Sendo assim, o preço unitário indica o custo para cada unidade, e o custo total é obtido multiplicando-se esse valor pela quantidade total do item.

Figura 10 - Catálogo de composições analíticas



SINAPI - SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL

PCI 818 01 – COMPOSIÇÕES ATIVAS ANALÍTICAS COM CUSTO

ABRANGÊNCIA: NACIONAL
DATA DE PREÇO: 01/2021
DATA REFERÊNCIA TÉCNICA: 12/02/2021

* Composições constantes nos Relatórios publicados de Composições Analíticas para as 27 Unidades da Federação

MACROCLASSE, CLASSE, GRUPO	CÓDIGOS	DESCRIÇÃO	UNIDADE	COEFICIENTE	CADERNO TÉCNICO
03.ASTU.AGUA.021/01	97141	ASSENTAMENTO DE TUBO DE FERRO FUNDIDO PARA REDE DE ÁGUA, DN 80 MM, JUNTA ELÁSTICA, INSTALADO EM LOCAL COM NÍVEL ALTO DE INTERFERÊNCIAS (NÃO INCLUI FORNECIMENTO). AF_11/2017	M		Redes de Abastecimento de Água
COMPOSICAO	5678	RETROESCAVADEIRA SOBRE RODAS COM CARREGADEIRA, TRAÇÃO 4X4, POTÊNCIA LÍQ. 88 HP, CAÇAMBA CARREG. CAP. MÍN. 1 M3, CAÇAMBA RETRO CAP. 0,26 M3, PESO OPERACIONAL MÍN. 6.674 KG, PROFUNDIDADE ESCAVAÇÃO MÁX. 4,37 M - CHP DIURNO. AF_06/2014	CHP	0,0099000	
COMPOSICAO	5679	RETROESCAVADEIRA SOBRE RODAS COM CARREGADEIRA, TRAÇÃO 4X4, POTÊNCIA LÍQ. 88 HP, CAÇAMBA CARREG. CAP. MÍN. 1 M3, CAÇAMBA RETRO CAP. 0,26 M3, PESO OPERACIONAL MÍN. 6.674 KG, PROFUNDIDADE ESCAVAÇÃO MÁX. 4,37 M - CHI DIURNO. AF_06/2014	CHI	0,0477000	
INSUMO	20078	PASTA LUBRIFICANTE PARA TUBOS E CONEXÕES COM JUNTA ELÁSTICA (USO EM PVC, AÇO, POLIETILENO E OUTROS) (DE *400* G)	UN	0,0046000	
COMPOSICAO	88246	ASSENTADOR DE TUBOS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0905000	
COMPOSICAO	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0905000	

Fonte: Autores

Figura 11 - Exemplo de busca na tabela de custo unitário.

TIPO ITE	CODIGO ITEM	DESCRIÇÃO ITEM	UNIDADE IT	ORIGEM DE PREÇO ITEM	COEFICIENT	PRECO UNITARIO
INSUMO	1525	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLAS	M3	COEFICIENTE DE REPRESENTATIVIDADE	1,1030000	780,60
COMPOSICAO	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENT	H	COLETADO	1,0844000	22,13
COMPOSICAO	90586	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE	CHP	ATRIBUÍDO SÃO PAULO	0,1229000	1,70
COMPOSICAO	90587	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE	CHI	ATRIBUÍDO SÃO PAULO	0,1491000	0,40

Fonte: Autores

CUSTO UNITÁRIO E CUSTO TOTAL

No Microsoft® Excel 365, devem ser criadas duas tabelas em abas distintas: a Figura 12, nomeada Tabela de Quantitativos Totais, e a Figura 13, chamada Tabela Analítica, utilizada para análises mais precisas dos insumos. Na Tabela Analítica, devem ser inseridos o código SINAPI de cada item, as quantidades obtidas a partir dos levantamentos do Autodesk® Revit 2018 (que serão multiplicadas pelas quantidades unitárias do SINAPI), os valores dos custos unitários do SINAPI e os custos totais, como demonstrado na Figura 14. No Microsoft® Excel 365, a fórmula PROCV, que busca um texto específico em uma tabela e retorna o valor correspondente na coluna à direita, foi utilizada para integrar as tabelas e atualizar a Tabela Analítica - processo demonstrado na Figura 15.

Figura 12 - Tabela de quantitativo total

Comentado [EP1]: Mudar essas tabelas para figuras, pois não respeitam o template do ENTAC e são prints. Devemos colocar como figuras na legenda e no texto.

Orçamento para uma Unidade habitacional de xxx,xx m2					
ITEM	CÓDIGO	DESCRIMINAÇÃO DO SERVIÇO	UNIDADE	QUANTIDADES	TOTAL
1	Tabela de quantitativo total				
TOTAL					R$

Fonte: Autores

Figura 13 - Tabela analítica de tarefas.

Código SINAPI			Tarefa			
Quantidade de Serviço			xxx m³		BDI	xxx
Código	M.O.	Unidade	Coeficiente	Qnt. Total	Custo Unitário	Custo Total
						R$ -
						R$ -
						R$ -
						R$ -
Código	Material	Unidade	Coeficiente	Qnt. Total	Custo Unitário	Custo Total
						R$ -
						R$ -
						R$ -
						R$ -
						R$ -
Subtotal - Custos Diretos						R$ -
Total						R$ -

Fonte: Autores

Figura 14 - Ilustração de cálculo do custo total na tabela analítica de tarefas.

02.03	Impermeabilização com hidroasfalto					
Quantidade de Serviço			100 m²		BDI	0%
Código	M.O.	Unidade (U)	Coeficiente (C)	Qnt. Total (Qt)	Custo Unitário (CU)	Custo Total (CT)
88316	SERVENTE COM ENCARGOS	H	0,4	40,00	R$ 15,67	R$ 626,80
Código Sinapi de mão de obra				0,00	R$ -	R$ -
				Qt x Qtt	R$ -	CT x Qt
					R$ -	
Código	Material	Unidade	Coeficiente	Qnt. Total	Custo Unitário	Custo Total
7319	TINTA ASFALTICA	L	0,4	40,00	R$ 9,70	R$ 388,00
Código Sinapi de insumos				0,00	R$ -	R$ -
					R$ -	R$ -
					R$ -	R$ -
					R$ -	R$ -
Subtotal - Custos Diretos						R$ 1.014,80
Total						R$ 1.014,80

Fonte: o autor.

Figura 15 - Explicação de componentes da fórmula PROCV

Comentado [EP2]: Mudar para figura

PROCV (valor_procurado;matriz_tabela;num_índice_coluna;procurar_intervalo)	
Valor_procurado	Variável que se deseja procurar em outra tabela
Matriz_tabela	tabela ou intervalo de dados que se quer fazer a busca
Num_indice_coluna	valor de colunas a deslocar para a direita a partir da coluna inicial do intervalo dado
Procurar_intervalo	tipo correspondência (0 – exata / 1 aproximada) serve para definir faixas de valores intermediários também quando necessário.

Fonte: Autores

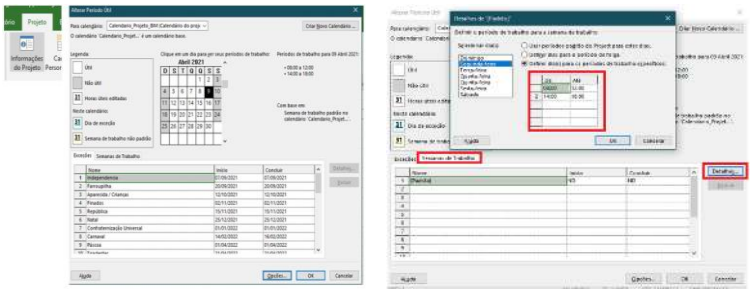
As etapas definidas para segmentação das tabelas foram: aterro, radier, pilares, vigas, lajes, alvenarias, tesouras do telhado, revestimentos, portas e janelas. Cada etapa possui sua tabela de insumos e composições, criadas com base na planilha SINAPI. Os itens e os códigos gerados, juntamente com os quantitativos e com os preços finais, compõem o valor total - neste trabalho, obteve-se a quantia de R$109.097,77. Esses custos serão lançados no cronograma da obra, a ser gerado no Microsoft® Project 2016.

CRONOGRAMA

No Microsoft Project 2016, executou-se o cronograma de execução da obra. Neste arquivo, foram adicionados os custos unitários e totais de cada etapa de construção, a fim de gerar o cronograma físico-financeiro. Para determinar o prazo de cada etapa, considera-se a capacidade produtiva normal (Razão Unitária de Produção - RUP) e se adiciona um fator de majoração, para minimizar os prejuízos causados pelos possíveis atrasos.

A interface do Microsoft® Project 2016 apresenta a Planilha de Tarefas, a Barra de Tarefas, o Gráfico de GANTT, o Navegador de Projetos e a Linha do Tempo. Primeiramente, é definido o prazo do projeto e o calendário de trabalho, configurando as jornadas de trabalho e os feriados (Figura 16). No programa, configurou-se a interface de maneira a conter os campos de Estrutura de Divisão de Trabalho (EDT - relativa ao escopo das etapas), do tempo de trabalho total, da duração total, da data de início e de fim de cada atividade, dos predecessores, dos recursos e do custo total. A partir daí, é necessário alimentar a tabela com os dados relativos a cada cédula, cadastrando as informações necessárias.

Figura 16: Criação de calendário padrão com os feriados e jornada de trabalho reais. (a) Definição da carga horária (b)

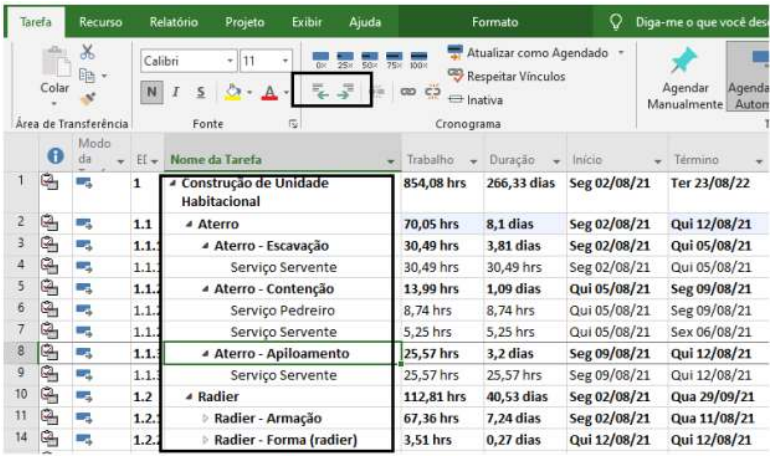


(a) (b)

Fonte: Autores

No MS Project, as etapas deverão estar dispostas em diferentes linhas da tabela. Cada linha contém os valores correspondentes de cada etapa, como o tempo total e os custos relativos. O programa possui uma ferramenta para definir o nível de visualização dos recursos, que permite agrupar as tarefas correlacionadas, facilitando a visualização do projeto final, conforme Figura 17. Na planilha de Recursos, deve-se inserir todos os trabalhadores envolvidos no projeto - neste trabalho, foram inseridos com nomes fictícios, alocados nas tarefas conforme o orçamento disponível e o prazo estipulado.

Figura 17 – Definição de níveis das tarefas.



	Modo da	EE	Nome da Tarefa	Trabalho	Duração	Início	Término
1		1	Construção de Unidade Habitacional	854,08 hrs	266,33 dias	Seg 02/08/21	Ter 23/08/22
2		1.1	Aterro	70,05 hrs	8,1 dias	Seg 02/08/21	Qui 12/08/21
3		1.1.1	Aterro - Escavação	30,49 hrs	3,81 dias	Seg 02/08/21	Qui 05/08/21
4		1.1.1	Serviço Servente	30,49 hrs	30,49 hrs	Seg 02/08/21	Qui 05/08/21
5		1.1.2	Aterro - Contenção	13,99 hrs	1,09 dias	Qui 05/08/21	Seg 09/08/21
6		1.1.2	Serviço Pedreiro	8,74 hrs	8,74 hrs	Qui 05/08/21	Seg 09/08/21
7		1.1.2	Serviço Servente	5,25 hrs	5,25 hrs	Qui 05/08/21	Sex 06/08/21
8		1.1.3	Aterro - Apiloamento	25,57 hrs	3,2 dias	Seg 09/08/21	Qui 12/08/21
9		1.1.3	Serviço Servente	25,57 hrs	25,57 hrs	Seg 09/08/21	Qui 12/08/21
10		1.2	Radier	112,81 hrs	40,53 dias	Seg 02/08/21	Qua 29/09/21
11		1.2.1	Radier - Armação	67,36 hrs	7,24 dias	Seg 02/08/21	Qua 11/08/21
14		1.2.2	Radier - Forma (radier)	3,51 hrs	0,27 dias	Qui 12/08/21	Qui 12/08/21

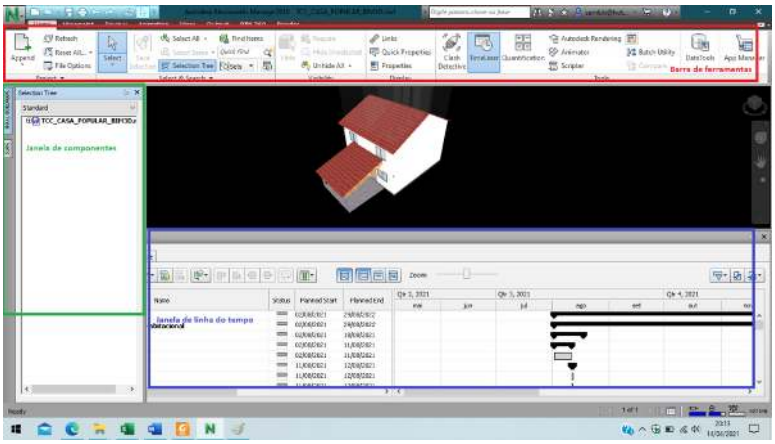
Fonte: Autores

Após a alocação dos recursos, é necessário utilizar a função "*nivelar tudo*", que atualiza as durações e os tempos escolhidos, a fim de garantir que o objetivo seja alcançado dentro do tempo esperado. Dessa forma, seguindo este guia, completa-se o Cronograma Físico-Financeiro do projeto. Como resultado, obtém-se um documento que demonstra, de maneira resumida, as etapas a serem executadas, o tempo disponível e o custo total de cada item. Ainda, obtém-se o Gráfico de GANTT e o Caminho Crítico das atividades, úteis na análise do progresso do projeto.

INTEGRAÇÃO DO MODELO NO NAVISWORK

Outrossim, com tantos conteúdos valorosos gerados em diferentes meios, faz-se necessário integrar todas as informações obtidas até então. Para Massafra e Gulli [6] a interoperabilidade é a capacidade dos sistemas de computador ou software acessar e transferir facilmente informações sem qualquer corrupção ou redução qualidade. Segundo Eastman et al. [1], o projeto e a construção de uma edificação são atividades realizadas por equipes, onde cada atividade e especialidade são suportadas por aplicações computacionais específicas. Há várias soluções tecnológicas para trabalhar com projetos em BIM com arquiteturas de software variadas e a custos diversos [7]. Dessa forma, para compatibilizar todas as etapas descritas anteriormente, utilizou-se do software Autodesk® Navisworks 2018. A interface básica deste software é composta pela Barra de Ferramentas, pela Janela de Linha do Tempo e pela Janela de Componentes (Figura 18). Para integrar a Modelagem desenvolvida, acessa-se o menu *suplementos* no software Revit e clica-se em *Navisworks*. É importante destacar que o modelo será integrado, e não importado - isto significa que as futuras alterações feitas no Revit, automaticamente serão atualizadas no Naviswork.

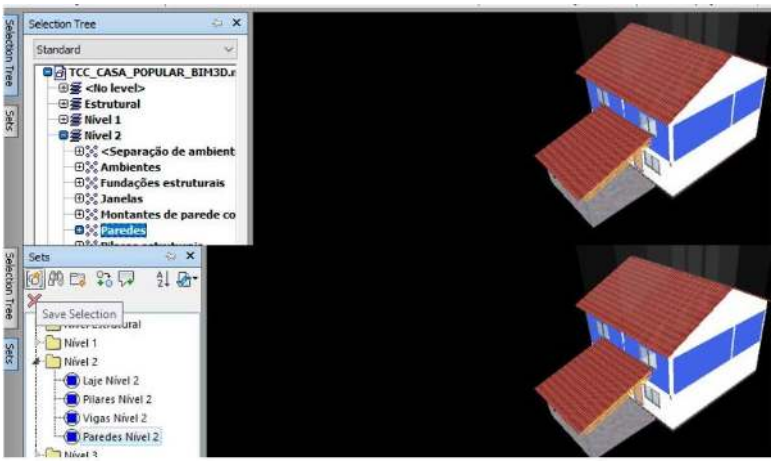
Figura 18 - Principais elementos da interface do Navisworks.



Fonte: Autores

Após a integração da Modelagem, o Cronograma deve ser importado para o Naviswork. Para tanto, executa-se o seguinte procedimento: no software Naviswork, no menu *linha do tempo*, na aba *datasources*, seleciona-se a opção Microsoft Project 2007-2013 e, então, seleciona-se o arquivo Microsoft® Project 2016 criado anteriormente. Após a integração, o Cronograma será exibido na linha do tempo, juntamente com o Gráfico de GANTT. Cada componente do modelo estará vinculado a uma etapa do Cronograma - para atribuir cada componente a um item específico, é necessário gerenciar os *sets*, na janela de *gerenciamento de sets*. Cada *set* de objetos será transformado em um *set pronto*, que será vinculado a uma tarefa na linha do tempo, conforme a Figura 19.

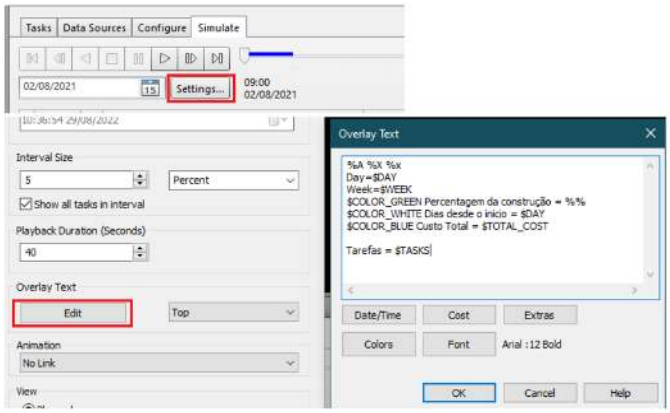
Figura 19 - Seleção de componentes e definição de conjuntos no Navisworks.



Fonte: Autores

Posterior a criação e a vinculação de todos os sets às tarefas na linha do tempo, o modelo poderá ser simulado. Além disso, algumas configurações adicionais poderão ser feitas, nas guias *settings* e *edit*, para atribuir alguns textos que forem necessários. Ao selecionar a opção *play*, o modelo será gerado com o passar do tempo. Além disso, o custo total será estimado, facilitando a visualização da etapa e de cada custo estimado, em determinado período (Figuras 20 e 21).

Figura 20 - Seleção de indicadores a serem mostrados na simulação.



Fonte: Autores

Figura 21 - Simulação 5D completa



Fonte: Autores

APRESENTAÇÃO E INTEGRAÇÃO DO 5D

Com o desenvolvimento da Modelagem 3D, com a obtenção do Cronograma Físico Financeiro, com a criação do Orçamento Executivo e com a integração das informações no Navisworks, cria-se a simulação 5D, extremamente útil e adequada ao planejamento e ao controle do projeto. O modelo de simulação 5D, por fim, pode ser exemplificado pela Figura 22.

Figura 22 – Apresentação de simulação 5D



Fonte: Autores

CONCLUSÃO

De acordo com o exposto, é possível afirmar que os principais objetivos do trabalho foram plenamente alcançados. Ademais, ao longo do artigo, abordou-se, de maneira suficientemente assertiva, as principais ferramentas BIM utilizadas no desenvolvimento de um modelo virtual. Além disso, em cada fase do trabalho, foram exemplificados, detalhados e explicados os pontos críticos a serem considerados durante a sua aplicação. Finalmente, destacam-se os resultados dos mais relevantes atividades deste artigo:

- A modelagem 3D BIM foi desenvolvida e detalhada com sucesso, por meio da utilização do software Autodesk® Revit;
- A geração das estimativas de custo foi exemplificada de maneira assertiva e as tarefas foram cuidadosamente especificadas no Microsoft Excel a partir de dados do SINAPI;
- O Cronograma Físico-Financeiro foi criado, mediante utilização do programa Microsoft Project;
- Por fim, para integração e a compatibilização de todas as informações obtidas, foi utilizado o software Autodesk Naviswork.

REFERÊNCIAS

[1] EASTMAN, Chuck et al. **Manual de BIM**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

[2] NETTO, Claudia Campos. **Autodesk REVIT Architecture 2020 – Conceitos e Aplicações.** 1. ed. São Paulo: Érica, 2020.

[3] BRASIL. **Decreto nº 11.888, de 22 de janeiro de 2024.** Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling no Brasil - Estratégia BIM BR e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling - BIM BR. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2024.

[4] COELHO FILHO, Marcos. **Automatização de orçamentos de referência para obras públicas em BIM.** Publicado pela RCT – Revista de Ciência e Tecnologia. Brasil, 24 de set. de 2020.

[5] LIMA, Camila. **Como elaborar orçamento utilizando processo BIM.** Tese de conclusão de curso da Universidade de Brasília. Brasília, 29 de jul. de 2018.

[6] MASSAFRA, Angelo; GULLI, Riccardo. **Enabling Bidirectional Interoperability between BIM and BPS through Lightweight Topological Models.** Design Reconsidered ed., 2023.

[7] DI BICCARI, Carla et al. **Building information modeling and building performance simulation interoperability: State-of-the-art and trends in current literature.** Advanced Engineering Informatics. Elsevier Ltd., 1 out. 2022.