## CENTRO UNIVERSITÁRIO DO INSTITUTO MAUÁ DE TECNOLOGIA

# Escola de Engenharia Mauá

Engenharia Civil

Flávia Simão do Nascimento Guimarães Danila Oliveira de Carvalho

Implantação de BIM 4D e 5D em obra de pequeno porte

São Caetano do Sul

2019

FLÁVIA SIMÃO DO NASCIMENTO GUIMARÃES

DANILA OLIVEIRA DE CARVALHO

# Implantação de BIM 4D e 5D em obra de pequeno porte

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Paula Katakura

Área de concentração: Engenharia Civil

São Caetano do Sul 2019 Simão do Nascimento Guimarães, Flávia

Implantação de BIM 4D e 5D em obra de pequeno porte / Flávia Simão do Nascimento Guimarães, Danila Oliveira de Carvalho. — São Caetano do Sul : CEUN-IMT, 2019. 102 p.

Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, SP,2019.

Orientadora: Dra. Paula Katakura.

1. Modelagem da Informação da Construção. 2. Construção 4.0. 3. Modelo Paramétrico. 4. Planejamento. 5. Orçamento. I. Oliveira de Carvalho, Danila. II. Instituto Mauá de Tecnologia. Escola de Engenharia. IV. Título. FLÁVIA SIMÃO DO NASCIMENTO GUIMARÃES

DANILA OLIVEIRA DE CARVALHO

## Implantação de BIM 4D e 5D em obra de pequeno porte

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira Civil.

Banca avaliadora:

Dra. Paula Katakura Orientadora Escola de Engenharia Mauá

Me. Gabriela Sá Leitão de Melo Avaliadora Escola de Engenharia Mauá

> Juliana Rodrigues Marostica Avaliadora

São Caetano do Sul, 02 de dezembro de 2019.

# DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho aos nossos familiares e professores, nossos grandes incentivadores.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Mauá de Tecnologia por nos fortalecer e nos preparar para os grandes desafios da vida profissional e pessoal.

Agradecemos a todos os nossos professores, em especial à nossa orientadora Professora Dra. Paula Katakura, que acreditou em nosso projeto e esteve conosco durante todo o período de realização desse trabalho, com dedicação ímpar.

Agradecemos aos nossos pais e irmãos, os nossos primeiros professores e parceiros, pelo apoio e amor incondicional em todos estes anos.

Agradecemos a todos os nossos amigos que estiveram conosco durante todos esses anos de batalha e foram compreensivos com as nossas ausências.

Agradecimento especial ao meu querido esposo Hugo e à minha adorável filha Luiza, meus maiores incentivadores e minha grande inspiração na construção da Flávia que sou hoje e que pretendo ser no futuro.

#### RESUMO

A baixa produtividade das obras no setor de Construção Civil está pautada no atraso da aplicação de tecnologia da informação, amplamente utilizada por outros setores da indústria, integrando os processos num mesmo banco de dados, que contempla desde a concepção à produção, sendo esta a proposta do BIM (Building Information Modeling). Neste contexto, este trabalho apresenta os conceitos gerais da metodologia BIM, bem como, realiza um estudo de caso aplicando a metodologia para uma obra residencial multifamiliar de oito casas, construída no litoral de São Paulo, nas etapas descritas a seguir: (i) detalhamento dos processos de criação de um modelo virtual 3D parametrizado, que permite simular os componentes reais de uma edificação; (ii) detalhamento dos processos de criação da animação em vídeo do planejamento das atividades através do cronograma da obra atrelado ao modelo 3D (dimensão 4D do BIM); (iii) detalhamento dos processos de planejamento financeiro da obra distribuído ao longo de sua execução atrelado ao modelo 4D (dimensão 5D do BIM); (iv) apresentação dos resultados e análises dos processos; (v) feedback da construtora referente à estas informações e processos; (vi) proposta de mapeamento dos processos para a implantação da metodologia BIM nas próximas obras. Apresentando como resultado, algumas inconsistências do projeto no momento do planejamento, que, percebidas antes da execução da obra não acarretam acréscimo de custo e prazo a obra. Ao final, concluiu-se que a modelagem BIM é capaz de ser aplicada em todos os tipos e tamanhos de obra, desde que a execução dentro de um custo e de um prazo ideal sejam as principais premissas dos interessados para o alcance da produtividade e do resultado financeiro ideal, seja para um empreendimento, ou para uma reforma.

**PALAVRAS CHAVE:** Modelagem da Informação da Construção, Construção 4.0, modelo paramétrico, planejamento, orçamento.

#### ABSTRACT

Low productivity in construction today is the result of a multitude of factors, including the underinvestment in technology. As an example, other industries are improving their processes by integrating data to a unique database, an end-to-end process, which is the purpose of BIM (Building Information Modeling), according to Leusin (2018). In this context, this study presents the main concept of BIM methodology, through a case study applying the methodology to a multifamily residential construction of eight houses located in Sao Paulo coast, according to the following steps: (i) process mapping of creating a parameterized 3D virtual model, which allows to simulate the real components of the construction; (ii) process mapping of creating a video demonstrating the activity planning through a schedule linked to the 3D model (4D dimension); (iii) process mapping of finance planning along the construction linked to 4D model (5D dimension); (iv) results analytics presentation; (v) feedback from construction company regarding the presentation; (vi) process mapping proposal for the BIM implementation in the next constructions. Showing as a result, some project inconsistencies that should be mitigated in the planning phase in order to avoid an extra cost. At the end, it was concluded that the model approach increases efficiency within all type of construction, however the companies must be willing to put efforts to the planning phase to take advantage of time and cost savings.

*KEYWORDS: Building Information Modeling, Building 4.0, parametric model, planning, budgeting.* 

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxo do processo de projeto CAD.	.22
Figura 2: Fluxo do processo de projeto BIM	.23
Figura 3: Relação entre esforço e impacto	.24
Figura 4: Propriedades de tipo do elemento janela com parâmetros editáveis destacados.	.25
Figura 5: Janela aplicados na instância parede	.26
Figura 6: Conceito de <i>LOD</i> aplicado a parede	.28
Figura 7: Ciclo de vida do projeto	.31
Figura 8: Planejamento manual em 4D em software de modelagem 3D, em que o sistema HVAC está representado pela cor fúscia	de .36
Figura 9: Planejamento 4D em software com Navisworks – Autodesk	.37
Figura 10: Imagem 3D do Empreendimento Condomínio Jardim das Amendoeiras	.42
Figura 11: Exemplo de Planta de Arquitetura do Empreendimento	.42
Figura 12: Cronograma Inicial do Empreendimento.	.43
Figura 13: Levantamento de quantitativo de alvenaria realizado em Excel	.44
Figura 14: Modelo 3D da Arquitetura em LOD 200	.45
Figura 15: Modelo 3D da Arquitetura em LOD 350	.45
Figura 16: Modelo 3D da Estrutura em LOD 200	.46
Figura 17: Modelo BIM Integrado no Software Navisworks – Autodesk	.47
Figura 18: Simulação do 4D e 5D do do Empreendimento no Software Navisworks	.48
Figura 19: Criação de um novo projeto no Revit - Autodesk	.51
Figura 20: Criação dos níveis	.51
Figura 21: Inserção da planta de piso	.52
Figura 22: Inserção da planta de piso	.53
Figura 23: Criação do Fill Patterns do bloco cerâmico	.54

Figura 24: Criação do Fill Patterns do bloco cerâmico	54
Figura 25: Ajuste da aparência do bloco cerâmico	55
Figura 26: Alinhamento da aparência com a hachura do bloco cerâmico	55
Figura 27: Ajuste da aparência do bloco cerâmico	56
Figura 28: Vista superior das inserções de paredes no modelo	57
Figura 29: Vista 3D das paredes internas modeladas	57
Figura 30: Vista 3D das paredes externas modeladas	58
Figura 31: Vista 3D das paredes de todos os pavimentos modeladas	58
Figura 32: Criação da laje de concreto	59
Figura 33: Lajes das casas do pavimento térreo	60
Figura 34: Encobrimento das laterais das lajes	61
Figura 35: Hierarquização das instâncias laje e parede	61
Figura 36: Telhado	62
Figura 37: Modelo arquitetônico com guarda-corpo das varandas	63
Figura 38: Modelo arquitetônico com portas e janelas	63
Figura 39: Criação de contra piso e revestimento de porcelanato	64
Figura 40: Pisos externos antes do alinhamento	64
Figura 41: Pisos externos depois do alinhamento.	65
Figura 42: Planta de Forro do Térreo	65
Figura 43: Cobogós e Brises.	66
Figura 44: Cobogós e Brises.	66
Figura 45: Inserção de pilares de concreto do pavimento térreo	68
Figura 46: Inserção de vigas do pavimento térreo	68
Figura 47: Inserção de sapatas	69
Figura 48: Separação de pilares do bloco 1.	69

Figura 49: Separação de pilares do bloco 27	'0
Figura 50: Separação de pilares do bloco 27	'0
Figura 51: União dos elementos com plugin "OnBox"7	'1
Figura 52: União dos elementos com plugin "OnBox"	'2
Figura 53: Corte do modelo 3D de Arquitetura7	'2
Figura 54: Clash detective entre viga e laje7	'3
Figura 55: Clash detective entre pilar e laje7	'4
Figura 56: Clash detective guarda corpo e laje7	'5
Figura 57: Clash detective guarda corpo e viga7	'5
Figura 58: Clash detective parede e porta7	'6
Figura 59: Clash detective parede e escada7	'6
Figura 60: Clash detective demarcação do ambiente e laje7	'7
Figura 61: Montagens dos Elementos7	'8
Figura 62: Cronograma MS Project7	'9
Figura 63: Find Items do Navisworks - Autodesk7	'9
Figura 64: <i>Time Line</i> do Navisworks - Autodesk8	30
Figura 65: Simulação da <i>Time Liner</i> do Navisworks - Autodesk8	31
Figura 66: Simulação da <i>Time Liner</i> do Navisworks - Autodesk8	31
Figura 67: Navegador de Materiais do Revit – Autodesk8	33
Figura 68: Montagem das Sapatas do Bloco 2 no Revit – Autodesk8	34
Figura 69: Tabela de contagem das Sapatas do Bloco 2 no Revit – Autodesk8	35
Figura 70: Tabela de materiais das Sapatas do Bloco 2 no Revit – Autodesk8	35
Figura 71: Tabela de materiais das Sapatas do Bloco 2 no Microsoft Excel8	36
Figura 72: Tabela de custos estimados da obra no Microsoft Excel8	37
Figura 73: Simulação do modelo 5D na ferramenta Time Liner do Navisworks – Autodesk8	37

Figura 74: Simulação do modelo 5D na ferramenta <i>Time Liner</i> do Navisworks – Autodesk	88
Figura 75: Simulação do modelo 5D na ferramenta <i>Time Liner</i> do Navisworks – Autodesk	89
Figura 76: Planta de Arquitetura do Térreo	90
Figura 77: Planta do Modelo de Arquitetura do Térreo	91
Figura 78: Vista 3D do Modelo de Arquitetura	92
Figura 79: Planta de Estrutura do Pavimento Superior	92
Figura 80: Vista de elevação do modelo de estrutura	93
Figura 81: Projeto de detalhamento dos pilares e arranques da fundação	94

# Sumário

1	INTRODUÇÃO	. 18
2	OBJETIVO	. 20
3	PESQUISA DE REFERÊNCIA	. 21
3.1	O PROJETO BIM	21
3.1.1	Modelagens ND do BIM	21
3.1.2	FLUXO DO PROJETO BIM	22
3.1.3	OBJETO PARAMÉTRICO	24
3.1.4	Nível de desenvolvimento – LOD	26
3.1.5	INTEROPERABILIDADE	29
3.1.6	MODELO BIM INTEGRADO E MODELO AUTORAL	30
3.1.7	CICLO DE VIDA DO PROJETO	31
3.2	BIM 4D – PLANEJAMENTO E CONTROLE DA OBRA	32
3.2.1	Planejamento na construção civil	32
3.2.2	Planejamento, Controle da Produção (PCP) e Lean Construction	33
3.2.3	Planejamento 4D	34
3.2.4	PROCESSOS DE MODELAGEM 4D	35
3.2.5	Critérios de escolha da solução 4D	37
3.3	BIM 5D – GERENCIAMENTO DO CUSTO DA OBRA	38
3.3.1	GERENCIAMENTO DO CUSTO	38
3.3.2	QUANTIFICAÇÃO NAS ETAPAS DO PROJETO	39
3.3.3	Modelagem 5D	39
4	METODOLOGIA	. 41
4.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	41
4.2	SOBRE O PROJETO ESTUDADO	41
4.3	MODELO 3D DA ARQUITETURA	44
4.4	MODELO 3D DA ESTRUTURA	46
4.5	MODELO BIM INTEGRADO	46
4.6	MODELO 4D	47
4.7	MODELO 5D	47
4.8	ANÁLISE DOS PROCESSOS	48

4.9	FEEDBACK DA CONSTRUTORA	48
4.10	PROPOSTA DE MAPEAMENTO DOS PROCESSOS	48
5	ESTUDO DE CASO	50
5.1	CRIAÇÃO DO MODELO 3D DA ARQUITETURA	50
5.2	CRIAÇÃO DO MODELO 3D DA ESTRUTURA	67
5.3	CLASH DETECTIVE DO MODELO BIM INTEGRADO	72
5.4	CRIAÇÃO DO MODELO 4D	77
5.5	CRIAÇÃO DO MODELO 5D	82
5.6	RESULTADOS E ANÁLISES	89
5.6.1	Modelo 3D	89
5.6.2	Modelo 4D	95
5.6.3	Modelo 5D	95
5.7	FEEDBACK DA CONSTRUTORA	96
5.8	PROPOSTA DE MAPEAMENTO DOS PROCESSOS	98
6	CONCLUSÃO	99
REFERÊNCIA	AS1	01

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria da Construção Civil, quando comparada a outros setores da economia, apresenta uma menor evolução das técnicas aplicadas em suas atividades, ao longo de décadas. E existem diversas razões para tal desempenho, a começar pela baixa produtividade do setor que, na construção, se apresentou linear ao longo dos anos de 1994 a 2012, conforme estudo apresentado pela McKinsey & Company (2015). O cenário é discrepante ao se traçar um paralelo à indústria manufatureira que se manteve em constante crescimento, dobrando seu rendimento no mesmo período.

De acordo com Leusin (2018) esta discrepância está pautada no uso intensivo da tecnologia da informação pelos outros setores, que integra os processos num mesmo banco de dados, contemplando desde a concepção até à produção.

Na Construção Civil, o custo da ineficiência devido à comunicação inadequada entre os sistemas e equipes gera um acréscimo de valor significativo ao metro quadrado de área construída de acordo com a pesquisa do *NIST – National Institute os Standards and Tecnology* citada por Gallaher *et al.* (2004). A pesquisa demonstra um impacto financeiro estimado entre 0,86% a 2,84% na receita anual dos envolvidos na cadeia produtiva do setor nos EUA. Sendo que, dois terços destes custos são suportados por construtores e proprietários destes empreendimentos, dentro do ciclo de vida do projeto.

A fragmentação do fluxo de atividades faz com que as informações sejam perdidas ao longo do processo, demandando um maior gasto de tempo e recursos para identificação dos problemas, bem como, a mitigação de erros evitáveis segundo Eastman *et al.* (2014).

Deste modo, o desempenho da produção se relaciona intrinsecamente ao controle e planejamento da obra. E, de acordo com Mattos (2010), as deficiências desta etapa estão entre as causas relacionadas à queda da qualidade.

No mercado competitivo da Construção Civil, em que há uma pressão pela diminuição do custo como uma garantia da sobrevivência das empresas, Johnson e Kaplan (1987) apud Sakamori (2015) citam a necessidade de um maior domínio das informações financeiras com

o objetivo de facilitar o controle e o planejamento da produção, estimulando a produtividade, além de permitir o processo de melhoria continua das organizações.

No entanto, a obtenção de uma detalhada estrutura de custos e prazos é uma tarefa crítica e demorada, isso significa que uma versão detalhada demanda a aplicação de longo tempo na visualização e entendimento dos projetos, como também no cálculo dos materiais, da mão de obra etc. segundo Shen e Issa (2010).

Neste contexto, o *Building Information Modeling (BIM)*, com o enfoque no "i" da informação, é uma forma de repensar o processo do ciclo do projeto na Construção Civil, trazendo uma nova perspectiva sobre o modo como as atividades no setor são executadas. Matipa (2008) apud Sakamori (2015) afirma que a geração de documentos e dados no processo é inevitável, porém a tendência é que esta seja cada vez mais automatizada, a ponto de que alguns processos exijam a mínima intervenção humana.

Portanto, no estudo de caso deste trabalho estão detalhados os processos realizados para a obtenção dos modelos nas dimensões *BIM* 3D, *BIM* 4D, que adiciona o componente "tempo" ao modelo 3D, ou seja, simula as etapas da construção através do cronograma atrelado a uma animação virtual do avanço físico do empreendimento, bem como, da dimensão *BIM* 5D, que atribui ao modelo 4D a variável custo,, bem como, os resultados e as análises realizadas para a apresentação do modelo de planejamento pela metodologia *BIM* à Construtora. Está relatado o *feedback* da Construtora referente à estas informações e processos. E, por fim, com base nos entendimentos do grupo, alinhados às reais necessidades da Construtora está apresentada uma proposta de mapeamento dos processos para a implantação da metodologia *BIM* nas próximas obras.

## 2 OBJETIVO

O trabalho propõe a implantação das dimensões *BIM* 4D e 5D no projeto do Condomínio Jardim das Amendoeiras, constituído de oito casas e construído na cidade de Itanhaém/SP, com o objetivo de apresentar ganhos e desafios no processo de gerenciamento da obra de pequeno porte a partir da metodologia aplicada.

### **3 PESQUISA DE REFERÊNCIA**

#### 3.1 O PROJETO BIM

#### 3.1.1 MODELAGENS ND DO BIM

Azevedo (2009) relata que a prática atual nas obras de construção civil é o envio do projeto executivo em 2D para a Direção Técnica executá-lo. E, por vezes, quando existem as perspectivas 3D, estas são apenas representações gráficas para mostrar os resultados para o cliente.

Segundo Eastman et al. (2014), a proposta do *BIM* é a parametrização destes modelos 3D, contendo não apenas as definições geométricas, mas também dados e regras associados com diferentes níveis de agregação. Isso significa que, ao se atribuir um material com um certo peso para uma tipologia de parede modelada, por exemplo, todos os elementos parede que possuem essa mesma tipologia terão seus dados atualizados com este mesmo peso. Assim, como, todas as modelagens nD associadas a ele também serão atualizadas.

Leusin (2018) reitera que embora a parte mais visível do *BIM* seja o modelo 3D, o *BIM* não se limita a esta dimensão, se desenvolvendo em processos muito mais complexos, com hierarquia bem definida. Desta forma, não é possível criar uma porta, sem existir uma parede que a sustente, o objeto hospedeiro da porta. Além disso, estes objetos virtuais permitem extrair quantitativos e relatórios de especificações, associar-se ao cronograma e ao controle da obra, análises de desempenho em diversas situações, bem como, possuem funcionalidade inclusive na operação do empreendimento.

Sendo assim, as possibilidades do *BIM* atualmente se encontram além das modelagens 3D, 4D e 5D citadas. Na dimensão 6D encontra-se o *facilities management*, modelo que permite o gerenciamento do ciclo de vida do empreendimento. Enquanto na 7D, é possível realizar modelagens que englobam análises referentes à sustentabilidade, como a certificação *LEED*. E já é possível encontrar pesquisas tratando da dimensão 8D do *BIM*, neste caso específico, tratando da modelagem da prevenção de acidentes de trabalho no canteiro de obras de acordo com Kamardeen (2010, tradução nossa).

#### 3.1.2 FLUXO DO PROJETO BIM

Diferentemente do processo faseado do projeto em CAD no qual o andamento do fluxo de trabalho depende da conclusão das disciplinas precedentes, para posterior compatibilização e validação, em um processo linear. A implementação do *BIM* permite uma inversão deste fluxo, com todas as disciplinas passando a operar em sincronia com o que Leusin (2018) chama de "**Modelo BIM Integrado**".

O fluxo de trabalho em projetos executados em CAD, conforme demostrado na figura 1, adaptado de Leusin (2018) apresentam a seguinte configuração: cada disciplina do projeto concebe o empreendimento, independentemente, gerando uma documentação, que no caso, são as pranchas de projeto; estas pranchas são compatibilizadas; enviadas para validação; se houver alguma interferência ou correção, os envolvidos são informados; corrigem e geram um nova documentação que segue o mesmo fluxo até liberação final para obra.





Fonte: Adaptado pelas autoras de Leusin (2018).

No caso, do fluxo de trabalho pela metodologia *BIM*, apresentado na figura 2, adaptado de ABDI (2017), a disciplina arquitetura gera um modelo base, que será o elemento norteador de todos os projetos, e neste caso passa a ser chamando de Modelo *BIM* Integrado. No modelo

*BIM* integrado, todas as disciplinas trabalham simultaneamente, compatibilizando as informações, enquanto o projeto é concebido, após a finalização, o modelo é enviado para validação, e os documentos de cada disciplina são liberados para obra.



Figura 2: Fluxo do processo de projeto BIM.

Fonte: Adaptado pelas autoras ABDI (2017).

De acordo com ABDI (2017), essa nova sequência de tomada de decisões, permite aos envolvidos antecipar conflitos que acarretam custo, facilita a busca soluções de execução otimizadas e reduz o escopo de compatibilização em verificações pontuais, o que também gera uma economia de tempo.

A curva de McLeamy, figura 3, adaptada de ABDI (2017) exemplifica esta relação entre esforço e impacto no custo das alterações de projeto nas fases de concepção, estudo preliminar, anteprojeto, projeto executivo, contratações, execução e operação do empreendimento. Pode-se observar que a capacidade da equipe de influenciar o custo e a funcionalidade do projeto é maior antes do projeto executivo, bem como, o impacto do custo da mudança do projeto após está etapa também é maior. E é nesta discrepância que se encontra a atual ineficiência das empresas da construção civil, pois de acordo com o mesmo gráfico, o maior fluxo de trabalho de acordo com a metodologia tradicional de projeto, baseada em CAD, se encontra próximo a etapa de projeto executivo, diminuindo a capacidade das empresas de tomar melhores decisões. Enquanto, na metodologia BIM, pode-se observar que o fluxo de trabalho está antecipado, o que permite uma melhor análise do projeto com impactos no custo da obra e uma grande capacidade de influência sobre o mesmo.



Figura 3: Relação entre esforço e impacto.



Portanto, a metodologia *BIM* resulta em uma significativa redução do grau de incertezas em relação ao orçamento e ao planejamento da obra (ABDI, 2017).

#### 3.1.3 OBJETO PARAMÉTRICO

Objetos paramétricos, ou objetos virtuais são aqueles que permitem a adição de atributos que simulam o material construtivo dentro do Modelo *BIM* Integrado, bem como, possibilitam a alteração de suas características para o atendimento das necessidades do empreendimento segundo ABDI (2017).

A Autodesk (2019) nomeia de instância a associação de diversos tipos de dados, sejam elementos construtivos, elementos textuais, como uma especificação, ou localização do nível, sejam elementos numéricos, como dados relativos ao tamanho do objeto, ou de desempenho térmico ou acústico, sejam *links* para documentos externos, por exemplo um manual de garantia, etc.

Na figura 4, extraído do modelo autoral da disciplina arquitetura, observa-se um exemplo do objeto paramétrico janela, onde é possível editar os parâmetros desta família de janelas, ou

seja, todas as janelas com essa tipologia inseridas no modelo projetado, ou apenas salvas na biblioteca interior do projeto que forem editadas dentro das Propriedade de Tipo, serão editadas simultaneamente em todas as instâncias de acordo com a Autodesk (2019). Um exemplo de alteração mais usual é a alteração das medidas do elemento, para que um mesmo tipo de janela seja usado em diferentes medidas dentro do projeto.

Figura 4: Pi	ropriedades de tipo	do elemento Janeia co	om parametros edita	veis destacados.	
R 🕞 🖥 🕼 • Sa • Ba • 🖨 😫 • 💉 😰	A @ • ♀ 📰 및 뽑 • ₹	Amendoeiras_ARQ_EST_R2.rvt - Vista 3D: {3D}	Digite palavra-chave ou frase	ዋፅ 🗟 🏠 💄 11.01807-0 🔹 🍃	? ? · _ = ×
Arquivo Arquitetura Estrutura Aco Sistema	as Inserir Anotar Analisar Massa e terreng	Colaborar Vista Gerenciar Suplementos M	fodificar   Colocar Janela		
	Propriedades de tipo				×
Modificar Colar	Família: Janela de correr - 2 Painéis				✓ Carregar
Selecionar - Propriedades Área de transferência	Tipo: Janela de correr - 2 Painéis 1,40 x 1,00 m	2			Duplicar
Modificar   Colocar Janela					Renomear
Propriedades	Parâmetros de tino				
Innela de correr - 2 Painéir		Parâmatro		Valor	
Janela de correr - 2 Paíneis Janela de correr - 2 Paínéis 1,40 x 1,00 -	Construction	Parametro		480	
m 2	Construção		Por hospedeiro		
Novo Janelas v 🕀 Editar tipo	Tipo de construção		Por hospedeno		
Restricões *	Materiais e acabamentos				
Altura do peitoril 0,6500	Vidro		<por categoria=""></por>		
Dados de identidade *	Material da moldura		<por categoria=""></por>		
Imagem	Cotas				8
Comentários	Largura bruta		14000		8
Marca	Altura bruta		1,0000		
Outros *	Altura		1.0000		
Altura da extremidade 1,6500	Largura da estrutura		0,0350		
	Largura		1,4000		
	Propriedades analíticas				2
	Transmissão de luz visual		0.900000		
	Coeficiente de ganho de calor solar		0,780000		
	Coeficiente de transferência de calor (U)		3,6886 W/(m <sup>2</sup> -K)		
	Construção analítica		Vidraça única Pilkington 1/8 pol		
	Resistência térmica (R)		0,2711 (m <sup>2</sup> ·K)/W		
	Dados de identidade				1
	Parámetros IFC				*
	Operação				
	Outros				2
	Largura da moldura do painel		0,0500		1
	Espessura da moldura do painel		0,0400		
	Espessura da moldura		0,0900		1
	O que fazem estas propriedades?				
Ajuda de propriedades Aplicar	<< Visualizar			OK Cance	alar Aplicar

Quando aplicado ao modelo, o objeto passa a ser associado àquela fase de execução, associando-se a uma etapa específica do planejamento do avanço físico e financeiro da obra.

Na figura 5, observa-se que o objeto paramétrico janela, apresentado na figura anterior, foi inserido no segundo pavimento, com um peitoril de 0,93 metros de altura. Essa é a instância do modelo, qualquer alteração nestas propriedades, não terá impacto nas propriedades de tipo da janela, e não terá impacto nas outras janelas da mesma tipologia inseridas no modelo.

Outra característica do objeto paramétrico é que ele apenas será aplicado no modelo na instância que permite ser seu hospedeiro. No exemplo, o hospedeiro da janela é a parede, portanto, não é permito inserir o objeto paramétrico janela nas instancias de piso, por exemplo.

Figura 4: Propriedades de tipo do elemento janela com parâmetros editáveis destacados.

Fonte: Autoral (2019).



Figura 5: Janela aplicados na instância parede.

Fonte: Adaptado de ABDI (2017).

#### 3.1.4 NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO – LOD

Um dos conceitos fundamentais para a compreensão do detalhamento dos projetos em *BIM* é amplamente conhecido por *LOD*, *Level of Development*, ou Nível de Desenvolvimento, ND. Segundo Barbosa (2014) *LOD* é a quantidade de informação fornecida pelo autor do projeto.

O nível de desenvolvimento do projeto, de acordo com ABDI (2017), evolui conforme as etapas de concepção avançam. Da mesma forma que em um modelo 3D, diferentes componentes, possuem diferentes *LOD*. Isso significa que alguns objetos terão maior grau de definição em relação a outros.

Com o ganho de informações paramétricas, a representação de uma parede bidimensional ganha propriedades que descrevem não apenas suas dimensões, mas, também, seu peso, os materiais constituintes, acabamentos, custos, etc. Isso significa que um objeto passa a ter um conjunto de parâmetros associados a ele, segundo Mattei (2008).

Neste sentido, de acordo com Bedrick (2008) o *American Institute of Architects* (*AIA*) desenvolveu um protocolo que divide o *LOD* em cinco níveis de detalhe:

- LOD 100 Modelo conceitual;
- LOD 200 Modelo de geometria aproximada;
- LOD 300 Modelo de geometria mais precisa;
- LOD 400 Modelo de fabricação;
- LOD 500 Modelo As-built.

A ABDI (2017) e Sakamori (2015) relacionam as contribuições dos níveis de desenvolvimento para as fases do projeto, quanto as análises, orçamentação e planejamento:

As *informações* contidas no *LOD* 100 auxiliam na etapa de concepção e estão associadas à análise da construção, tal como volumetria, orientação geográfica da edificação, custo baseado no metro quadrado, ou em quantidades de forma macro para estudo de viabilidade do empreendimento. E, quanto ao planejamento, pode ser usado para determinação das fases do projeto e estimativa da duração global.

No LOD 200 é possível identificar quantidades aproximadas dos objetos, seus tamanhos e formas, bem como, localização e orientação. Neste nível estão associadas as informações genéricas do modelo, tais como, áreas de pisos, paredes ou esquadrias, volumes de movimentação de terra ou da estrutura, número de leitos ou quartos, e com isso quantitativos em metragem linear ou quadrada, por exemplo, para que sejam realizados os orçamentos iniciais. E, quanto ao planejamento, nesta etapa já estão modelados os principais sistemas para consideração no cronograma.

No LOD 300 os elementos contidos na modelagem se assemelham aos documentos dos objetos que serão adquiridos. Nesta fase de desenvolvimento, tem-se dados suficientes para quantificar com mais precisão os itens da obra, bem como a detecção de conflitos entre os mesmos.

O LOD 400 tem um nível de detalhamento apurado para a fabricação e montagem dos objetos. Sendo que a análise do desempenho, nesta etapa, já pode ser avaliada com aplicação de critérios reais. Quanto ao orçamento, nesta etapa, pode ser baseada no custo real do elemento no momento da compra. E, por fim o *LOD* 500, representa o nível de desenvolvimento conforme o projeto foi construído, e será utilizado para manutenção e operação, assim como, pode incluir dados dos proprietários.

Na figura 6, adaptado de ABDI (2017) é possível observar o avanço do desenvolvimento de uma parede quanto a questão do nível de desenvolvimento. No *LOD* 100 tem um estudo de volumetria, já no *LOD* 200, a geometria da parede está definida. No *LOD* 300 estão inseridos os elementos construtivos das diferentes disciplinas, tal como estrutura e arquitetura, com a definição de acabamentos e materiais. O *LOD* 400 para a instância parede é o mais avançado, podendo observar a paginação dos elementos conforme executado na obra.

LOD 100 Estudo de massa.



Figura 6: Conceito de LOD aplicado a parede.

LOD 200 Desenvolvimento da geometria dos elementos que delimitam a arquitetura.



Inclusão dos parâmetros que simulam o material

LOD 300

construtivo. Desenvolvimento das outras disciplinas.



LOD 400

Detalhamento de todas as disciplinas.



Fonte: Adaptado de ABDI (2017).

A partir do nível de desenvolvimento *BIM* é possível é possível traçar um paralelo com as fases de projeto, conforme quadro 1 a seguir, adaptado de Barbosa (2014) que apresenta os níveis de desenvolvimento necessários para cada etapa do processo, sendo que o programa preliminar, no qual o proprietário estuda a viabilidade do empreendimento, encontra-se o *LOD* 100, bem como, no programa base, que vai determinar as diretrizes do empreendimento para a equipe de arquitetura desenvolver o projeto. O desenvolvimento do projeto avança conforme o avanço do *LOD* do modelo, sendo que para a execução da obra é necessário no mínimo um *LOD* 300 e a manutenção e operação do empreendimento acontece no *LOD* 500 que é quando o modelo é um reflexo da obra construída.

FASES DO PROJETO		LOD				
		100	200	300	400	500
1. Projeto Técnico	-	*	*	×	*	*
1.1 Programa Preliminar	Proprietário	*				
1.2 Programa Base		*				
1.3 Estudo Preliminar	Projetista		*			
1.4 Anteprojeto			*			
1.5 Projeto Legal			*			
1.6 Projeto Executivo				*	×	
1.7 Projeto As Built					×	×
2. Obra	Empreiteiro			*	*	*
3. Manutenção e Operação	Proprietário					*

Quadro 1: Relação entre as fases do projeto e o LOD.

Fonte: Adaptado de Barbosa (2014).

#### **3.1.5** INTEROPERABILIDADE

A interoperabilidade, segundo Eastman et al. (2011), é a transmissão de dados entre as diferentes plataformas necessárias para o projeto e para execução de uma construção, partindo do princípio que nenhuma aplicação pode sozinha suportar todas as etapas do processo. Eliminando assim a necessidade de se replicar as informações nas diferentes plataformas, facilitando o fluxo de informações e a automação dos processos.

Portanto, pautando-se no fato que a integração e a colaboração são conceitos intrínsecos ao *BIM*, traduzidos pela interoperabilidade, criou-se padrões de troca de arquivo entre os participantes da equipe do empreendimento, sem a necessidade de traduções complexas, que facilitariam a perda de dados (LEUSIN, 2018).

Segundo Sakamori (2015) o primeiro destes padrões de transferência desenvolvidos foi o *IFC* (*Industry Foundation Class*) criado pela atual *BuildingSMART International*, baseado no padrão de transferência de dados *Standard Exchange of Product Model Data* (*STEP*), linguagem padrão da indústria manufatureira.

De acordo com a *Buildingsmart International (*2019*)*, o objetivo de sua entidade é "permitir o compartilhamento de informações em todo o ciclo de vida de qualquer ativo do ambiente construído, entre todos os participantes, independentemente de qual aplicativo de software eles estejam usando."

No entanto, segundo Leusin (2018) o usuário comum não precisa se familiarizar com estas definições, visto que, estão incorporadas pelos aplicativos certificados disponibilizados pelo mercado, ao exemplo da Autodesk que desenvolveu o *DXF* (*Data eXchange Format*). E complementa, citando outra funcionalidade muito importante, dos arquivos em formato *IFC*, sendo está a capacidade de registro e entrega de determinada etapa, que permite a rastreabilidade da autoria do projeto e de suas modificações, garantindo a autoria do projetista, e suas responsabilidades técnicas.

#### **3.1.6 MODELO BIM INTEGRADO E MODELO AUTORAL**

De acordo com ABDI (2017), a combinação dos arquivos multidisciplinares do projeto, agrupados pelo recurso da interoperabilidade em software específico para a coordenação, análise e comunicação entre as equipes é o Modelo *BIM* Integrado que fornece uma versão completa da construção virtual para todos os envolvidos no empreendimento. É neste Modelo, que após ser alimentado pelas modelagens 3D de cada especialidade, são desenvolvidas as etapas de modelagem 4D e 5D.

À coordenação do projeto cabe a tomada de decisão pelas permissões de visualização, bem como a responsabilidade pela subdivisão do modelo integrado em partes ou fases, como por exemplo, por número de torres, por pavimento, por atividade, etc. com o objetivo de facilitar a visualização e o desenvolvimento da obra, bem como o planejamento e orçamento, ABDI (2017).

Cada projetista de cada disciplina possui responsabilidade técnica apenas pelo seu Modelo Autoral, onde realiza o desenvolvimento do seu trabalho, gerando documentos de sua especialidade, sendo o único modelo, o qual pode realizar modificações, ABDI (2017).

#### 3.1.7 CICLO DE VIDA DO PROJETO

A interoperabilidade do *BIM* é uma ferramenta que agrega valor no ciclo de vida do projeto. Isto ocorre, devido ao compartilhamento das informações entre as diferentes fases com o suporte da ferramenta *IFC*, garantindo uma constante atualização do modelo em todo este ciclo, segundo Ma et al. (2013) apud Sakamori (2015).

O National Institute of Building Sciences (NIBS), de acordo com Azevedo (2009), se refere ao BIM como uma representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação e neste sentido, atua como através do compartilhamento de recursos com o objetivo de uma obter uma base sólida para a tomada de decisões no ciclo de vida do empreendimento.

Desta forma, de acordo com a figura 7, o *BIM* acaba sendo a única fonte de dados para a representação de todo o projeto, desde a concepção, a execução, a operação, até o comissionamento, reuso ou demolição, ABDI (2017).



Figura 7: Ciclo de vida do projeto.

Fonte: Extraído do ABDI (2017).

#### 3.2 BIM 4D – PLANEJAMENTO E CONTROLE DA OBRA

#### 3.2.1 PLANEJAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Visualizar corretamente o planejamento da obra no espaço, gerando cronogramas de interpretação abstrata com muitas atividades e precedências é uma das maiores dificuldades encontradas pelas equipes envolvidas no empreendimento. E, embora, redes de *CPM* (*Critical Path Method*) ou Método do Caminho Crítico e gráficos de barra representem logicamente esta sequência, a comunicação colaborativa fica comprometida, limitada a experiência daqueles que conseguem visualizar os processos em suas cabeças, geralmente, os gerentes do projeto, segundo Koo e Fischer (1998, tradução nossa).

Neste cenário, Koo e Fischer (1998, tradução nossa), afirmam que os problemas gerais relativos ao projeto dificilmente perceptíveis pela equipe possuem impacto direto na etapa de planejamento, e, portanto, mudanças no cronograma durante a construção são comuns no setor da Construção Civil.

Uma das principais dificuldades está centrada na tentativa de se adaptar a metodologia de planejamento aplicada ao ambiente industrial, que acaba gerando sistemas inadequados e de baixa eficiência nas obras, segundo Assumpção (1996) apud Moreira e Bernardes (2001). De fato, Formoso e Ino (2003) apud Brito e Ferreira (2015), citam que existem algumas peculiaridades na Construção Civil que a diferencia das demais indústrias, tais como, a fragmentação do processo, o caráter nômade das obras, o uso intensivo da mão de obra, além da grande quantidade de materiais e intervenientes, neste sentido, cada obra é única, diferente de uma linha de produção industrial

No entanto, é necessário se manter os esforços para um gerenciamento adequado, e, segundo Laufer (1990) apud Moreira e Bernardes (2001), o planejamento é necessário pois:

- Facilita a compreensão dos objetivos do empreendimento, aumentando a probabilidade da equipe em atendê-los;
- Informa a cada participante do empreendimento a parcela de seu trabalho, aumentando a probabilidade individual em planejá-la;

- Desenvolve uma referência básica para a equipe de orçamento;
- Produz informações consistentes para a tomada de decisões;
- Melhora o desempenho da produção através da consideração e análise dos processos;
- Fornece padrões para monitorar, revisar e controlar a execução do empreendimento.

#### 3.2.2 PLANEJAMENTO, CONTROLE DA PRODUÇÃO (PCP) E LEAN CONSTRUCTION

O planejamento adequado, de acordo com Laufer e Tucker (1987) apud Biotto, Formoso e Isatto (2015), atende à algumas questões centrais: o que deve ser executado (atividades), como deve ser executado (métodos), quem e com o que deve executar (recursos) e quando executar (momento e sequência de execução)

Neste sentido, desempenha um papel importante na Construção Civil, pois gera um aumento da confiabilidade no processo de gerenciamento da obra, a partir do sequenciamento das atividades, do dimensionamento das equipes de mão de obra e equipamentos necessários, bem como, coordena as múltiplas atividades interdependentes, segundo Ballard e Howell (1998) apud Biotto, Formoso e Isatto (2015).

De acordo com Koo e Fischer (1998, tradução nossa) softwares de gerenciamento de projetos usados para planejamento de atividades na Construção Civil possuem ferramentas para o sequenciamento abstrato de atividades baseados em redes de *CPM* e gráficos de barras, no qual as tarefas representadas no modelo 2D são associadas ao tempo de execução das mesmas.

O *Lean Construction* é outra metodologia adotada e adaptada pela Construção Civil para a aplicação da filosofia *Lean Production* do Sistema Toyota de Produção. A prática *Lean* é fundamentada em três princípios: identificação e redução dos desperdícios; foco na priorização das atividades que agregam valor para o cliente e investimento em processos de melhoria contínua, segundo Sacks *et al.* (2010).

A necessidade de incorporar esta prática, conforme Borges *et al.* (2018) apud Koskela (1992), advém da ineficiência dos processos e atividades no setor que geram não só desperdícios de

materiais, como também, a execução desnecessária de tarefas que agregam custos adicionais à obra, podendo comprometer a viabilidade econômica de um empreendimento.

Considerando que a aplicação do *BIM* melhora a qualidade do projeto e da construção, eliminando conflitos e reduzindo o retrabalho, verifica-se seu potencial transformador na gestão de projetos em prol da segurança, prazo, custo e qualidade em projetos de construção, em concordância com o pensamento *Lean*, segundo Chen e Luo (2014) apud Nascimento, Sotelino *et al.* (2017).

Dave et al. (2015) apud Nascimento et al. (2017) afirmam que o sinergismo entre as funcionalidades do BIM e os princípios do *Lean* tem potencial para promover a unificação entre processos, tecnologias e pessoas. Portanto uma tecnologia com menos esforço humano, menos equipamento, menos equipe e menos espaço possibilitam um maior foco nas necessidades que o cliente valoriza, segundo Comm e Mathaisel (2005) apud Nascimento *et al.* (2017).

#### 3.2.3 PLANEJAMENTO 4D

Segundo Kamardeen (2010, tradução nossa), 4D é a dimensão do *BIM* que permite a conexão entre as atividades do cronograma com o modelo 3D, e desta forma, realiza uma simulação gráfica do processo de construção ao longo do tempo. Possibilitando à equipe de se visualizar, literalmente, a viabilidade e o planejamento do fluxo das atividades de uma construção.

Desta forma, elimina, de acordo com Koo e Fischer<sup>1</sup> (1998, tradução nossa), grande parte do processo de interpretação dos desenhos 2D, minimizando o erro no entendimento do sequenciamento das atividade, e em contrapartida, aumentando o sucesso na comunicação entre os participantes do projeto, tornando a disparidade entre as experiências profissionais menos relevante para o controle e planejamento do avanço físico da obra.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Nota das autoras: Koo e Fischer publicaram em 1998 o *"Feasibility Study of 4D CAD in Commercial Construction"*, e tratam do planejamento 4D CAD antes dos conceitos de Planejamento 4D BIM, apresentados pela primeira vez por Eastman et al. através do livro *"BIM Handbook: A Guide to Building"* publicado em 2008.

Eastman et al. (2011) complementam, afirmando que a modelagem 4D é uma poderosa ferramenta de comunicação capaz de melhorar significativamente a capacidade de colaboração entre as partes envolvidas no projeto.

E, na sequência, enumera outros benefícios aplicados, tal como, tornar a logística do canteiro ao longo do período de obras mais eficiente, através da administração das áreas de armazenamento a partir da simulação do avanço do projeto, de acordo com Eastman et al. (2011). E o estudo de caso de um centro médico, em que a modelagem 4D permitiu visualizar os ganhos de se alterar o sequenciamento da construção (de duas edificações) definidos em um primeiro momento.

Estes, são dois exemplos, do que Koo e Fischer (1998, *tradução* nossa) chamam de "antecipação de conflitos de tempo-espaço durante a construção", isso significa que, os planejadores, devem determinar o sequenciamento das atividades para que, os recursos sejam alocados de forma eficaz, para que, as diferentes equipes sejam alocadas de forma com que não haja diminuição da produtividade. Concluem, citando que as ferramentas de planejamento autônomas atuais baseadas no *CPM* não modelam essas relações.

#### 3.2.4 PROCESSOS DE MODELAGEM 4D

Eastman et al. (2014) propões três métodos para a execução do modelo 4D, a partir de ferramentas e processos variados: "(i) método manual usando ferramentas 3D ou 2D; (ii) recursos 4D embutidos software de modelagem 3D; e, (iii) exportação de 3D para software de modelagem 4D."

Método manual usando ferramentas 3D ou 2D: é a criação de modelos nos projetos impressos em papel, ou no CAD 2D em sistema de cores para sinalização das diferentes etapas de execução, ou para sinalizar que algo já foi executado, conforme apresentado na figura 8. No entanto, o trabalho de atualização destes modelos, o torna limitante as etapas iniciais do projeto, bem como, no advento da necessidade de se realizar alguma alteração do escopo ou do sequenciamento. A comparação analítica com o cronograma é realizada pela equipe de planejamento, de acordo com Eastman et al. (2014).



Figura 8: Planejamento manual em 4D em software de modelagem 3D, em que o sistema de HVAC está representado pela cor fúcsia.

Fonte: Extraído de Autodesk Inc. (2019).

Para a compreensão dos próximos métodos, Eastman et al. (2014) fazem referência a uma funcionalidade importante para a modelagem 4D, sendo esta, a capacidade de se criar redes de sequenciamento a partir da filtragem de objetos numa vista, com base em sua propriedade, e nomeá-los, criando uma regra de sequenciamento através desta entrada de texto, como exemplifica, "mês/ano" ou "existente". Funcionalidade fundamental para a criação das fases do projeto, ou para geração de instantâneos 4D.

Recursos 4D embutidos software de modelagem 3D: "são ferramentas BIM (maioria) que não possuem meios de se conectar corretamente com as informações do cronograma ao modelo 3D dentro do próprio software, sendo necessárias ferramentas adicionais para conectá-lo com softwares de planejamento como o MS Project para que haja uma análise de simulação 4D. Ou seja, são softwares de modelagem 3D com capacidade de realizar um modelo 4D com auxílio de outros, como o Revit – Autodesk" (EASTMAN et al. 2014).

*Exportação de 3D para software de modelagem 4D*: "são ferramentas especializadas na criação de modelos 4D a partir de modelos 3D e cronogramas, ou seja, fornecem recursos para automatização do processo. Ou seja, são softwares específicos para a modelagem 4D, bem como para as análises de inerentes ao processo de planejamento, como por exemplo o *Virtual* 

*Construction* da VICO, ou *Navisworks Manage* – Autodesk", conforme apresentado na figura 9 (EASTMAN et al. 2014).



Figura 9: Planejamento 4D em software com Navisworks – Autodesk.

Fonte: Extraído de Autodesk Inc. (2019).

#### 3.2.5 CRITÉRIOS DE ESCOLHA DA SOLUÇÃO 4D

De acordo com ABDI (2017) existe hoje, no mercado, uma série de softwares de modelagem 4D com funções completamente distintas, e neste caso, alerta sobre a necessidade de entender quais são as funcionalidades buscadas pela equipe de planejamento, tal como, o que se pretende gerenciar, quais as formas de distribuir e apresentar as informações, quais serão os modelos de contratação, acesso à edição do modelo 3D etc. E neste sentido, sugere a realização de projetos pilotos antes da aquisição dos sistemas.

Eastman et al. (2014) propõe uma série de considerações para que o usuário escolha a solução que melhor se adequa ao seu negócio: (i) capacidade de importação do *BIM*; (ii) capacidade de importação de cronograma; (iii) fusão/ atualização de modelos 3D/*BIM*; (vi) capacidade de

reorganização dos dados importados; (v) capacidade de adição de componentes temporários, como andaimes e gruas; (vi) simulação do sequenciamento de fases através de uma simulação; (vii) suporte para análises, como as de conflito entre tempo-espaço; (viii) geração de documentos, imagens ou animações de fases do projeto (ix) conexão automática dos componentes da edificação aos itens do cronograma.

#### 3.3 BIM 5D – GERENCIAMENTO DO CUSTO DA OBRA

#### 3.3.1 GERENCIAMENTO DO CUSTO

O gerenciamento do custo do projeto segundo Sakamori (2015) envolve as atividades de estimativa, orçamentação, e controle de custo, que são desenvolvidas em três etapas nas obras de edificação, levando em consideração a precisão esperada, na fase do projeto em que se encontra.

Na etapa inicial, de estudo preliminar do projeto, são feitas estimativas com relação a área de construção, e por se tratar e uma estimativa, a faixa de precisão em relação ao custo final da obra se encontra na faixa dos 30%. No anteprojeto, os quantitativos podem ser levantados com base nas informações contidas no projeto, e estimados tomando por base os preços de insumo e mão de obra disponibilizados em tabelas referencias, que podem ser oficiais, como o SINAPI fornecido pela Caixa Econômica Federal (2019), bem como, precificações baseadas em projetos anteriores, ou pesquisa de mercado, com faixa de precisão em torno de 20% em relação ao custo final da obra. E, por fim, no projeto executivo, no qual os quantitativos são apurados em projeto e os preços são determinados pelas negociações e contratações, sendo que, nesta etapa a variação em relação ao custo final da obra está em torno de 5%, segundo IBRAOP, OT - IBR 004 (2012) apud ABDI (2017).

Cada etapa possui um papel fundamental no gerenciamento da obra. E, de acordo com Barbosa (2014) realiza-se uma estimativa de custo com o objetivo de se obter as informações referente aos recursos necessários para a conclusão do projeto e para se determinar a viabilidade de execução da obra. Com o projeto aprovado, a orçamentação é necessária, de acordo com Limmer (1997) apud Sakamori (2015) para a realização de um bom planejamento e está relacionada ao sucesso dos empreendimentos na Construção Civil, visto que, o
sequenciamento de atividades correlacionadas a sua precificação se tornam uma previsão das ocorrências monetárias ao longo do prazo de execução. E por fim, o controle de custos, tem o papel de monitorar o impacto das negociações em relação as estimativas, com o objetivo de se obter a melhor contratação dentro dos recursos disponíveis.

#### **3.3.2** QUANTIFICAÇÃO NAS ETAPAS DO PROJETO

Quanto ao nível de detalhamento de cada etapa, de acordo com Eastman et al. (2014), no início do projeto, as únicas informações disponíveis para estimativa do custo, são relativas às áreas e aos volumes levantados através do estudo de viabilidade do projeto. Conforme o avanço das etapas, o *LOD* vai aumentando gradativamente, neste caso é possível extrair facilmente de qualquer ferramenta *BIM* os quantitativos necessários para o orçamento aproximado. No entanto, para uma relação precisa do custo necessária na etapa de construção, alguns problemas podem surgir, se o modelo não tiver um *LOD* adequado, como por exemplo, nas estruturas de concreto, será possível, apenas, se obter apenas a quantidade linear de concreto de uma viga, porém não a quantidade de armadura no interior da mesma, e o mesmo acontece com paredes de *drywall*, em que se sabe a metragem quadrada de aplicação das chapas de gesso acartonado, porém não se sabe quantos montantes a parede possui.

#### 3.3.3 MODELAGEM 5D

Segundo Kamardeen (2010, tradução nossa) a quinta dimensão do *BIM* permite a conexão entre o custo e o objeto a que ele se relaciona, dentro do modelo 5D, isso significa, a geração instantânea de orçamentos e representações financeiras, reduz o tempo de levantamento de quantitativos antes realizado em semanas, para um processo, que, com o modelo, dure minutos, melhora a precisão das estimativas, minimiza as ambiguidades, e por fim, permite ao planejadores a prática de outras atividades que agreguem valor ao projeto.

Na prática, de acordo com a ABDI (2017) o *BIM* é um ponto de partida para a orçamentação, isso significa que nenhum software sozinho consegue transformar um modelo 3D em orçamento, sendo necessário a associação ou, a outros softwares, ou a métodos de cálculo a partir da extração de quantidades gerada pelos processos iniciais de 5D. E para implantação do modelo *BIM* 5D, a ABDI (2017) sugere alguns cuidados iniciais, tais como, realizar a migração aos poucos, com o ganho de evolução no domínio dos processos e ferramentas. Iniciar pelos elementos contáveis, como portas e janelas. Iniciar uma ferramenta de cada vez, para por fim, realizar um processo integrado. Definir de forma explicita as expectativas em relação ao modelo, quanto ao *LOD*. Iniciar por uma única disciplina, até o domínio da aplicação e a familiaridade aos padrões de dados extraídos. E, por fim, propõe, que, a automação inicia com a padronização no processo de modelagem para minimizar a ocorrência de desvios.

Partindo destas três premissas Eastman et al. (2011) propõe três alternativas para abordagem da modelagem 5D utilizando a metodologia *BIM*:

Exportar quantidades de objetos de construção (paredes, estruturas, etc.) e suas medidas lineares, métricas ou de volumes para softwares de estimativas de custos; neste caso, os softwares de autoria exportam, dependendo do software e uma vez devidamente parametrizados, arquivos texto separados por vírgulas (.csv ou .txt), ou ainda através de tabelas em formato de planilhas (via de regra em MS-Excel). Essa opção viabiliza a integração inclusive para os profissionais que utilizam planilhas parametrizadas para desenvolvimento de orçamentos, sendo esta a situação mais comum encontrada no mercado.

Conectar o modelo *BIM* diretamente a um software de estimativas; sendo que nesse caso se criam conexões diretas entre os bancos de dados da aplicação *BIM* e da solução de orçamento. A grande vantagem desse sistema é a integração entre as informações, que é mantida quando ocorre a atualização do modelo de autoria (ou solução de orçamentação) através da ligação entre os ambientes.

Utilizar uma ferramenta de extração de quantidades. Nesse caso, soluções especializadas de Extração de Quantidades42 (QTO) que conseguem importar dados de diversos pacotes *BIM*, sem a necessidade de dominar a solução que gera as informações originariamente.

### 4 METODOLOGIA

#### 4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida em caráter exploratório, de acordo com os critérios da metodologia científica apresentados por Gil (2017), com o objetivo de proporcionar ao leitor uma maior familiaridade na aplicação das ferramentas de modelagem 4D e 5D do *BIM*.

Seja, por meio da pesquisa de referência apresentada no capítulo anterior, bem como, pela visualização dos processos descritos neste capítulo para a realização do estudo de caso referente ao Condomínio Jardim das Amendoeiras, conforme proposta.

#### 4.2 SOBRE O PROJETO ESTUDADO

O Condomínio Jardim das Amendoeiras está localizado na cidade de Itanhém no litoral sul de São Paulo, sendo um residencial *multifamiliar* de médio padrão, construído em um terreno de 950 m<sup>2</sup> de área, possuindo oito casas de79m<sup>2</sup> de área útil, cada, sendo quatro térreas e quatro sobrepostas.

A empresa responsável pela execução da obra, que cedeu todas as informações necessárias para o desenvolvimento do estudo de caso, é a TalenCo Construção & Empreendimentos, localizada na cidade de Praia Grande, e no momento da pesquisa a obra encontra-se finalizada.

Na figura 10, é possível ver a imagem do 3D do empreendimento desenvolvido pela equipe da Construtora para a comercialização do mesmo. É importante destacar, que esta imagem 3D é apenas uma representação gráfica realística do empreendimento finalizado. Visto que, é diferente do modelo 3D parametrizado necessário para a metodologia *BIM* ser aplicada, não foi utilizado no estudo de caso, sendo apenas apresentado para fins de comparação e familiarização com o modelo final a ser construído ao longo do estudo.



Figura 10: Imagem 3D do Empreendimento Condomínio Jardim das Amendoeiras.

Fonte: Fornecido pela Construtora.

Para o desenvolvimento do estudo de caso os projetos das disciplinas Topografia, Arquitetura, Estrutura, Instalações Elétrica e Hidráulica foram disponibilizados pela Construtora com todas as plantas, cortes e elevações desenvolvidas em AutoCAD 2D, nas versões Estudo Preliminar, Anteprojeto, Pré-executivo, Executivo e Plantas de Prefeitura. Conforme exemplo a seguir, na figura 11.



Figura 11: Exemplo de Planta de Arquitetura do Empreendimento.

Fonte: Arquivo Disponibilizado pela Construtora (2019).

Além disso, foram disponibilizados o cronograma inicial da obra realizado no Software MS Project e o levantamento de quantitativo de todos os materiais utilizados na construção realizado no Software Excel.

ld	Ð	Modo da Tarefa	Nome da tarefa	Duração	Início	1º trimestre	2º trimestre	3º trimestre	4° trimestre	1º trimestre	
1		-4	Obra 1002 - Jardim das Amendoeiras	221 dias	Qua 28/02/18	0				-	_
2	$\checkmark$	*	Atividades preliminares	13 dias	Qua 28/02/18	-					
7			Fundação Geral	30 dias	Seg 07/05/18						
11		-+	Habitação	173 dias	Seg 07/05/18		$\bigcirc$				
12		-	Blocos 1 e 2	173 dias	Seg 07/05/18		$\bigtriangledown$				
13	1		Alvenaria	64 dias	Seg 18/06/18				,		
18	1	-4	Estrutura	50 dias	Seg 02/07/18			<b>v</b> v			
31		-	Revestimentos	167 dias	Seg 07/05/18		$\bigtriangledown$				
77		-	Contramarcos de aluminio	19 dias	Ter 04/09/18						
80		-	Esquadrias de aluminio	19 dias	Qui 25/10/18				$\nabla = \nabla$		
87			Guarda corpo das sacadas	4 dias	Qua 17/10/18				1.1		
88			Portas de madeira	56 dias	Seg 03/09/18				$\nabla$		
95		-	Instalações elétricas e sistemas	125 dias	Seg 02/07/18			$\bigtriangledown$			
108		-	Instalações hidraulicas	79 dias	Seg 16/07/18			$\nabla$	9		
122		-	Acabamentos Finais	8 dias	Seg 24/12/18					-	
125			Blocos 3 e 4	173 dias	Seg 07/05/18		$\mathbf{Q}$				
238		-4	Area Comum	173 dias	Seg 07/05/18		$\bigtriangledown$			0	
239			Fachada	56 dias	Sex 14/09/18						
243			Hall's dos blocos	133 dias	Seg 02/07/18			$\bigtriangledown$			
261			Guarita	16 dias	Seg 07/05/18						
287		-4	Elétrica	91 dias	Sex 18/05/18		$\bigcirc$				
291		-4	Hidraulica	45 dias	Qui 28/06/18			Q _ Q			
296			Passeio interno	17 dias	Qui 09/08/18						
300			Passeio externo	7 dias	Qui 23/08/18						
303	1		Portões de aluminio e corrimãos	4 dias	Ter 28/08/18						
304		-4	Paisagismo	15 dias	Seg 03/09/18			L L	<b>4</b>		
305		-	Identificação visual	2 dias	Seg 24/09/18				K		
306			Cercas Vivas	2 dias	Seg 24/09/18				4		
307			Playground	1 dia	Ter 25/09/18				×		
308			Limpeza Final	3 dias	Qua 26/09/18	1			G		
				Pác	gina 1						

Figura 12: Cronograma Inicial do Empreendimento.

Fonte: Arquivo Disponibilizado pela Construtora (2019).

#### Figura 13: Levantamento de quantitativo de alvenaria realizado em Excel.

TALENCO

LEVANTAMENTO QUANTITATIVO ALVENARIA DE 15cm

ALV	ENARIA	BL	OCO CERĂMI	CO 14x19x2	9	PAV. TERREO	ALVE	NARIA	BL	OCO CERĂMI	CO 14x19x2	9	PAV. SUP.	ALV	ENARIA	B	OCO CERAMI	CO 14x19x2	9	COBERTURA
PAREDE	COMP.	PÉ DIREITO	H DA VIGA	VÃC	IS (m)	ÁREA	PAREDE	COMP.	PÉ DIREITO	H DA VIGA	VÃO	S (m)	ÁREA	PAREDE	COMP (m)	PÉ DIREITO	H DA VIGA	VÃO	S (m)	ÁREA
- Milebe	(m)	(m)	(m)	а	b	(m²)	THE DE	(m)	(m)	(m)	а	b	(m²)	T PARE DE	comini (m)	(m)	(m)	а	b	(m²)
1	3,00	2,70	0,40	0,50	2,30	5,75	1	2,70	2,70	0,40	0,50	2,30	5,06	1	2,55	2,7	0,4	0	0	5,865
2	7,10	2,70	0,40	1,02	2,10	14,19	2	7,30	2,70	0,40	1,02	2,10	14,65	2	1,35	2,7	0,4	0	0	3,105
ZA	3.90	2.70	0.40	0.00	0.00	8.97	ZA	4.15	2.70	0.40	0.00	0.00	9.55	3	2.1	2.7	0.4	0	0	4.83
3	2.70	2.70	0.40	1.60	2.10	2.85	3	2.70	2.70	0.40	1.60	2.10	2.85	4	6.2	2.7	0.4	0.9	2.1	12.37
4	0.90	2.70	0.40	0.00	0.00	2.07	4	0.90	2.70	0.40	0.00	0.00	2.07	5	2.4	2.7	0.4	0	0	5.52
5	2.65	2.70	0.40	0.00	0.00	6.10	5	2.65	2.70	0.40	0.00	0.00	6.10	6	7.8	2.7	0.4	0.9	0	17.94
6	3 30	2 70	0.40	1.60	2 10	4.23	6	3 30	2 70	0.40	1.60	2 10	4.23	7	6.7	27	0.4	0	0	15.41
7	0.70	2,70	0.40	0.00	0.00	1.61	7	1.05	2,70	0.40	0.00	0.00	2.42	8	1.15	2.7	0.4	0	0	2.645
8	2.50	2,70	0.40	0.80	0.50	5.35	8	1.50	2,70	0.40	0.80	0,50	3.05	9	6.4	2.7	0.4	1.05	21	12 515
0	2,30	2,70	0,40	0,00	0,30	3,33	0	1,00	2,70	0,40	0,00	0,00	3,03	10	2.4	2,7	0,4	1,05	2,1	E 53
10	2,05	2,70	0,40	0,00	2,00	2,07		1,00	2,70	0,40	0,00	0,00	2,50	10	2,4	2,7	0,4	4.05	24	3,32
10	2,85	2,70	0,40	1,00	2,10	3,20	10	1,55	2,70	0,40	0,80	0,50	3,17	11	8,/5	2,7	0,4	1,05	2,1	17,92
11	1.00	2,70	0,40	2,00	2,10	3,37	42	4.30	2,70	0,40	0,00	0,00	5.04	12	2,7	0,2		0,00	0,00	0,34
12	1,00	2,70	0,40	0,00	0,00	2,30	12	4,35	2,70	0,40	2,00	2,10	5,81	13	2,1	0,2		0,00	0,00	0,54
13	2,85	2,70	0,40	0,00	0,00	6,56	13	2,55	2,70	0,40	2,20	2,10	1,25	14	1	0,2		0,00	0,00	0,2
14	2,40	2,70	0,40	0,00	0,00	5,52	14	1,00	2,70	0,40	0,00	0,00	2,30	15	3,55	0,2		0,00	0,00	0,71
15	1,00	2,70	0,40	0,00	0,00	2,30	15	2,40	2,70	0,40	0,00	0,00	5,52	16	7,6	0,2		0,00	0,00	1,52
16	2,70	2,70	0,40	0,50	2,30	5,06	16	1,20	2,70	0,40	0,00	0,00	2,76	17	0,9	0,2		0,00	0,00	0,18
17	6,58	2,70	0,40	1,02	2,10	12,99	17	6,70	2,70	0,40	1,02	2,10	13,27	18	3,3	0,2		0,00	0,00	0,66
17A	4,00	2,70	0,40	0,00	0,00	9,20	17A	4,15	2,70	0,40	0,00	0,00	9,55	19	2,65	0,2		0,00	0,00	0,53
18	2,70	2,70	0,40	1,60	2,10	2,85	18	2,85	2,70	0,40	0,50	2,30	5,41	20	0,9	0,2		0,00	0,00	0,18
19	0,90	2,70	0,40	0,00	0,00	2,07	19	1,00	2,70	0,40	0,00	0,00	2,30	21	2,7	0,2		0,00	0,00	0,54
20	2,95	2,70	0,40	0,00	0,00	6,79	20	2,70	2,70	0,40	2,00	2,10	2,01	22	2,55	0,2		0,00	0,00	0,51
21	3,20	2,70	0,40	1,60	2,10	4,00	21	2,10	2,70	0,40	2,00	2,70	-0,57	23	2,3	0,2		0,00	0,00	0,46
22	0,90	2,70	0,40	0,00	0,00	2,07	22	2,90	2,70	0,40	0,00	0,00	6,67	24	2,7	0,2		0,00	0,00	0,54
23	2,35	2,70	0,40	0,80	0.50	5,01	23	1,70	2,70	0,40	0,80	0,50	3,51	25	0.9	0.2		0,00	0,00	0,18
24	0.24	2.70	0.40	0.00	0.00	0.55	24	1.00	2.70	0.40	0.00	0.00	2.30	26	2.95	0.2		0.00	0.00	0.59
25	2.85	2 70	0.40	1.60	2 10	3.20	25	1.50	2 70	0.40	0.80	0.50	3.05	27	3.2	0.2		0.00	0.00	0.64
26	3.55	2 70	0.40	2.00	2 10	3.97	26	0.90	2 70	0.40	0.00	0.00	2.07	28	0.9	0.2		0.00	0.00	0.18
27	1.00	2,70	0.40	0.00	0.00	2 30	27	3 30	2,70	0.40	1.60	2 10	4.23	20	8	0.2		0.00	0.00	1.6
10	2,00	2,70	0,40	0,00	0,00	6.56	30	2,30	2,70	0,40	0.00	0.00	6 70	25	3 5 5	0,2		0,00	0,00	0.71
28	2,85	2,70	0,40	0,00	0,00	0,00	28	2,95	2,70	0,40	0,00	0,00	0,/9	30	3,55	0,2		0,00	0,00	0,71
29	2,/0	2,70	0,40	0,80	0,50	5,81	29	0,90	2,70	0,40	0,00	0,00	2,07	31	1	0,2		0,00	0,00	0,2
30	1,00	2,/0	0,40	0,00	0,00	2,30	30	2,70	2,70	0,40	1,60	2,10	2,85	32	1	0,2		0,00	0,00	0,2
31	3,55	2,70	0,40	2,00	2,10	3,97	31	8,65	2,70	0,40	0,50	2,30	17,40	33	4,55	0,2		0,00	0,00	0,91
32	5.00	2.70	0.40	1,60	2,10	5.73					0,50	2,70		34	3	0,2		0,00	0,00	0,6
				1,15	2,10		32	2,70	2,70	0,40	0,50	2,30	5,06	35	1	0,2		0,00	0,00	0,2
33	4,55	2,70	0,40	0,00	0,00	10,47	33	1,00	2,70	0,40	0,00	0,00	2,30	36	3,55	0,2		0,00	0,00	0,71
34	2,55	2,70	0,40	1,60	2,10	2,51	34	2,50	2,70	0,40	2,00	2,10	1,55	37	10,25	0,2		0,00	0,00	2,05
35	2,80	2,70	0,40	1,60	2,10	3,08	35	4,85	2,70	0,40	2,00	2,10	6,96	38	2,7	0,2		0,00	0,00	0,54
26	0.25	2 70	0.40	0,50	2,30	16.01	36	4,70	2,70	0,40	0,00	0,00	10,81	39	1	0,2		0,00	0,00	0,2
30	6,35	2,70	0,40	0,50	2,30	10,91	37	2,60	2,70	0,40	1,60	2,10	2,62	40	3,55	0,2		0,00	0,00	0,71
37	2,90	2,70	0,40	0,80	0,50	6,27	38	2,65	2,70	0,40	1,60	2,10	2,74	41	7,9	0,2		0,00	0,00	1,58
38	2.45	2.70	0.40	0.00	0.00	5.64	39	2.90	2.70	0.40	0.80	0.50	6.27	42	1	0.2		0.00	0.00	0.2
39	2 40	2 70	0.40	0.00	0.00	5.52	40	3.55	2 70	0.40	0.00	0.00	8.17	43	33	0.2		0.00	0.00	0.66
40	3.55	2,70	0,40	0.00	0,00	817	41	2 50	2,70	0,40	0,00	0,50	5 35	45	2.9	0.2		0,00	0.00	0,58
40	7.60	2,70	0,40	1.02	2 10	15.34	41	1.50	2,70	0,40	0,00	0,00	3.45	44	2,5	0,2		0,00	0,00	0,38
41	2,40	2,70	0,40	1,02	2,10	7.92	42	2,40	2,70	0,40	0,00	0,00	5,45	43	2.0	0,2		0,00	0,00	0,18
414	3,40	2,70	0,40	1.70	0,00	6.52	43	2,40	2,70	0,40	1.02	0,00	3,52	40	2,8	0,2		0,00	0,00	0,50
42	2,85	2,70	0,40	1,20	0,00	0,00	44	2,62	2,70	0,40	1,02	2,10	11,31	47	2,55	0,2		0,00	0,00	0,51
43	1,00	2,/0	1 0,40	0,00	0,00	2,30	45	2,85	2,70	0,40	1,20	1,50	4,/6	48	4,05	0,2		0,00	0,00	0,81
44	3,55	2,70	0,40	1,60	2,10	4,81	46	1,00	2,70	0,40	0,00	0,00	2,30	49	7,55	0,2		0,00	0,00	1,51
		L		2,00	2,10		47	3,70	2,70	0,40	2,40	2,10	3,47	50	4,05	0,2		0,00	0,00	0,81
45	7,90	2,70	1	1,50	2,10	10,42	48	1,00	2,70	0,40	0,00	0,00	2,30	51	7,55	0,2		0,00	0,00	1,51
			0,40	0,80	0,50		49	6,00	2,70	0,40	2,30	2,10	8,97					TOTAL C	DBERTURA:	129,88
46	1,00	2,70	0,40	0,00	0,00	2,30	50	1,75	2,70	0,40	0,80	0,50	3,63							
47	2,85	2,70	0,40	0,00	0,00	6,56	51	1,00	2,70	0,40	0,00	0,00	2,30	1						
48	2,65	2,70	0,40	1,60	2,10	2,74	52	2,85	2,70	0,40	0,00	0,00	6,56	1						
49	1,00	2,70	0,40	0,00	0,00	2,30	53	3,30	2,70	0,40	0,50	2,30	6,44	1	TOT/	L GERAL DA	OBRA			
50	2,60	2,70	0,40	1,60	2,10	2,62	54	2,90	2,70	0,40	1,60	2,10	3,31	1	BL	DCO DE 14x19	9x29		LEC	SENDA
51	3.30	2.70	0.40	0.50	2.30	6.44	55	1.00	2.70	0.40	0.00	0.00	2.30	1	PAVIN	IENTO	ÁREA			PLATIBANDA
52	1.50	2 70	0.40	1 50	1 50	1.20	56	2.65	2 70	0.40	1.60	2 10	2 74	1	TER	REO	316.60			
53	3.00	2,70	0.40	1.00	1.50	5.40	57	3 70	2,70	0.40	0.00	0.00	8.51	1	C ID	RICR	202.26			
55	3,00	2,70	0,40	1,00	2,30	3,40	57	3,70	2,70	0,40	0,00	0,00	0.00	1	30P		430.00			
54	1,50	2,/0	0,40	0,90	2,10	1,56							0,00	1	COBE	KIUKA	129,88			
55	3,00	2,70	0,40	1,00	1,50	5,40	59			L	1		0,00	1		TOTAL:	738,76			
56	1,80	2,70	0,40	0,90	2,10	2,25					TOTAL	SUPERIOR:	292,28							
57	1,50	2,70	0,40	0,00	0,00	3,45	1													
58	1,80	2,70	0,40	0,00	0,00	4,14														
59	1,50	2,70	0,40	0,80	0,50	3,05	1		01100						LARGURA	ALTURA	COMP.			
				TOT	AL TERREO:	316,60	1		CALCULO	DE QUANTIDA	ADE DE MATE	RIAIS ASSENT	AMENTO		14	19	29	(cm)		
							-		Incluida nerta	de 10% nara tilo	los									
									Descontar a de	ea das portas e i	anelas da área	da parede								
						Largura			A junta entre	tilolos normal	mente é de 15	icm								
				Com	arimento				Bronores -	o Cimonto										
	(em con	e ua Junta ntímetros)			1				Proporte d	o Col	-									
	(en cer			E E	-				Proporçao d	e câl	2									
	_			=   C			•		Proporção d	e Areia	9									
				e .					Largura da Ju	unta	1,5	cm								
									Largura Tijol	0	9	cm					RECIMORE			
				<u> </u>					Altura Tijolo		19	cm					RESUMO DO	SHAROMOR		
									Compriment	o Tijolo	39	cm			INSU	IMOS	QUANT	IDADE	UN	IDADE
									Área de Pare	de	165.00	m2			CIM	ENTO	201	11		ke
									Poculto-						2111					1
									nesuitado		_				C	AL	38			×8
									Quantidade	de cimento	7,2	saco de 50 l	g		AF	EIA	2,	b		m
									Quantidade	de cal	17,3	saco de 20 I	<g< td=""><td></td><td>TIJO</td><td>DLOS</td><td>145</td><td>29,4</td><td>1</td><td>und.</td></g<>		TIJO	DLOS	145	29,4	1	und.
									Quantidade	de areia	2,3	m3								

Fonte: Arquivo Disponibilizado pela Construtora (2019).

A obra foi executada em estrutura de concreto moldado *in loco* com fechamentos em bloco cerâmico, modelo que será reproduzido no estudo de caso.

# 4.3 MODELO 3D DA ARQUITETURA

O Modelo Arquitetônico 3D executado através do software Revit – Autodesk avançou do estágio de desenvolvimento *LOD* 200 (figura 14) para o estágio de desenvolvimento *LOD* 350 (figura 15) ao longo do estudo, sendo que, foram realizadas as modelagens da composição das paredes e pisos, incluindo, fechamento, revestimento e acabamento, bem como, forro e

outros itens como, caixilhos e serralheria para extração do quantitativo e para inserção da etapa de execução dentro do cronograma da obra.



#### Figura 14: Modelo 3D da Arquitetura em LOD 200.

Fonte: Modelo autoral, 2019.





Fonte: Modelo autoral, 2019.

#### 4.4 MODELO 3D DA ESTRUTURA

O Modelo Estrutural 3D (figura 16) executado através do software Revit – Autodesk, a partir do modelo base da arquitetura. Sendo, que, foram realizadas as modelagens da fundação, dos pilares, vigas e lajes, sem as respectivas armaduras, com intuito de se alcançar o *LOD* 200 para se realizar a detecção de interferências com a disciplina de arquitetura, bem como, para efeitos de cronograma e levantamento de quantitativo do volume de concreto da obra, pois a partir deste é possível se estimar o volume de aço necessário para o custo.



Figura 16: Modelo 3D da Estrutura em LOD 200

Fonte: Modelo autoral, 2019.

### 4.5 MODELO BIM INTEGRADO

O Modelo *BIM* Integrado gerenciado pelo Software da Autodesk *Navisworks Manage*. Nele foram inseridos os dois modelos autorais: arquitetura e estrutura, para a realização dos ciclos de otimização através da ferramenta *Clash Detective*, que identifica as incompatibilidades entre os modelos. Bem, como, execução do cronograma (Modelo 4D) através da ferramenta *Time Liner* e do levantamento de materiais para fins de orçamento (Modelo 5D), com a ferramenta *Quantification*. Para a realização desta etapa, o projeto é subdivido em fases de execução, com a ferramenta *Sets*, conforme apresentado na figura 17, a seguir.



Figura 17: Modelo BIM Integrado no Software Navisworks – Autodesk

Fonte: Modelo autoral, 2019.

#### 4.6 MODELO 4D

Foi elaborado modelo 4D através do software *Navisworks Manage* – Autodesk em forma de animação de acordo com o avanço das etapas do projeto, bem como, cronograma com as datas inseridas conforme o cronograma elaborado pelas autoras. Também simulada uma alteração de escopo no projeto, para análise do seu impacto, tanto, na estrutura do cronograma, como, nas tarefas geradas ao responsável pelo planejamento.

#### 4.7 MODELO 5D

Foi elaborado modelo 5D através do software *Navisworks Manage* - Autodesk, com as informações de quantitativos definidas, bem como, uma simulação do custo total da obra baseado em estimativas realizadas pelas autoras com uma composição preço de materiais e mão de obra para todas etapas da obra.

Figura 18: Simulação do 4D e 5D do Empreendimento no Software Navisworks.																
N	Autod	esk Navisworks	Manage 2019 (	STUDENT VERS	ilON) Planeja	mento 4D_Amen	doeiras.nwd	• Digit	e palavra-chave ou	frase	88 S 1	3 🚨 11.0	01807-0	. 12 3	-	o ×
Home Viewpoint Review Animation V Retesh Append IX Reset All. File Options Select Save Select Select All Select Save Select Select Save Select Save Sel	iew Out	BIM 360	Render Find Items Ick Find C	Hide Requir	Hide Unselected	Unhide All	Links Quick Properties Properties Display	Clash Detective	-C + C	ation	Autodesk Re Animator Scripter	ndering	Appearar Batch Util	ice Profiler lity	DataTools	App Manager
domingo 09:00:00 18/02/2018 Day=49 Week	=7	R\$ 266387,00	0													
bon Tree																J
				(11)												
				14	HF	백	ᅫ		ŀ							
TimeLiner																
Tasks Data Sources Configure Simulate					0											
18/02/2018 IS Settings 09:00 01/01/2018																09:00 25/05/2018
name 💭	Status	Planned Start	Planned End	Actual Start	Actual End	Total Cost	fev 18, 18 fer PM	AM PM	fev 20, 18 AM PN	fev 21,	. 18 PM	fev 22, 18 AM	fev PM	23, 18 AM PM	fev 24, 18 AM	fev 25, 18 PM AM
33,33%  New Data Source (Root) 33,33%  Obra Condomínio Jd. Das Amendoeli	as =	01/01/2018 01/01/2018	25/05/2018 25/05/2018	N/A N/A	N/A N/A	1.477.720,00	c c									_
40,38% 🗏 Superestrutura	-	28/01/2018	21/03/2018	N/A	N/A	293.991,00	C						5			
50% Laje - B2 - Pav Superior	-	15/02/2018	21/02/2018	N/A	N/A	28.190,00										
Plares - B1 - Pay Superior		13/02/2018	21/02/2018	DIA.	1908	4.950,00	-									
<						3	< <									)
Iniciar																

Fonte: Modelo autoral, 2019.

# 4.8 ANÁLISE DOS PROCESSOS

Durante a realização das modelagens 3D, 4D e 5D foram analisados se os processos de planejamento para a execução do cronograma e levantamento foram eficazes. E quais foram os benefícios práticos da substituição dos softwares tradicionais pelos softwares de modelagem nD e se houve alguma perda significativa durante o processo.

### 4.9 FEEDBACK DA CONSTRUTORA

Após a finalização das etapas anteriores, os resultados foram apresentados para a Construtora em reunião para avaliação do processo e dos documentos de saídas, bem como, as dificuldades e ganhos com o intuito de agregar outras análises, julgadas necessárias para a aplicação de uma metodologia que atenda às reais necessidades das equipes envolvidas nas etapas de planejamento e orçamento das obras.

# 4.10 PROPOSTA DE MAPEAMENTO DOS PROCESSOS

Por fim, foi apresentado à empresa uma proposta visando a estruturação do departamento de planejamento da empresa para implantação das atividades de modelagem 4D e 5D pela metodologia BIM, incluindo: (i) Elaboração da EAP com os pacotes de serviços; (ii)

# 5 ESTUDO DE CASO

No estudo de caso estão detalhados os processos realizados para a obtenção dos modelos 3D, 4D e 5D, bem como, os resultados e as análises realizadas para a apresentação do modelo de planejamento pela metodologia *BIM* à Construtora. Está relatado o *feedback* da Construtora referente a estas informações e processos. E, por fim, com base nos entendimentos do grupo, alinhados às reais necessidades da Construtora, está apresentada uma proposta de mapeamento dos processos para a implantação da metodologia BIM.

### 5.1 CRIAÇÃO DO MODELO 3D DA ARQUITETURA

Para a execução do modelo 3D da Arquitetura utilizando o software Revit – Autodesk, foram seguidos os passos descritos a seguir:

Criação de um novo projeto no software Revit – Autodesk utilizando um *template* previamente configurado, conforme figura 19. De acordo, com a Autodesk (2019) o *template* é um modelo de projeto utilizado como um ponto de partida para os novos modelos, podendo incluir informações como modelos de vista, famílias carregadas, configurações definidas, tais como unidades, padrões de preenchimento, estilos de linha, espessuras de linha, escalas de vista, etc.



Fonte: Autoral, 2019.

Após a criação do projeto, o primeiro passo para a elaboração de um modelo 3D é a definição dos níveis do projeto na folha de elevação através da ferramenta *Level*, conforme figura 20.

				0		2								
R				Autodesk Revit	2019 - STUDENT \	/ERSION - Ame	endoeiras_ARQ - E	levation: Leste	Type a keyword	d or phrase	#1 & 42 #1	2 Sign In	• 🕞 🔞 •	- 8 ×
File Architecture	Structure Steel Syste	ems Insert	Annotate Analyze	Massing & Site Coll	aborate View	Manage A	dd-Ins Modify	• •						
Modify Select	or Window Component	Column I Build	Roof Ceiling Floor	Curtain Curtain Mullion System Grid	Railing Ram Circulatio	p Stair Moc Tex	iel Model t Line Group Model	Room Room Separato	Tag Room & Area +	Area • Area Boundary Tag Area •	Level (LL) Places a level in a	Wall	wei 🌐 🛤 s	how of Diano
	0 .										the level extents.	Most building e	ements, such as flo	ors and
			-								beams, are hoste	d by levels. Othe	r elements, such as	columns and
Properties		X 😪 (3D)	() BAS - 1	Térreo / 1º Pavimento	🔁 Leste	×					walls, are constra	ained to levels.		
Elevation Elevação P	Padrão	-												
Elevation: Leste	🗸 🔠 Edit Typ	e												
Graphics	\$	^												
View Scale	1:100												2000	
Scale Value 1:	100													
Display Model	Normal												i 🎽	
Detail Level	Fine							Cobertura 👝					-500	-
Parts Visibility	Show Original							8,30 🛡						
Visibility/Graphics Ov	Edit										Press F1 for mo	re help		
Graphic Display Opti	Edit												riaritas paixas	
Hide at scales coarse	1:5000							Terraço 👝				⊞−02.	Plantas de Forro	
Discipline	Architectural							6,00 🖵				⊟03.	Elevações	
Show Hidden Lines	By Discipline										_	8-	Elevations (Elevaçã	io Padrão)
Color Scheme Locati	Background												Leste	
Color Scheme	<none></none>												Norte	
Default Analysis Disp	None						2° F	avimento					Oeste	
Reference Label								3.00	A			······································	Cortes	
Sun Path													Perspectivas	
Text	\$											⊞ 06.	Estudos de Insolac	io
SEÇÃO	02. APRESENTAÇÃO												Setorização	
SUB-SEÇÃO	03. Elevações						Térreo / 1º F	avimento				··· ???		
Extents	\$		-					0.00				E Legends		
Crop View								0,00				B Schedul	es/Quantities (all)	
Crop Region Visible												🕀 🔝 Sheets (	all)	
Annotation Crop												Families		
Far Clipping	No clip	~										H C Groups	-	
Properties help	Apply	1:100									> .:	<	15	>
Click to select, TAB for a	Itemates, CTRL adds, SHIFT u	unselects.		ំរ		~	2 10 \Xi 🕮	Main Model		-		v 4	🎭 🚅 🛧 o 🤇	7:0

Figura 20: Criação dos níveis

Fonte: Autoral, 2019.

Inserção da planta AutoCAD 2D na prancha de piso no nível térreo através da ferramenta de *Link CAD*, conforme figura 21. Permitindo que, as informações do projeto arquitetônico fornecido pela construtora sejam visualizadas dentro do modelo, servindo como guia para a criação do modelo 3D.



Fonte: Autoral, 2019.

Criação de paredes através da ferramenta *Wall*. Sendo que, primeiramente, foi realizada a criação do material Bloco Cerâmico conforme figura 22:



Figura 22: Inserção da planta de piso

Fonte: Autoral, 2019.

Para este material, foi necessário a criação de um *Fill Patterns*, que de acordo com a Autodesk (2019), é um padrão de hachura que representa graficamente uma superfície. Neste caso, fora criada a representação da parede de bloco cerâmico de 19 cm de altura e 29 cm de largura, distanciados por um junta de 1 cm.com o auxílio de uma planilha fornecida pelo site CadHatch (13/08/2019), apresentada na figura 23. A planilha gerada um código HTML após a inserção das dimensões do bloco cerâmico, que é salvo em extensão .txt e aberto na ferramenta *Fill Patterns* do software Revit – Autodesk, conforme figura 24.



Fonte: Autoral, 2019.



Figura 24: Criação do Fill Patterns do bloco cerâmico.

Fonte: Autoral, 2019.

Na sequência, a aparência do bloco foi escolhida na biblioteca da Autodesk e ajustada para o padrão de blocos utilizado, da seguinte forma, com o ajuste da medida horizontal e vertical da imagem para a quantidade de blocos que é possível contar na mesma, conforme figura 25.

it 2019 - STUDENT VERSION - Amendoeiras ARQ - 3D View; (3) 🗛 요 ☆ 요 Sign In 🝃 🕐 - 🗗 rate View Manage Add-Ins Modify | Wa .... ig & Site Collat X K cope · D 0
 D J Cut · 2 Sp.
 D L Cut · 2 Sp.
 D L Cut · 2 Sp.
 D L 8 T Textura Cinza / Textura Cin Sample Height: 6,0000 odify | W ce (R) 8,1667 (m<sup>2</sup>·K)/W X 😭 (3D) 10,89 kJ/I □ [0] Views (AXIOM) □ 01. BASES □ 02. APRESENTAC Texture Editor Q. Ide entity Graphics Appen **%** D □ i∃ · ► P Bloco Ceramico 19x39 anour Retarde Textura de Concreto 100 Name als 🛱 AEC Materi Ceilings Ceramic Fabric Gas 0,00 Glass nple Size 1,50 m 🕆 Width Liquid ✓ Relief Pattern -Bi · @ · ⊟ 3.20 m + Height << > Tint ▼ Repeat HB OK Cancel Apply

Figura 25: Ajuste da aparência do bloco cerâmico

Fonte: Autoral, 2019.

Por fim, a representação gráfica da superfície do bloco e sua aparência foram alinhadas na ferramenta *AlignRender Apperence*, para que o *Fill Patterns* criado esteja alinhado com a aparência ajustada na imagem anterior, conforme figura 26.

K			Amendoeira	JARQ.IVT - Floor Plan: B	AS - Ierreo / 1º Pavimento	<ul> <li>Type a keywoi</li> </ul>	d or phrase BB と公义	Sign In • 🔓 🕐 • 🗕 🗗 🗙
File Architecture	Structure Steel System:	s Insert Annotate	Material Brausary Tilata Diam		A			-
IN FA	R X K Cope . D	BLA	Material browser - rijolo 9 cm				31.2 6	
	D J Cut + 1	8.	Search	Q	Identity Graphics Appearance	Physical Thermal		
Modify	· W Dian · W	a +2+ 0	Designet Materiales All		W Chadles			-
Select + Properties	Clipboard Geometr	v	Project Materials, All +/		+ snauing	Dender Appendix		
BHQ.S.	0.9 H. XOA	0.0000	Name		User	nenuel Appealance		
	11 G = 1 1. H		vapour Ketarder		Color HGB 170	0 100 105		
		100 March 100	Tiolo 9 cm		Transparency		0	
Properties		(30)	NUL IJON J CIII		▼ Surface Pattern			ect Browser - Amendoeiras_ARQ.rvt
Danie Mia	ar .	1	Textura de Concreto		▼ Foreground			D, VIEWS (AXIOM)
15cm - T	extura Cinza / Pintura Branca		L.			loco - 19x29cm		- 01. Plantas Baixas
				Align Kender Appear	rance to Surface P., r X			E Floor Plans
Walls (1)	✓ Bi Edit Type		* Home Nam	Use the arrows to align	the Render Appearance relative to the			BAS - Implantação
Constraints	* ^		🙀 Favorites	Surface Pattern		nment		BAS - Térreo / 1º Pavimento
Location Line	Finish Face: Exterior		✓ AEC Materials					BAS - 2º Pavimento
Base Constraint	Térreo / 1º Pavimento		📲 Ceilings		110	>		DAS - Cobertura
Base Offset	0,0000		Teramic	and the second se	1 1 1 1 1 1		P	Ceiling Plans
Base is Attached		×	Te Concrete		and the second second	00 105		BAS - Térreo / 1º Pavimento
Base Extension Dista.	_ 0,0000	(/	📲 Fabric					BAS - 2º Pavimento
Top Constraint	Up to level: 2º Pavime		Te Flooring		and the second s			03. Perspectivas
Unconnected Height	3,0000		tas 📲 Gas			humania 10.	81111111111	⊞—04. Axiom
Top Offset	0,0000		the Glass			avenaria - 1.0x		EI 02. APRESENTAÇÃO
Top is Attached			The Insulation					⊟-???
Top Extension Distan	. 0,0000		The Liquid		and the second second second			B-111
Room Bounding			The Masonry				1	Structural Plans
Related to Mass			The Metal			2		Ceiling Plans
Structural	\$		The Misc		-	00 105		Sections (Corte Padrão)
Structural			the Paint Paint		<b>—</b>			Legends
Enable Analytical Mo			The Plaster		OK Cancel			Schedules/Quantities (all)
Structural Usage	Non-bearing		The Plastic			1		Sheets (all)
Dimensions	*		The Stone					Families
Length	1,0000	— — <u> </u>	tile 🍯					Groups
Area	3,000 m²		Te Wood					Revit Links
Volume	0,450 m <sup>5</sup>							
Identity Data	\$		📴 • 🗣 • 🗏	~~				
Image			90				OK Cancel	
Comments	×	1	<u>FIG</u>				UK Candel oppy	
Properties help	Apply	1 : 100 🔤 🕣 🐼	2. 神恐るの認識[1] <				· h. <	( )
Ready			<i>lin</i>		🗸 👔 📰 🚛 Main Model			〒▲私町10√1

Figura 26: Alinhamento da aparência com a hachura do bloco cerâmico

Este procedimento é necessário para que o modelo virtual seja mais realístico e pode ser realizado em outras tipologias de famílias tal como pisos.

Fonte: Autoral, 2019.

A criação do material bloco cerâmico 19 x 29 foi necessária, pois não havia este padrão de bloco no *template* utilizado, e pode ser utilizado em paredes de qualquer espessura.

Na sequência, foi realizada a criação das paredes externas e internas de todas as tipologias atendendo ao projeto, o levantamento de material e o memorial descritivo da obra original, para o processo de inserção das camadas das paredes modeladas, bem como, a categorização da função de cada camada (exceto impermeabilização, que não foi modelada), apresentada na figura 27.

File Architecture Structure Steel Systems Insert Annotate Analyze Massing & Site Collaborate View Manage Add-Ins Modify   Walls 💿 +	
Select - Properties q Edit Assembly	~
E G + S + S	
Modify   Walls	
Properties Resistance (%): 0.1667 (m)*K/W	gin: 0,000 veiras ARQ.rvt
- Thermal Mass: 10,88 kJ/K	
Basic Wall	
15cm - Textu	lixas
Function Material Inickness Wraps Structural	Material ^ 15
Walls (1)	Térreo / 1º Pavimente
Constraints	2º Pavimento
Asse Constraint T	Cobertura
Base Offset 0	> Forro
Base is Attached 6 Core Boundary Layers Below Wrap 0,0000	ans Térreo / 1º Pavimento
Base Extension Dista. 0 7 Finish 2 [5] Pintura Branca 0,0050	2º Pavimento
Top Constraint U	✓ as
Unconnected Height 3	
Top Offset 0	AO
Top is Attached	
Top Extension Distance G At Ends: At Ends:	Plans
Related to Mass De not wrap v Exterior v	15
Structural Modify Variate Structure (Eartise Structure (Eartise Structure and	ans
Structural	(Corte Padrão)
Enable Analytical Mo[] Volta Modify Merge Regions Sweeps	ties (all)
Structural Usage N Asign Layers Split Region Reveals	
Dimensions	
Length 1 OK Cancel	Help
Area 3 (C) View: Floor Plan: Modify by > Preview >>	
	.11
Image	
Comments v la	
Properties help Apply 1:100 m 🗇 🚱 🖓 👘 🖆 🖉 🖉 👘 🖬 🗧	< >
Ready Ør 2 to A Main Model	常希告訴○○▽1

Figura 27: Ajuste da aparência do bloco cerâmico

Fonte: Autoral, 2019.

Bem como, a inserção de todas as tipologias de paredes no modelo alinhadas com as paredes do projeto AutoCAD 2D, conforme figura 28, que apresenta uma vista aérea do projeto, na qual é possível verificar as diferentes tipologias de parede, bem como a relação de suas camadas.



Figura 28: Vista superior das inserções de paredes no modelo

Fonte: Autoral, 2019.

Apresentação da vista 3D das paredes na figura 29, que mostra os diferentes tipos de acabamento utilizados nas paredes internas do modelo.



Figura 29: Vista 3D das paredes internas modeladas

Fonte: Autoral, 2019.

Apresentação da vista 3D das paredes externas, sem acabamento, com bloco aparente de 14 x 19 x 20 cm na figura 30.



Figura 30: Vista 3D das paredes externas modeladas

Fonte: Autoral, 2019.

O processo foi repetido para todas as tipologias de acabamento interno e externo, bem como, para todos os pavimentos, sendo que no caso dos pavimentos diferentes do térreo, as plantas de piso do projeto Auto CAD 2D, também foram inseridas no modelo para servirem de guia da modelagem, conforme figura 31.



Figura 31: Vista 3D das paredes de todos os pavimentos modeladas

Na sequência, criamos das lajes através da ferramenta *Floor*, atendendo ao material estrutural, às espessuras, às cotas de projeto e a categorização da função do elemento, apresentada na figura 32.

	Figura 32. C	riação da laj	e de concreto.				
R	Amendoeiras_A	RQ.rvt - Floor Plan: BAS - Térreo	/ 1º Pavimento	a keyword or phrase	🏦 윤 ☆ 🚨 Sign In	• 🔓 💿 • .	- 8 ×
File Architecture Structure Steel Systems Insert Annot	tate Analyze Massing & Site Collaborate	View Manage Add-Ins	Modify   Create Floor Boundary	*			
	r_ pa pa : : : : : : : : : : : : : : : : :	= · [6] [6] ×	🕻 Boundary Line 🖊 🗖 💮 🚱	· 📾 🚯 /			
Modify Paste Cut ·		×. St. 1	Slope Arrow	Set Show	Ref Viewer		
Salact = Bronaction Cliphoned Geometry	Modify View Me		Draw	T Mork P	Plane		
Edit Assembly	wideny view we	casure create mode	Diaw	WOIKP	iane		×
	Family: Floor						
	Type: PC1 12cm - Laje de Concreto						
	Total thickness: 0,1200 (Default) Resistance (R): 0,0000 (m <sup>2</sup> ·K)/W						
-	Thermal Mass: 0,00 kJ/K						
	Layers						
c l	Function	Material	Thickness	Wraps	Structural Material	Variable	te
	2 Structure [1]	Concreto	0.1200				
	3 Core Boundary	Layers Below Wrap	0,0000				
	Insert Delete Up	Down					
-							_
-							
< >							
1							_
View: Section: Modify byne >>	Preview >>				ОК	Cancel Help	_
		WARNING A		785	Linco		.4
~		- A prosperayal		Part	name name	wit Links	
Properties help Apply 1:100	<b>। 🖓 🖓 🖉 🗞 🖗 🕼 🕼 🕼 🕼 🕼 👘 👘 👘 👘 👘</b>	-			>		>
Ready	อ้า	~ 2 :0	Main Model	~	9	補助感化の文	:0

Figura 32: Criação da laje de concreto.

Fonte: Autoral, 2019.

E por fim, a inserção das lajes em todos os pavimentos, conforme figura 33.



Figura 33: Lajes das casas do pavimento térreo

Fonte: Autoral, 2019.

Após a criação das lajes, as cotas de base das paredes externas são ajustadas para encobrir as laterais das lajes de concreto, conforme figura 34. Este processo é necessário pois após a junção das instâncias de laje e parede, os elementos categorizados são distribuídos de forma que a alvenaria, o emboço e revestimento interno, fiquem encostados na laje, e o emboço e revestimento externo encubram sua lateral, conforme figura 35. Cumprindo sua real função, e apresentando quantidades reais de acordo com o que fora realizado na obra executada pela Construtora.

Figura 34: Encobrimento das laterais das lajes



Fonte: Autoral, 2019.



Figura 35: Hierarquização das instâncias laje e parede

Fonte: Autoral, 2019.

Os telhados foram executados, através da ferramenta *Roof*, conforme projeto, apenas sobre as lajes da cobertura para esconder as caixas d`água, conforme figura 36.

Figura 36: Telhado



Fonte: Autoral, 2019.

Inserção dos guarda-corpos através da ferramenta *Railing*: Neste caso, foi utilizada uma família disponível no *template* utilizado, e não foi criada uma família específica idem ao guarda-corpo utilizado na obra, isto porque, a criação de famílias de componentes no software Revit – Autodesk, demanda habilidades avançadas do software, não aprendidas pelas autoras do projeto. O impacto desta alteração, não gera interferência para o objetivo do estudo de caso, conforme figura 37.



Figura 37: Modelo arquitetônico com guarda-corpo das varandas.

Fonte: Autoral, 2019.

Inserção de portas e janelas no modelo através das ferramentas *Door* e *Window* conforme figura 38:



Figura 38: Modelo arquitetônico com portas e janelas.

Fonte: Autoral, 2019.

Criação e inserção de contra piso e revestimento de piso através da ferramenta *Floor.* Diferentemente da instância de parede, que é criada com seu núcleo (alvenaria ou *drywall*) junto com os revestimentos, o contra piso e os acabamentos são criados separadamente das lajes, isso porque, laje faz parte do projeto de estrutura, e também, porque, podemos ajustar as espessuras do contra piso para cada acabamento, conforme figura 39.

MAXIMUM       NESEM       DESIM       MARINA NALAN       NESEM       DESIM       MARINA       NESEM       DESIX       DESiX <td< td=""><td>🕎 🖬 🕤 🖸 🕫 Passo-a</td><td>-passo-ARQ.docx - Microsoft Mont</td><td></td><td>ITATAC DE BAACTAA</td><td></td><td></td><td>2 m 5 X</td></td<>	🕎 🖬 🕤 🖸 🕫 Passo-a	-passo-ARQ.docx - Microsoft Mont		ITATAC DE BAACTAA			2 m 5 X
Comparison       Comparison <td>ARQUIVO PÁGINA INICIAL INSERIR DESIGN LAYOUT DA PÁG</td> <td>INA REFERÊNCIAS C</td> <td>Am</td> <td>Type a keyword or phre</td> <td>ase 🗛 🖄</td> <td>🟠 👤 Sign In 🔹 🍹</td> <td>7 🕐 - 🗆 🗙 <sub>ento</sub> - 🌠</td>	ARQUIVO PÁGINA INICIAL INSERIR DESIGN LAYOUT DA PÁG	INA REFERÊNCIAS C	Am	Type a keyword or phre	ase 🗛 🖄	🟠 👤 Sign In 🔹 🍹	7 🕐 - 🗆 🗙 <sub>ento</sub> - 🌠
Edit Assendy       Type:       Some Proteinates tage 60x0         Type:       Other Proteinates tage 60x0         Type:       Other Proteinates         Type:       Other Proteinate         Type:       Develoance         Type:       Develoance         Type:       Develoance         Type:       Develoance         Develoance       Develoance         Develoance       Develoance         Develoance       Develoance         Develoance       Develoance <td>Remover Plano de Fundo O (3) (3) 15 (20) (3) (3) (4) (5) (4) (5) (4) (5) (5) (5) (5) (5) (5) (5) (5) (5) (5</td> <td>x G tra + Modify</td> <td>e Structure Steel Systems Paste D 0 • • • • • • • •</td> <td>Insert Annotate Analyze M</td> <td>Massing &amp; Site Colla</td> <td>borate View Manage</td> <td>Add-Ins Draw Wo</td>	Remover Plano de Fundo O (3) (3) 15 (20) (3) (3) (4) (5) (4) (5) (4) (5) (5) (5) (5) (5) (5) (5) (5) (5) (5	x G tra + Modify	e Structure Steel Systems Paste D 0 • • • • • • • •	Insert Annotate Analyze M	Massing & Site Colla	borate View Manage	Add-Ins Draw Wo
Implie:       Model:         Table Thinkness:       Series:         Series:       Series:         Table Thinkness:       Seri	Edit Assembly						×
Image: Section: Modify type       Preview >>		Family:         Floor           Type:         Scm - Porcelanato Bege 60x60           Total thickness:         0.5500 (Default)           Resistance (R):         0,0000 (m+'x)/W           Thermal Nass:         0,000 kJ/K					
1         1         Poretanata Boge 60:60         0:150         0:050           2         Gene Boundary         Layers Above Wrap         0.0000         0:150         0:150           3         Substrate (2)         Contrapios         0:050         0:150         0:150         0:150           4         Core Boundary         Layers Bolow Wrap         0.0000         0:150         0:150         0:150           6         Memory         Layers Bolow Wrap         0.0000         0:150         0:150         0:150           8         Substrate (2)         Contrapios         0.0000         0:150         0:150         0:150           9         Memory         Layers Bolow Wrap         0.0000         0:150         0:150         0:150         0:150           10         Intert         Delete         Up         Down         0:150         <		Function	Material	Thickness	Wraps	Structural Material	Variable
Image: Section: Modify type     Preview >>         Image: Section: Modify type     Preview >>         Image: Section: Modify type     Preview >>		1 Finish 1 [4]	Porcelanato Bege 60x60	0,0150			
3       Subtrate (2)       Contrapio       0.0350         4       Core Boundary       Lyses Below Wrap       0,0000         Below       High       Devin         Image: Section: Modify type       Preview >>		2 Core Boundary	Layers Above Wrap	0,0000			
4     Core Boundary     Layers Below Wrap     0,000       Image: Sector: Modify type     Image: Sector: Modify type     Image: Sector: Modify type		3 Substrate [2]	Contrapiso	0,0350		~	
		4 Core Boundary	Layers Below Wrap	0,0000			
C         >           Werr: Section: Modify type v         Preview >>           R         R           R         R           R         R           R         R           R         R		Insert Delete Up	Down				
Werx: Section: Modify type          Preview >>           R	< >						
akona s de 9 599 Anuaras [ 19 👘 👘 👘 👘 👘 👘 👘 👘 👘 👘 👘 👘 👘	Vevr: [Section: Modify type ∨]	Preview >>				ОК	Cancel Help
	PÁGINA 8 DE 9 599 PALAVRAS					* =	■ = — + 120%

Figura 39: Criação de contra piso e revestimento de porcelanato.

Fonte: Autoral, 2019.

Nesta etapa, foram criados os acabamentos de piso interno e externos, conforme figura 40.



Figura 40: Pisos externos antes do alinhamento.

Fonte: Autoral, 2019.

Alinhou-se os pisos através da ferramenta Align, conforme figura 41.



Figura 41: Pisos externos depois do alinhamento.

Fonte: Autoral, 2019.

#### Inseriu-se o forro de gesso através da ferramenta Ceiling conforme figura 42:



#### Figura 42: Planta de Forro do Térreo.

Fonte: Autoral, 2019.

Inseriu-se os brises e os cobogós através da ferramenta Wall para inserção de parede cortina, conforme figura 43.

Figura 43: Cobogós e Brises.



Fonte: Autoral, 2019.

16 ×0 40 12 .0 0 A.0

Inserção de portão, pintura estacionamento, árvores, carros e pessoas através da ferramenta "Componentes", conforme figura 44.



Figura 44: Cobogós e Brises.

Fonte: Autoral, 2019.

### 5.2 CRIAÇÃO DO MODELO 3D DA ESTRUTURA

Para a execução do modelo 3D da Estrutura utilizando o software Revit – Autodesk, foram seguidos os passos descritos a seguir:

Criação de um novo projeto no software Revit – Autodesk utilizando um *template* previamente configurado, conforme figura 19 da etapa de arquitetura.

Após a criação do projeto, o primeiro passo para a elaboração de um modelo 3D é a definição dos níveis do projeto na folha de elevação através da ferramenta *Level*, apresentada na figura 20 da etapa de arquitetura.

Inserção do modelo 3D de arquitetura no projeto de estrutura através da ferramenta de *Link Revit*, permitindo que, as informações do projeto arquitetônico sejam visualizadas dentro do modelo estrutura de forma tridimensional, servindo como guia para a criação do modelo 3D da estrutura.

Inserção da planta Auto CAD 2D da disciplina estrutura na prancha de piso no nível térreo através da ferramenta de *Link CAD*. Permitindo que, as informações do projeto estrutural fornecido pela Construtora, sejam visualizadas dentro do modelo, servindo como guia para a criação do modelo 3D.

Criação e inserção de sapatas, pilares e vigas conforme medidas de projeto, apresentados nas figuras, 45, 46 e 47 a seguir:



Figura 45: Inserção de pilares de concreto do pavimento térreo.



Fonte: Autoral, 2019.

Figura 47: Inserção de sapatas.



Fonte: Autoral, 2019.

Com o objetivo de realizar o planejamento da execução da estrutura de concreto armado, faseado em duas etapas diferentes, criou-se um parâmetro compartilhado de instância de texto para separar a localização dos elementos estruturais (sapatas, pilares, vigas e lajes) em bloco 1 e bloco 2, conforme figuras 48 e 49.



Figura 48: Separação de pilares do bloco 1.

Fonte: Autoral, 2019.



Figura 49: Separação de pilares do bloco 2.



Inserção do modelo de estrutura no modelo de arquitetura foi necessária devido ao fato das disciplinas de arquitetura e estrutura terem sido modeladas em arquivos separados. O procedimento foi realizado através da ferramenta *Link Revit*, conforme figura 50:



Figura 50: Separação de pilares do bloco 2.

Com o *Revit Link* ativado não é possível manipular os elementos individualmente e consequentemente, realizar a união entre as instâncias de estrutura e arquitetura. Para a

Fonte: Autoral, 2019.

solução deste problema, é necessário "quebrar" o vínculo, utilizando a ferramenta Vincular, assim o arquivo da estrutura será incorporado no modelo de arquitetura, sendo possível manipular os elementos estruturais individualmente.

Após a compatibilização do projeto estrutural com o arquitetônico, foi feita a união entre os elementos. Para isso foi utilizado o plugin *OnBox*, com o qual é possível fazer a união de todo o conjunto de elementos desejado. Na aba do *OnBox*, na ferramenta Unir Elementos, possível definir quais elementos devem ser unidos e os pavimentos aos quais pertence, conforme figuras 51, 52 e 53.



Figura 51: União dos elementos com plugin "OnBox".

Fonte: Autoral, 2019.



Fonte: Autoral, 2019.





Fonte: Autoral, 2019.

### 5.3 CLASH DETECTIVE DO MODELO BIM INTEGRADO

Para a análise do modelo 3D da Arquitetura compatibilizado com o modelo 3D da Estrutura, foram exportados para o software Navisworks – Autodesk, os arquivos em extensão .nwc da vista 3D de cada disciplina, sendo que no caso de arquitetura, os itens de estrutura foram ocultados através da ferramenta *View Graphics* para não haver duplicidade dos elementos.

Na sequência, foi rodado o *Clash Detective* para encontrar os problemas de compatibilização dos projetos.

A primeira verificação aponta que não foi realizada a união dos elementos estruturais vigas e pilares com as lajes, e que desta forma eles estavam se sobrepondo, conforme figuras 54 e 55.

		0			0	,				
N		Autodesk Navisworks Manage 2019 (	STUDENT VERSION) Planejamento 4D_	Amendoeiras.nwd	<ul> <li>Digite ;</li> </ul>	palavra-chave ou fras	e 的复合	<u>Q</u> 11.01807-0	- 12 (	) –
Home Viewpoint	Review Animation View	w Output BIM 360 Render					100			
6₫ Refresh		Find Items		🖉 Links			Autodesk Rende	ering 🔣 Appe	arance Profiler	
Append Reset All_ •	Select Save Select	Select Selection Quick Find Q	Hide Require Hide Unhide	Quick Properties	Clash Time	Liner Quantification	n SP Animator	Batch	h Utility	DataTools App Manager
<ul> <li>File Options</li> </ul>	Selection All	Same Tree 🔞 Sets 🔹 🤯	Unselected All	Properties	Detective		Scripter	Com	pare	
Project *	Selec	ct & Search ▼	Visibility	Display				Fools		
Sele				Clash Detective						
dan				∧ Test 1				Last	Run: terça-feira,	12 de novembro de 2019 14:40:12
Tre									Clashes	- Total: 67 (Open: 67 Closed: 0)
			5	Name	Status Clasi	nes New	Active Reviewed	Approved	Resolved	
	A			Test 1	Done 67	67 0	0	0	0	
1			ALL	Add Test	Reset All Comp	act All Delete All	Update All			10 ·
			A A A	Rules Select	Results Report					
DETE	A ANT	The CAN								
			111	New Group		sign 🚉 🖓			Se No	ne 👻 🗁 🍓 🖾 Re-run Test
ALC: NO.		A DESCRIPTION OF THE OWNER OF THE		Name	Status	Found	Approved	Approved	Description	Assigned To Distance
			Yap V	Clash1	I New	• 14:40:12 12-11	i-2019		Hard	-0,120 m
	- Alexandre			Clash2	New	• 14:40:12 12-11	1-2019		Hard	-0,120 m
	Market and Market			Clash3	New	+ 14:40:12 12-11	1-2019		Hard	-0,120 m
(Ministern				Clash4	New	• 14:40:12 12-11	1-2019		Hard	-0,120 m
			AND Y	Clash5	New	▼ 14:40:12 12-11	-2019		Hard	-0,120 m
			All Andrews All A	Clash6	New	• 14:40:12 12-11	1-2019		Hard	-0,120 m
				Clash7	New	• 14:40:12 12-11	1-2019		Hard	-0,120 m
		TANK I TANK		Clash8	New	▼ 14:40:12 12-11	1-2019		Hard	-0,120 m
	XAM			Clash9	New	<ul> <li>14:40:12 12-11</li> </ul>	1-2019		Hard	-0,120 m
		Start House		Clash10	New	• 14:40:12 12-11	1-2019		Hard	-0,120 m
				Clash11	New	<ul> <li>14:40:12 12-11</li> </ul>	1-2019		Hard	-0,120 m
				Clash12	New	<ul> <li>14:40:12 12-11</li> </ul>	1-2019		Hard	-0,120 m
			ter and the second second	Clash13	New	<ul> <li>14:40:12 12-11</li> </ul>	1-2019		Hard	-0,120 m
				Clash14	New	• 14:40:12 12-11	1-2019		Hard	-0,120 m
				Clash15	New	<ul> <li>14:40:12 12-11</li> </ul>	1-2019		Hard	-0,120 m
ISS W/										CJ L
				▲ Items						
AutoSaved: C:\Users\Usuario\Ap	pData\Roaming\Autodesk Navisw	orks Manage 2019\AutoSave\Planejament	o 4D_Amendoeiras.Autosave31.nwf						1 of 1	537

Figura 54: Clash detective entre viga e laje.

Fonte: Autoral, 2019.



Fonte: Autoral, 2019.

Isso aconteceu porque as lajes estruturais foram modeladas na arquitetura, mas o restante da estrutura foi enviada via *Link Revit* do modelo estrutural com os outros elementos, tais como vigas e pilares estruturais já unidos.

A união entre os elementos estruturais e arquitetônicos (pilares e paredes; vigas e paredes; vigas e lajes) é necessária pois remove o excedente de material que existiria se houvesse sobreposição dos objetos e permite entender se o modelo está corretamente compatibilizado.

Outro *Clash* apontado se refere a diversos guarda-corpos que estão adentrando na estrutura. Este foi o segundo erro bem comum, no qual, praticamente todos os guarda-corpos precisam ser retificados, conforme figuras 56 e 57.
N-	andress ( Andress Marco	Autodesk Navisworks Manage 2019 (	STUDENT VERSION) Planejamento 4D	Amendoeiras.nwd	<ul> <li>Dig</li> </ul>	gite palavra-cha	ive ou frase	89	S 🚖 🔔 1	1.01807-0	12 3	-	o ×
Append File Options	Save Select Selection All	Select Same Tree Sol Verices	Hide Require Hide Unselected All	<ul> <li>Links</li> <li>Quick Properties</li> <li>Properties</li> </ul>	Clash T Detective	imeLiner Qua	+= X= ntification	<ul> <li>Autode</li> <li>Animat</li> <li>Scripte</li> </ul>	esk Rendering tor r	Appearan Batch Utili Compare	ty	DataTools	App Manager
Project *	Select 8	& Search ▼	Visibility	Display Chub Datadha					Tools				
				▲ Test 3						Last Run: seg	unda-feira, 11 Clashes - Tota	de novembro I: 208 (Oper	de 2019 22:55:32 n: 208 Closed: 0)
				Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved		
	Party and the set			Test 3	Done	208	208	0	0	0	0		
				Add Test	Reset All	Compact A	II Delete	AI	Update All				<b>₽</b> •
				Rules Select	Results	Report							
				New Group	A [6] [5]	Assign					¶ <sup>₿</sup> None	~ 5 <del>4</del>	🖉 Re-run Test
				Name	) 💭 SI	tatus F	ound	A	pproved Ap	pproved	Description /	Assigned To	Distance ^ <
	A STATE OF A STATE			Clash185	Ne	•w • 22	2:55:32 11-1	11-2019		ł	Hard		-0,005
				Clash186	Ne	•w • 22	2:55:32 11-1	11-2019		ł	Hard		-0,004
			A MARKEN MULTINE CARE OF	Clash187	Ne	• v • 22	2:55:32 11-1	11-2019		,	Hard		-0,004
	AN CONCUMP			Clash188	Ne	•w • 22	2:55:32 11-1	11-2019		ł	Hard		-0,004
				Clash189	Ne	•w • 22	2:55:32 11-1	11-2019		1	lard		-0,004
				Clash190	Ne	• 22	2:55:32 11-1	11-2019		1	Hard		-0,004
				Clash191	Ne	•w • 22	2:55:32 11-1	11-2019		1	lard		-0,004
				Clash192	Ne	• 22	2:55:32 11-1	11-2019		}	lard		-0,004
				Clash193	Ne	w • 22	2:55:52 11-1	11-2019		-	fard		-0,004
				Clash194	Ne	W • 20	25552 11-1	11-2019			fard		-0,004
MILE				Clash195	- Ne	······································	0.66.00.11	11-2019		,	lard		-0,004
				Clash196	Ne	w • 24	2-55-22 11-	11.2019			land		-0,004
				Clash100	Ne		-55-32 11-1	11-2019		1	fard		-0.004
				Clash190	Ne	w • 22	2:55:32 11-1	11-2019			lard		-0.004
				c									
Call I				La here									
	MISHING AND AN AND AN			l n Items	_	_	_	_	_	1000		-	0 197 194

Figura 56: Clash detective guarda corpo e laje.

Fonte: Autoral, 2019.

the second se	Denter Antonetic		Output Dike	1260 Deedee	STODENT VERS	ion, nanejamenia		_		avra-chave ou frase	000			10		0
end Reset All_ •	Select Select	Select	Select Same	Quick Find C	Hide Requir	Hide Unhi Unselected Al	de Properties	ies Clash Detection	TimeLin	er Quantification	<ul> <li>Autode</li> <li>Animat</li> <li>Scripte</li> </ul>	esk Rendering tor 1	Appearan	ce Profiler ity	DataTools	App Manag
Project 💌		Select	& Search 💌			Visibility	Display					Tools				
We wanted and the							Clash Detect	e					****			
				MARI			Test 3						Last Run: seg	unda-feira, 11	I de novembri	o de 2019 22
	and the second second second				11115 2		153							Clashes - Tot	al: 208 (Ope	n: 208 Clos
		PATE FULS					6 1									
Contraction of the last	and the second	a i fai terre		I. W Direct the L		Ny is	Nar	e Sta	tus Cla	ashes New	Active	Reviewed	Approved	Resolved		
				INCOMPANY AND ADDRESS			Test	Don	e 208	208	0	0	0			
							Add T	st Reset	All Cor	mpact All Delete	AI	Update All				1
211																C
							Rules	Select Resu	uits Repor	rt						
		_	)	(	_		[ <sup>9</sup> New G	oup [0]	[1] <b>2</b>	Assign				¶ <sup>[]</sup> None	~ [5] #	C Re-r
TEM.							Name	5	3 Status	Found	A	pproved Ap	proved	Description	Assigned To	Distance
1000							Clast	110	New	· 22:55:32 11-	11-2019			Hard		-0.010
Market States																
		II PROVIDE	-				• Clash	111 2	New	• 22:55:32 11-	11-2019		1	Hard		-0,010
							Clash     Clash	111	New New	<ul> <li>22:55:32 11-</li> <li>22:55:32 11-</li> </ul>	11-2019 11-2019			Hard Hard		-0,010
			Æ				Clash     Clash     Clash     Clash	111 🗿 112	New New	<ul> <li>22:55:32 11-</li> <li>22:55:32 11-</li> <li>22:55:32 11-</li> <li>22:55:32 11-</li> </ul>	11-2019 11-2019 11-2019			Hard Hard Hard		-0,010 -0,010 -0,010
							Clash     Clash     Clash     Clash     Clash     Clash     Clash	111 2 112 113 114	New New New	<ul> <li>22:55:32 11-</li> <li>22:55:32 11-</li> <li>22:55:32 11-</li> <li>22:55:32 11-</li> <li>22:55:32 11-</li> </ul>	11-2019 11-2019 11-2019 11-2019			Hard Hard Hard Hard		-0,010 -0,010 -0,010 -0,010
							Clast	111 2 112 113 114 115	New New New New	<ul> <li>22:55:32 11-</li> <li>22:55:32 11-</li> <li>22:55:32 11-</li> <li>22:55:32 11-</li> <li>22:55:32 11-</li> <li>22:55:32 11-</li> </ul>	11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019			Hard Hard Hard Hard Hard		-0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010
							Clast Clast Clast Clast Clast Clast Clast	111 2 112 113 114 115 116	New New New New New	<ul> <li>22:55:32 11-</li> </ul>	11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019			Hard Hard Hard Hard Hard Hard		-0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010
							Clast Clast Clast Clast Clast Clast Clast Clast Clast	111 3 112 113 114 115 116 117	New New New New New New	<ul> <li>22:55:32 11-</li> </ul>	11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019			Hard Hard Hard Hard Hard Hard Hard Hard		-0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010
							Clast Clast Clast Clast Clast Clast Clast Clast Clast Clast Clast	111 2 112 113 114 115 116 117 118	New New New New New New New New New	<ul> <li>22:55:32 11-</li> </ul>	11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019			Hard Hard Hard Hard Hard Hard Hard Hard		-0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010
							Clast Clast Clast Clast Clast Clast Clast Clast Clast Clast Clast Clast Clast Clast	111 2 112 113 114 115 116 117 118 119	New	<ul> <li>22:55:32 11-</li> </ul>	11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019			Hard Hard Hard Hard Hard Hard Hard Hard		-0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010
							Clast Clast	111 2 112 113 114 115 116 117 118 119 120	New	22:55:32 11-     22:55:32 11-     22:55:32 11-     22:55:32 11-     22:55:32 11-     22:55:32 11-     22:55:32 11-     22:55:32 11-     22:55:32 11-     22:55:32 11-     22:55:32 11-     22:55:32 11-	11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019			Hard Hard Hard Hard Hard Hard Hard Hard		-0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010
							Clast Clast	111 2 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121	New	22:55:32 11-     22:55:32 11-     22:55:32 11-     22:55:32 11-     22:55:32 11-     22:55:32 11-     22:55:32 11-     22:55:32 11-     22:55:32 11-     22:55:32 11-     22:55:32 11-     22:55:32 11-	11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019			Hard Hard Hard Hard Hard Hard Hard Hard		-0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010
							Clast Clast	111 2 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122	New	<ul> <li>22:55:32 11-</li> </ul>	11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019			Hard Hard Hard Hard Hard Hard Hard Hard		-0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010
							Clast Clast	111 2 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123	New	<ul> <li>22:55:32 11-</li> </ul>	11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019			Hard Hard Hard Hard Hard Hard Hard Hard		-0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010
							Clast Clast	111 2 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124	New	<ul> <li>22:55:32 11-</li> </ul>	11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019			Hard Hard Hard Hard Hard Hard Hard Hard		-0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010 -0,010

Figura 57: Clash detective guarda corpo e viga.

Fonte: Autoral, 2019.

Um erro que apareceu nas portas de acesso a lavanderia se refere ao tamanho da porta que invade a parede lateral, sendo necessária a diminuição da largura da porta, atentando-se a questão da acessibilidade mínima, para a solução do problema, conforme figura 58.



Fonte: Autoral, 2019.

Outro problema diz respeito ao tamanho das escadas que estão invadindo as paredes vizinhas, conforme figura 59.

DataTools App Ma	ng 🛃 Appearance Profiles 💱 Batch Utility 🕞 Compare	Autodesk Rendering Animator Scripter	Liner Quantification	Clash Detective	<ul> <li>Links</li> <li>Quick Properties</li> <li>Properties</li> </ul>
	013	10013		1.	Clash Detective
12 de novembro de 2019 otal: 210 (Open: 210 C	Last Run: terça-feira Clashes -				∽ Test 1
	Approved Resolved	Active Reviewed App	hes New Ac	Status Cla	Name Test 1
		NI 💽 Update All	pact All Delete All	Reset All Com	Add Test
			1	Results Report	Rules Select
1e - 17 🐁 🗗 Re	Se No		ssign 🚉 🔽		New Group
Assigned To Distance	oproved Description	Approved Approve	Found	🔯 🖓 Status	Name
-0,018 m	Hard	11-2019	• 14:36:15 12-11-2	New	Clash78
-0,018 m	Hard	11-2019	• 14:36:15 12-11-2	New	Clash79
-0,018 m	Hard	11-2019	▼ 14:36:15 12-11-2	New	Clash80
-0,018 m	Hard	11-2019	• 14:36:15 12-11-2	New	Clash81
	Hard	11-2019	<ul> <li>14:36:15 12-11-2</li> </ul>	New	Clash82
-0,018 m	Hard	11-2019	· 14:36:15 12-11-2	New	Clash83
-0,018 m					Clark94
-0,018 n -0,018 m -0,018 m	Hard	11-2019	▼ 14:36:15 12-11-2	New	Clashow
-0,018 m -0,018 m -0,018 m -0,018 m	Hard Hard	11-2019 11-2019	<ul> <li>14:36:15 12-11-2</li> <li>14:36:15 12-11-2</li> </ul>	New New	Clash85
-0,018 m -0,018 m -0,018 m -0,018 m -0,018 m -0,018 m	Hard Hard Hard	11-2019 11-2019 11-2019	<ul> <li>14:36:15 12-11-2</li> <li>14:36:15 12-11-2</li> <li>14:36:15 12-11-2</li> <li>14:36:15 12-11-2</li> </ul>	New New New	Clash85     Clash86
-0,018 m -0,018 m -0,018 m -0,018 m -0,018 m -0,018 m -0,018 m	Hard Hard Hard Hard	11-2019 11-2019 11-2019 11-2019	<ul> <li>14:36:15 12-11-2</li> <li>14:36:15 12-11-2</li> <li>14:36:15 12-11-2</li> <li>14:36:15 12-11-2</li> <li>14:36:15 12-11-2</li> </ul>	New New New	Clash86 Clash86 Clash87
-0.018 n -0.018 n -0.018 m -0.018 m -0.018 m -0.018 m -0.018 m -0.018 m	Hard Hard Hard Hard Hard	11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019	<ul> <li>14:36:15 12-11-2</li> </ul>	New New New New	Clash85 Clash86 Clash87 Clash88
-0.018 n -0.018 n -0.018 m -0.018 m -0.018 m -0.018 m -0.018 m -0.018 m -0.018 m	Hard Hard Hard Hard Hard Hard	11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019	<ul> <li>14:36:15 12-11-2</li> </ul>	New New New New New	Clash85     Clash86     Clash87     Clash88     Clash88     Clash89
-0,018 m -0,018 m -0,018 m -0,018 m -0,018 m -0,018 m -0,018 m -0,018 m -0,018 m -0,017 m -0,017 m	Hard Hard Hard Hard Hard Hard Hard	11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019	<ul> <li>14:36:15 12-11-2</li> </ul>	New New New New New New	Clash85 Clash86 Clash86 Clash87 Clash88 Clash89 Clash99
-0,018 n -0,018 n -0,018 n -0,018 m -0,018 m -0,018 m -0,018 m -0,018 m -0,017 m -0,017 m -0,017 m -0,016 m	Hard Hard Hard Hard Hard Hard Hard Hard	11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019 11-2019	<ul> <li>14:36:15 12-11-2</li> </ul>	New New New New New New New	Clash85 Clash85 Clash86 Clash87 Clash88 Clash89 Clash89 Clash90 Clash91

Figura 59: Clash detective parede e escada.

No total foram reportados 948 interferências, sendo que grande parte se refere às demarcações dos ambientes criados e estão invadindo o andar superior, atravessando as lajes, porém está não é uma interferência construtiva, e sim conceitual, pois essas caixas são

Fonte: Autoral, 2019.

elementos invisíveis, criados apenas para nomeação de um ambiente, e não existem no projeto, bem como, não existem na obra, conforme figura 60.



Figura 60: Clash detective demarcação do ambiente e laje.

Fonte: Autoral, 2019.

# 5.4 CRIAÇÃO DO MODELO 4D

Para a elaboração do modelo 4D algumas possibilidades foram testadas com o objetivo de realizar o menor número de processos para atingir o objetivo.

Para isso, uma premissa precisaria ser cumprida, tal como, conseguir exportar os elementos do modelo 3D, realizado no software Revit – Autodesk que fariam parte de cada etapa do cronograma identificados.

A alternativa mais promissora, foi realizada através da ferramenta Montagens, que associa um grupo de elementos selecionados e salva com um nome específico, ou seja, um código de montagem. E então, criou-se uma montagem para cada atividade do cronograma, separando a estrutura em dois blocos, sendo que, as casas frontais, foram nomeadas de bloco 1 e as casas laterais de bloco 2, bem como, foi realizada a separação por pavimento, conforme figura 61. Ao passo que, para os elementos arquitetônicos, a divisão fora apenas por pavimento.



Figura 61: Montagens dos Elementos.

Na sequência, foi elaborado o cronograma da obra através do software *MS Project*, muito utilizado para realizar o planejamento real da obra, ou seja, o sequenciamento das atividades com datas de início e fim, duração e a identificação da atividade predecessora. No entanto, além das informações tradicionais, outras duas colunas foram inseridas, a primeira para informar que aquela atividade do cronograma se refere a uma construção, e a segunda para inserir o código de identificação de cada montagem, conforme figura 62.

₽¶ ARQ	JIVO	TAREFA	● - ↓ A REC	urso relatório projeto exibição	FERRAMENTA	s do gráfico de ga Formato	Jd. Amer	ndoeiras	fb.mpp - Microsoft	Project			Flávia Sir	? – 🗗 X não S. Nascimento - 🌠 🗗 X
Gráf Ga Đ	ico de ntt =	Colar	X Reco	rtar ar * el de Formatação ansferência Fonte 6	22× 99x 75× 00×	⇒ Atualizar co	mo Agendado 👻	Ager Manual	dar Agendamen mente Automátio Tarefa	to Modo *	Tarefa	Resumo Marco Entrega ~	Anotações informações Adicionar à Linha do Tempo Propriedades	Rolar até Preencher - a Tarefa
100	D	om 31/12/1	17 101 Janeir	Qui 25/01/18		11 Fevereiro	j01 Março			21 Março		11 Abril	,01 Maio	,21 Maio
I HA I		Ini Sec.01/01	i-0				Adicionar		com datas à linh					Término Ser 25,05(10
5		ang on oo											101/102/102	15 (Inc (10)
		0 d	wodo la ₊	Nome da tarefa	Duração 🗸	Início 🗸	Término 🗸	Prede	Task Type V	Navisworks User10			- D S T Q Q S S D S T Q Q S S	D S T Q Q S S D S T Q I
	1 🖗	ı =	5	4 Obra Condomínio Jd. Das Amendoeiras	144 dias	Seg 01/01/18	Sex 25/05/18		Construct				ſ	
	2	-	4	<ul> <li>Serviços Iniciais</li> </ul>	3 dias	Seg 01/01/18	Qui 04/01/18		Construct					
	3	*	ł	Montagem do Canteiro	3 dias	Seg 01/01/18	Qui 04/01/18		Construct					
	4	-	5	<ul> <li>Infraestrutura</li> </ul>	30 dias	Qui 04/01/18	Sáb 03/02/18		Construct					
	5	*	<u>۲</u>	Sapatas - B1	6 dias	Qui 04/01/18	Qua 10/01/18	3	Construct	001 - Fundações estru	uturais - B1	l .	-	
	6	*	•	Sapatas - B2	6 dias	Qua 10/01/18	Ter 16/01/18	5	Construct	002 - Fundações estru	uturais - B2	2	-	<b></b>
	7	*	•	Pilares - B1	6 dias	Qua 10/01/18	Ter 16/01/18	5	Construct	003 - Pilares estrutura	ais - B1 - Pa	av Fundação	+	
	8	*	•	Pilares - B2	6 dias	Ter 16/01/18	Seg 22/01/18	6	Construct	004 - Pilares estrutura	ais - B2 - Pa	av Fundação		-
	9	*	<u>۲</u>	Viga Baldrame - B1	6 dias	Ter 16/01/18	Seg 22/01/18	7	Construct	005 - Quadro estrutur	ral - B1 - Pa	av Térreo		+
E	10	*	•	Viga Baldrame - B2	6 dias	Seg 22/01/18	Dom 28/01/18	8	Construct	006 - Quadro estrutur	ral - B2 - Pa	av Térreo		
BAN	11	*	۲. I	Laje - B1 - Pav Térreo	6 dias	Seg 22/01/18	Dom 28/01/18	9	Construct	007 - Pisos Estrutural	- B1 - Pav	Térreo		*
B	12	*	۲	Laje - B2 - Pav Térreo	6 dias	Dom 28/01/18	Sáb 03/02/18	10	Construct	008 - Pisos Estrutural	- B2 - Pav	Térreo		
EIC	13	-	4	Superestrutura	52 dias	Dom 28/01/18	Qua 21/03/18		Construct					
GRÁ	14	*	•	Pilares - B1 - Pav Térreo	6 dias	Dom 28/01/18	Sáb 03/02/18	11	Construct	009 - Pilares estrutura	ais - B1 - Pa	av Térreo		
	15	*	•	Pilares - B2 - Pav Térreo	6 dias	Sáb 03/02/18	Sex 09/02/18	12	Construct	010 - Pilares estrutura	ais - B2 - Pa	av Térreo		
	16	*	•	Vigas - B1 - Pav Superior	6 dias	Sáb 03/02/18	Sex 09/02/18	14	Construct	011 - Quadro estrutur	ral - B1 - Pa	av Superior		
	17	*	*	Laje - B1 - Pav Superior	6 dias	Sex 09/02/18	Qui 15/02/18	16	Construct	012 - Pisos Estrutural	- B1 - Pav	Superior		
	18	*	۲. I	Vigas - B2 - Pav Superior	6 dias	Sex 09/02/18	Qui 15/02/18	15	Construct	013 - Quadro estrutur	ral - B2 - Pa	av Superior		
	19	*	•	Laje - B2 - Pav Superior	6 dias	Qui 15/02/18	Qua 21/02/18	18	Construct	014 - Pisos Estrutural	- B2 - Pav	Superior		
	20	*	•	Escada B1 - Pav Térreo	3 dias	Qui 15/02/18	Dom 18/02/18	17						
	21	*	۲. I	Escada B2 - Pav Térreo	3 dias	Qua 21/02/18	Sáb 24/02/18	19						
	22	*	•	Pilares - B1 - Pav Superior	6 dias	Qui 15/02/18	Qua 21/02/18	17	Construct	017 - Pilares estrutura	ais - B1 - Pa	av Superior		
	23	*	•	Pilares - B2 - Pav Superior	6 dias	Qua 21/02/18	Ter 27/02/18	19	Construct	018 - Pilares estrutura	ais - B2 - Pa	av Superior		
	24	*	۲. I	Vigas - B1 - Pav Terraço	6 dias	Qua 21/02/18	Ter 27/02/18	22	Construct	019 - Quadro estrutur	ral - B1 - Pa	av Terraço		
ŀ	25		•	Laia D1 Day Tarrasa	6 dias	Tor 37/03/10	Com 05 /02/10	24	Construct	030 Disco Estrutural	D1 Davi	Torraco		• •
PRO	NTO	* NO\	VAS TAREFA	AS : AGENDADA MANUALMENTE				_			_			■ €+

#### Figura 62: Cronograma MS Project.

Fonte: Autoral, 2019.

E que, também, houvesse o reconhecimento desta identificação pela ferramenta *Find Items* do software Navisworks – Autodesk, que realiza o sequenciamento visual da obra, para que, quando todos os dados fossem exportados, fossem quase que imediatamente associados a um *Set*, uma ferramenta de montagem que associa elementos selecionados, conforme imagem 63.



#### Figura 63: Find Items do Navisworks - Autodesk

Fonte: Autoral, 2019.

No entanto, após exportar os modelos 3D da estrutura e arquitetura, bem como, o cronograma para o software Navisworks – Autodesk, as ferramentas Find Items e Time Liner não reconheceram as intervenções, que foram associadas manualmente, conforme figura 64.



## Figura 64: Time Line do Navisworks - Autodesk.



Por fim, com a simulação pronta foi possível visualizar o avanço da obra juntamente com o avanço do cronograma.

Na figura 65 é possível observar que os elementos brancos, já foram realizados, as sapatas e os pilares do bloco 1, bem como, os elementos em azul, as sapatas do bloco 2, que apenas estão em azul, pois está é a seleção que vem sendo apresentada como exemplos nas figuras anteriores. Em verde semitransparente, pode-se observar os elementos que estão sendo executados no momento da simulação, os pilares do bloco 2 e as vigas do bloco 1. Isto fica evidente ao se comparar a data acima da animação, que mostra o dia 21/01/2018, com as datas das atividades do cronograma, no qual, ambas, tem prazo de finalização no dia 22/01/2018.

M	Au	todesk Naviswo	rks Manage 201	9 (STUDENT V	ERSION) Plane	jamento 4D_	Amendoeir	as.nwd	Þ	Digite palavr	ra-chave ou frase		81 S 🛧 🗴	11.018	807-0 - 1	<b>F ?</b>	•	-	o ×
Home Viewpoint Review Animation V Append C Reset All_ File Options Selection All	ct Se	Output Item	Tools BIM 36	0 Render	quire Hide Unselecte	Unhide d All	<ul> <li>Links</li> <li>Quick</li> <li>Prope</li> </ul>	Properties erties	Clash Detective	TimeLiner	+= ×≡ Quantification	™ A	utodesk Renderi nimator cripter	ing 🛐 14 12	Appearance I Batch Utility Compare	Profiler	DataTools	App	Manager
Project 👻 Si	elect & S	Search 🔻			Visibility		Dis	play					То	ols					
Soldomingo 12:50:24 21/01/2018 Day=21 Week	=3	R\$ 123787	,48															<	
metner						ļIJ													×
Tasks Data Sources Configure Simulate																			
B4         40         ↓         □         00         ▷         00         ▷         00         ○         00         021/01/2018         01/01/2018         09:00         01/01/2018																		25/05/	09:00 2018
Name Name	Status	Planned Start	Planned End	Actual Start	Actual End	Total Cost	PM	jan 22, 18 AM	J PM	an 23, 18 AM	jan 24, 1 PM AM	18   Pl	jan 25, 18 M AM	РМ	jan 26, 18 AM	ja PM	n 27, 18 AM	ja PM	an 28, 18 AM F
14% B New Data Source (Root)		01/01/2018	25/05/2018	N/A	N/A	1.477.720,00													
14% Obra Gondominio 3d. Das Amendoeiras 57.2% El Infraestrutura		04/01/2018	03/02/2018	N/A	N/A	1.477.720,00													
Planes - R2		16/01/2018	22/01/2018	N/A	N/A	2 735 00													
B6% Viga Baldrame - B1	-	16/01/2018	22/01/2018	N/A	N/A	10,783,00													
٤						3	> <												>

Figura 65: Simulação da Time Liner do Navisworks - Autodesk.

Já na figura 66, observa-se a estrutura quase pronta e as paredes em execução.



Figura 66: Simulação da Time Liner do Navisworks - Autodesk.

Fonte: Autoral, 2019.

## 5.5 CRIAÇÃO DO MODELO 5D

Para a elaboração do modelo 5D havia algumas alternativas de processos para atingir o objetivo de atribuir o custo ao modelo 4D.

Primeiramente, foi realizada uma busca no software Revit - Autodesk para entender onde os valores de mão de obra, aquisição do material, bem como, locação de equipamentos, poderiam ser alocados no modelo 3D, para que, quando houvesse qualquer alteração de escopo, o custo fosse automaticamente atualizado, na tentativa de se realizar uma adaptação da segunda alternativa proposta por Eastman et al. (2011) no capítulo 3, item 3.3.3, com o software disponível.

No entanto, o software Revit - Autodesk, na janela Navegador de Materiais, não permite realizar composição, sendo necessário colocar um custo total por unidade do item, conforme figura 67 que apresenta o emboço da parede da tipologia PAR 1 com o custo estimado no valor de \$ 50,00 o m<sup>2</sup>. É importante lembrar, que como o emboço está presente em todas as famílias de parede que possuem bloco cerâmico, a atualização do custo do material dentro deste navegador, vai atualizar o custo em todas as famílias.

R 🖻 🖥 🎧 • 🔅	01 %, • ☱ 월 • ℅ • •	A B.O	• 🏥 🖫 🖻 • 🔻	Amendoeiras_ARQ_	EST_R2.rvt - Vista 3D: {3D	}	<ul> <li>Digite palavra-chave ou frase</li> </ul>	品 S 🕁	<u></u> 11.01807-	) · 🦕 🕐	• _ @ ×
Arquivo Arquitetura	a Estrutura Aço Sistemas	Editar monta	gem								×
Modificar Selecionar + Propriet	lades Área de transferência	Familia: Tipo: Espessura tol Resistência (I Massa térmic	Parede básica PAR1 15cm - Textura Branca al: 0,1500 R): 0,1762 (m <sup>2</sup> ·K)/W a: 12,29 kJ/K	/ Textura Branca - Bloco						Altura da amostra:	6,0000
Modificar   Paredes		Camadas				LADO EXTERNO					
Propriedades	1		Funcão	Mate	erial	Espessura		Coberturas		Material estrutur	al
Darada há		1 A	cabamento 2 [5]	Terrazzo	0.0	050		0000110100			
Parede ba	n - Textura Branca / Textura 🔻	2 LI	mite do núcleo	Camadas acima da vir	ada do revestiment 0,0	000					
Branca - B	loco	3 SI	ibstrato [2]	Emboco	0.0	250					
	(7) a m	4 E	trutura [1]	Bloco Cerâmico 9 x 19	x 29 cm 0,0	900					
Paredes (1)	<ul> <li>✓ E⊞ Editar tipo</li> </ul>	5 S	ibstrato [2]	Emboço	0,0	250					
Restrições	^ *	6 Li	mite do núcleo	Camadas abaixo da vi	rada do revestiment 0,0	000					
Linha de localização	Face de acabamen	7 A	cabamento 2 [5]	Terrazzo	0,0	050	$\checkmark$				
Restrição da base	Cobertura										
Deslocamento da base	-0,4500		Navegador de materiais - Emb	oço				? ×			
A base está anexada	0.0000		-								
Distancia da extensa	0,0000		Pesquisar	٩.	Identidade Gráficos	Aparência +					
Kestrição superior	Acima para o nivel: C		Materiais do projeto: Todos	•> 🗆 🖃 •	Nom	e Emboro					
Altura desconectada	2,0000		Nome	/A							
O topo asté apoyado	0,0000		Epory Perin - TOTO -	61 Appelic White	Informações descritiv	as					
Distância da extensă	0.0000			or Angene White	Descrição						
Delimitação de ambi	6,0000		Embara		Classe	Generic		-			
Relativo à massa			cimboyo		Comentário	s					
Estrutural	*	Incode	Descall 0 cm		Palayras, chaw						
Estrutural		Insen	Drywaii 9 cm		Falavias-Chave						
Ativar o modelo anal		Virada do n			Informações sobre o	produto					
Uso estrutural	Não de aparelho de a	Nas inserçõ	- tatata 👘		Fabricante	2					
Cotas	\$	Não virar	+ Inicio	Nome	Modelo	2					
Comprimento	2,5500		Materiais AEC A		Custo	50.00					
Área	5,058 m <sup>2</sup>	Modificar es	Alvenaria		LIDI						
Volume	0,607 m <sup>3</sup>	Mod	Azuleio		UN						
Dados de identidade	*		Cerâmica		Informações de anota	ição do Revit					
Nome da montagem	040 - Paredes - Pav C	Atribuir	Concreto		Nota-chave	04090					
Imagem			Diversos		Marca	1			01	Cancelar	Abuda
Comentários	~	<< Viruali	Forros		THUI CO				UK.	Cancelar	Ajuua
Ajuda de propriedades	Aplicar	ee visuali	ta Gás								
Pronto			Gesso						98	有限的方面	) \[\]:0
			isolarifento								

Figura 67: Navegador de Materiais do Revit – Autodesk.

Entretanto, ao explicar nossa intenção a equipe da Construtora da Racional, durante a Palestra de BIM realizada no Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, eles nos aconselharam a seguir um caminho mais usual para a realidade das empresas, que estão em transição, que é o caso do nosso estudo de caso, realizando o que eles chamam de "5D Híbrido", que nos leva a primeira alternativa proposta por Eastman et al. (2011) para abordagem da modelagem 5D, reiterando o que foi escrito no capítulo 3, item 3.3.3 deste trabalho:

"Exportar quantidades de objetos de construção (paredes, estruturas, etc.) e suas medidas lineares, métricas ou de volumes para softwares de estimativas de custos; neste caso, os softwares de autoria exportam, dependendo do software e uma vez devidamente parametrizados, arquivos texto separados por vírgulas (.csv ou .txt), ou ainda através de tabelas em formato de planilhas (via de regra em MS-Excel). Essa opção viabiliza a integração inclusive para os profissionais que utilizam planilhas parametrizadas para desenvolvimento de orçamentos, sendo esta a situação mais comum encontrada no mercado."

Para realizar o "5D Híbrido" optamos por seguir os seguintes passos. Primeiramente, utilizamos a ferramenta Montagens do software Revit – Autodesk para separar todas as famílias por atividade, de acordo com o cronograma do modelo 4D, conforme figura 68.



Figura 68: Montagem das Sapatas do Bloco 2 no Revit – Autodesk.

Em seguida, associamos a cada montagem duas tabelas, uma de levantamento de material e a outra de levantamento de quantidade de famílias associadas a esta montagem, conforme figuras 69 e 70.

RDO	()· (5)	· 🗟 - 🖨 😑 - 🖉 i	A O.	9 🖭 🗉	18	Amendoein	IS_ARQ_EST	[_R2.rvt - 00	2 - Fundaçõ	es estrutura	is - B2: Tabel	ela: Tabela	da fundaçi	a + Digit	e palavra-ci	have ou fr	056	22 88	د <b>۱</b> ک	1.01807-0	· 😸 1	🤊 · 💶	Ξ×
Arquivo	Arquitetura	Estrutura Aço Siste	mas Inserir	Anotar A	Analisar	Massa e terre	no Colal	borar Vis	ta Gerend	iar Supl	ementos )	Modifica	r Modifi	car tabela/	quantidad	les							
Propriedades	Tabela Nome da	vis Formatar Calcula unidade	do Combinar parâmetros	Inserir Exc	tur Redim	ensionar Ocu	tar Exibir todos	⊐r Inserir	Inserir Inha de dade	Excluir P	edimensiona	iar cance	Mesclar elar a mesc	Inserir Ia imagen	Limpar /	Agrupar	Desagn	ipar Di R	ombreado ordas edefinir	A Fonte ■ Alinh ■ Alinh	e iar horizontal ar vertical *	• Realo	ar leici
Propriedades	5	Parâmetros			Co	lunas			Li	nhas				Títulos e	e cabeçalh	OS.				Aparência		Elemer	ito
Modificar ta	bela/quanti	dades																					
Propriedades		>	( 记 (3D)		Tabela e	da fundação	estrutural	X 🗆 Lee	vantamento	de material						₹ N	lavegad	or de projeti	o - Ameno	doeiras_ARC	2_EST_R2.rvt		×
_	Tabela		<tal< td=""><td>oela da fu</td><td>ndação</td><td>estrutural&gt;</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>B</td><td>AS - 2º Pa AS - Cob</td><td>avimento Co ertura</td><td>opiar 2</td><td></td><td>^</td></tal<>	oela da fu	ndação	estrutural>												B	AS - 2º Pa AS - Cob	avimento Co ertura	opiar 2		^
	Schedule			A		B											8	02. Plant	as de Forr	0			
		m course	-	Família e tipo	<u>(</u>	Conta	dor										1	04 Auior	ectivas				
Tabela: Tabela	a da fundaç	io estruti v Elli Editar tipo	Sanata distribu	ida, Cânica: S	anata 85v10	0 1											E C	2 ADDESEN	TACÃO				
Dados de ide	ntidade	*	Sapata distribu	ida - Cónica: S	apata 85x10	10 1											10 1	22 AFRESEN	IAÇAO				
Modelo de v	vista	<nenhum></nenhum>	Sapata distribu	ida - Cónica: S	apata 85x10	0 1											MIN I A	nendas					
Nome da vis	sta	Tabela da fundação est	Sapata distribu	ida - Cônica: S	apata 85x10	0 1											D. TITL TA	helas/Ouan	tidades (a	alli			
Dependênci	a	Independente	Sapata distribu	ida - Cónica: S	apata 85x10	10 1												lbac (all)	nonoces (e	un1			
Fase		*	Sapata distribu	ida - Cônica: S	lapata 85x10	0 1										9		mílias					
Filtro da fase	e	Show All	Sapata distribu	ida - Cônica: S	Sapata 85x10	00 1										0	6 6	linos					
Fase		New Construction	Sapata distribu	ida - Cônica: S	apata 85x10	00 1											Con Vi	nculos do R	exit				
Outros			Sapata distribu	ida - Cónica: S	iapata 85x10	0 1											- 10-1 M	ontagens	AC VIL				
Compar		College 1	Sapata distribu	ida - Cônica: S	Sapata 100x8	15 1											in the second	01 Euroday	des ester	turnic D1			
Campos		Editar	Sapata distribu	ida - Conical S	apata 100x8	10 1											-	02 Funday	des estru	turais - DT			
Filtro		Editar	Sanata distribu	ida - Cónica: S	apata 100x8	15 1											-	Tabola: L	oes esuu	into de mat	Icino		
Classificar/A	grupar	Editar	Sapata distribu	ida - Cônica: S	apata 100x8	15 1												Tabela: 1	abela da	fundação e	enal		
Formatação		Editar	Sapata distribu	ida - Cónica: S	apata 100x8	15 1											m	1abela: I	abeia da	R1 Day	Strutural		
Aparência		Editar	Sapata distribu	ida - Cônica: S	apata 100x8	15 1											-	03 - Pilares	estrutural	IS - DI - Pav	Fundação		
			Sapata distribu	ida - Cônica: S	apata 100x8	15 1												04 - Pilares	estrutural	IS - BZ - Pav	Fundação		
			Sapata distribu	ida - Cónica: S	apata 100x8	15 1											H (	05 - Quadro	estrutura	al - B1 - Pav	terreo		
			Sapata distribu	ida - Cônica: S	apata 100x8	15 1											EB C	06 - Quadro	estrutura	al - B2 - Pav	lerreo		
			Sapata distribu	ida - Cônica: S	Sapata 100x8	85 1											H C	07 - Pisos E	strutural -	- B1 - Pav Te	rreo		
			Sapata distribu	ida - Cônica: S	iapata 100x8	15 1											E C	08 - Pisos E	strutural -	B2 - Pav Té	rreo		
			Sapata distribu	ida - Cônica: S	Sapata 100x8	15 1											⊕ C	09 - Pilares	estruturai	is - B1 - Pav	Térreo		
			Sapata distribu	ida - Cônica: S	Sapata 100x8	15 1											H (	10 - Pilares	estruturai	is - B2 - Pav	Térreo		
			Sapata distribu	ida - Cônica: S	apata 100x8	15 1											E (	11 - Quadro	estrutura	al - B1 - Pav	Superior		
			Sapata distribu	ida - Cônica: S	Sapata 100x8	15											B (	12 - Pisos E	strutural -	B1 - Pav Su	perior		
																	B (	13 - Quadro	estrutura	al - B2 - Pav	Superior		
																	B 0	14 - Pisos E	strutural -	B2 - Pav Su	uperior		
																	<b>B</b> (	17 - Pilares	estruturai	is - B1 - Pav	Superior		
																	18 C	18 - Pilares	estruturai	is - B2 - Pav	Superior		
																	₩ 0	19 - Quadro	estrutura	al - B1 - Pav	Terraço		
Ajuda de pro	priedades	Aplicar															⊞ 0	20 - Pisos E	strutural -	B1 - Pav Te	erraço		~
Pronto						ŵ				··· 🔬 :0	10 M	Modelo	principal							17 2	। 🛼 🖪 भ	0 70	
							E	- nto		tor	1 2	010	n										
							г	JILLE	:. Au		ai, Zi	OT:	9.										

Figura 69: Tabela de contagem das Sapatas do Bloco 2 no Revit – Autodesk.

RBBQ.0	カ・ボ・日 ニ・メ	0 A 0 · 0 🎫	🖳 🕞 + 🗢 Amendoeiras_Al	RQ_EST_R2.rvt - 002 - Fundações estruturais - B2: Tabela: Levan	tamento de + Digite palavra-chave ou frase	品 经 ☆ 💄 11.01807-0 ・ 🝃 ③・	- 8 ×
Arquivo Arquitetur	ra Estrutura Aço Sist	emas Inserir Anotar	Analisar Massa e terreno	Colaborar Vista Gerenciar Suplementos Modifica	r Modificar tabela/quantidades		••
Propriedades Múltio	ial: Vol • Formatar Calcul	ado Combinar Inserir E	kcluir Redimensionar Ocultar	다 마 마 마 마 마 마 마 마 마 마 마 마 마 마 마 마 마 마 마	Mesclar Insenir Limpar Agrupar Desag	g Sombreado Ay Fonte til Bordas ⊯ Alinhar horizontal •	Realçar
	unidade	parâmetros				# Redefinir = Alinnar vertical • n	o modelo
Propriedades	Parâmetros		Colunas	Linhas	Títulos e cabeçalhos	Aparência	Elemento
Modificar tabela/qua	ntidades						
Propriedades		X 🕞 (3D)	Tabela da fundação estrutu	ral 🔲 Levantamento de material X		lor de projeto - Amendoeiras_ARQ_EST_R2.rvt	×
Tabela		<levantament< td=""><td>o de material&gt;</td><td></td><td></td><td>BAS - 2º Pavimento Copiar 2 BAS - Cobertura</td><td>^</td></levantament<>	o de material>			BAS - 2º Pavimento Copiar 2 BAS - Cobertura	^
Schedule		A	В			1 02. Plantas de Forro	
		Material: Nome	Material: Volume			03. Perspectivas	
Tabela: Levantamento	de material 🗸 🗄 Editar tip	0				±−04. Axiom	
Dados de identidade		Concreto - Moldado in loco	0,17 m <sup>a</sup>			02. APRESENTAÇÃO	
Modelo de vista	<nenhum></nenhum>	Concreto - Moldado in loco	0,17 m <sup>a</sup>			777	
Nome da vista	Levantamento de mate_	Concreto - Moldado in loco	0.17 m			egendas	
Dependência	Independente	Concreto - Moldado in loco	0.17 m²			abelas/Quantidades (all)	
free free free free free free free free		Concreto - Moldado in loco	0.17 m <sup>2</sup>		- E - E -	olhas (all)	
Fase		Concreto - Moldado in loco	0.17 m <sup>2</sup>		⊕-₩ F	amílias	
Filtro da fase	Show All	Concreto - Moldado in loco	0.17 m <sup>8</sup>		H 🕲 🤇	irupos	
Fase	New Construction	Concreto - Moldado in Inco	0.17 m <sup>a</sup>		- 00 \	línculos do Revit	
Outros		* Concreto - Moldado in loco	0.17 m <sup>s</sup>		÷ 🖽 )	Nontagens	
Campos	Editar	Concreto - Moldado in loco	0.17 m <sup>a</sup>		B-	001 - Fundações estruturais - B1	
Filtro	Editar	Concreto - Moldado in loco	0.17 m <sup>a</sup>		E-	002 - Fundações estruturais - B2	
Classificar/Annunar	Editor	Concreto - Moldado in loco	0,17 m <sup>a</sup>			Tabela: Levantamento de material	
Classificar/Agrupar	Edital	Concreto - Moldado in loco	0,17 m²			Tabela: Tabela da fundação estrutural	
Formatação	Editar	Concreto - Moldado in loco	0,17 m <sup>a</sup>			003 - Pilares estruturais - B1 - Pay Fundação	
Aparência	Editar	Concreto - Moldado in loco	0,17 m <sup>a</sup>			004 - Pilares estruturais - B2 - Pay Eurodação	
		Concreto - Moldado in loco	0.17 m <sup>a</sup>			005 Quadra actautural R1 Day Tárrag	
		Concreto - Moldado in loco	0,17 m <sup>a</sup>		10-10-10-10-10-10-10-10-10-10-10-10-10-1	005 - Quadro estrutural - B1 - Pav Terreo	
		Concreto - Moldado in loco	0,17 m <sup>a</sup>		10 <sup>-</sup>	006 - Quadro estrutural - B2 - Pav Terreo	
		Concreto - Moldado in loco	0,17 m <sup>s</sup>		10-10-10-10-10-10-10-10-10-10-10-10-10-1	007 - Pisos Estrutural - B1 - Pav Térreo	
		Concreto - Moldado in loco	0,17 m <sup>a</sup>		8-	008 - Pisos Estrutural - B2 - Pav Terreo	
		Concreto - Moldado in loco	0,17 m <sup>a</sup>		16-	009 - Pilares estruturais - B1 - Pav Térreo	
		Concreto - Moldado in loco	0,17 m <sup>a</sup>		- B-	010 - Pilares estruturais - B2 - Pav Térreo	
		Concreto - Moldado in loco	0,17 m <sup>a</sup>		B-	011 - Quadro estrutural - B1 - Pav Superior	
		Concreto - Moldado in loco	0,17 m <sup>a</sup>		- B	012 - Pisos Estrutural - B1 - Pav Superior	
					÷	013 - Quadro estrutural - B2 - Pav Superior	
					10-	014 - Pisos Estrutural - B2 - Pav Superior	
					÷-	017 - Pilares estruturais - B1 - Pay Superior	
					œ.	018 - Pilares estruturais - B2 - Pay Superior	
						019 - Ouadro estrutural - B1 - Pay Terraco	
Aiuda de propriedade	\$ Anticar					020 - Pisos Estrutural - B1 - Pay Terraco	
	Apricat						~
Pronto			វិក	🖂 🖉 :0 🔚 💷 Modelo	principal ~	18 43 45 (2 45 0	F:0

Figura 70: Tabela de materiais das Sapatas do Bloco 2 no Revit – Autodesk.

Fonte: Autoral, 2019.

Após realizar todas as montagens e extrair suas respectivas tabelas, exportamos cada uma para o arquivo no formato .txt, para, por fim, abri-las no software Microsoft Excel, conforme figura 71.

×∎ ARQI	JIVO PÁG	다 · 실 · · ·	FÓRMULAS DADOS RI	evisão exi	Tabela: BIÇÃO	s de Estrutur	a.xlsx - Microsoft	Excel						5 FI	? ávia Simão S.	The second seco	9 X
Cola	Area de Tra	ar * el de Formatação Insterência & Fonte		uebrar Texto Au esclar e Central mento	itomaticamente izar -	Geral Geral - %	• 000 000 Fo nero 5	rmatação Form ndicional * Ta Es	atar como Estilos de abela * Célula * tilo	e Inserir	Excluir Forma Células	∑ Ai	utoSoma * eencher * mpar *	Arr Classificar I e Filtrar ■ S Edição	.ocalizar e elecionar •		^
B31	*	$\times \checkmark f_x$															~
	Α	B	C	D	E	F	G	н	1	J	К	L	M	N	0	Р	C 🔺
1		Tabela de Fundaçã	io - Sapatas - Bloco 2				R\$ 8.930,47										
2	Bloco	Família e tipo	Material estrutural	Contador	Volume												
3	r							Material	Mão de Obra								
4	Fundação	Sanata distribuída Cânica: Sanata 95v100	Concrete Meldada in laco	0	1 514	ml	DÉ 12 E20 72	00%	40%								
6	2	Sanata distribuída - Cónica: Sanata 100x85	Concreto - Moldado in loco	16	2 601	m <sup>3</sup>	R\$ 24 031 89	R\$ 8.112,44 R\$14.419.14	R\$ 9.612.76								
7		Suputa distribuida Conica. Suputa 100x05	concreto monado miloco	25	4,205	m <sup>3</sup>	R\$37,552,63	R\$22,531,58	R\$15.021.05								
8					.,												
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
1/																	
10																	
20																	
21																	
22																	
23																	
24																	
25																	
26																	
27																	
28																	
29																	
30																	
	•	Plan2   Plan1   Lajes - Todas   Fundaçã	io Sapatas B1 Fundação S	apata B2	Fundação Vig	a Bal. B1	Fundação Vig	a Bal. B2   P	ilares B1   Pilare	s E (+	) : (						Þ
PROM	UTO .	· · · · ·				_						_		B			100%

Figura 71: Tabela de materiais das Sapatas do Bloco 2 no Microsoft Excel.

Como não tínhamos interesse em analisar a performance da obra neste quesito, mas sim, apenas aprender os processos da metodologia *BIM* 5D, o custo total da obra foi estimado a partir do valor de venda médio passado pela Construtora de cada unidade residencial no valor de R\$ 300.000,00 (trezentos mil reais).

Partindo da premissa informada pela Construtora, que em média o custo das obras é estimado em torno de 60% do valor de venda da unidade, consideramos que para as 8 unidades residenciais do estudo de caso o custo da obra fora R% 1.440.000,00 (um milhão, quatrocentos e quarenta mil reais). E, por fim, distribuímos os percentuais para os materiais de cada montagem, na figura 72.

Calibri - 11 - Λ΄Λ΄ = = 🚽 🗞 · 🖓 Quebrar Texto Automaticamente Geral - 🔢 🐺 💭 🦛 🔭 📅 ΣΑυτόδοπα · Αγ	
Colar © Copar * Colar $\checkmark$ Pincel de formatação Pincel de formatação Formatação Formatar como Estitos de Inseri Excluir Formatar $\checkmark$ Pincel de formatação Formatação Formatar como Estitos de Inseri Excluir Formatar $\checkmark$ Pincel de formatação Formatar como Estitos de Inseri Excluir Formatar $\checkmark$ Pincel de formatação Formatar como Estitos de Inseri Excluir Formatar $\checkmark$ Pincel de formatação Formatar como Estitos de Inseri Excluir Formatar $\checkmark$ Pincel de formatação Formatar como Estitos de Inseri Excluir Formatar $\checkmark$ Pincel de formatação Formatar como Estitos de Inseri Excluir Formatar $\checkmark$ Pincel de formatação Formatar como Estitos de Inseri Excluir Formatar $\checkmark$ Pincel de formatação Formatar como Estitos de Inseri Excluir Formatar $\checkmark$ Pincel de formatar como Estitos de Inseri Excluir Formatar $\checkmark$ Pincel de formatar como Estitos de Inseri Excluir Formatar $\land$ Pincel de Formatar como Estitos de Inseri Excluir Formatar $\land$ Pincel de Formatar como Estitos de Inseri Excluir Formatar $\land$ Pincel de Formatar como Estitos de Inseri Excluir Formatar $\land$ Pincel de Formatar como Estitos de Inseri Excluir Formatar $\land$ Pincel de Formatar como Estitos de Inseri Excluir Formatar $\land$ Pincel de Formatar como Estitos de Inseri Excluir Formatar $\land$ Pincel de Formatar como Estitos de Inseri Excluir Formatar $\land$ Pincel de Formatar como Estitos de Inseri Excluir Formatar $\land$ Pincel de Formatar como Estitos de Inseri Excluir Formatar $\land$ Pincel de Formatar como Estitos de Inseri Excluir Formatar $\land$ Pincel de Formatar Celular $\land$ Pincel de Formatar Celular $\land$ Pincel de Formatar $\land$ Pincel de Formatar	
Área de Transferência 6 Fonte 6 Alinhamento 6 Número 6 Estilo Células Edição	^
$\ A \lor X\  = [A \lor X] = [A \lor X]$	*
A B C D E F G H I J K L M N O P Q R	S 🔺
1 Nome da tarefa Duração Material Mão de Obra 1.440.000,00	
2 60% 40%	
3 R\$ 12.960,00 R\$ 8.640,00	
4 Montagem do canteiro R\$ 12.960,00 R\$ 8.640,00 2%	
5 Infraestrutura 30 dias R\$ 79.842,34 R\$ 57.008,41 10%	
6 Sapatas - B1 6 dias R\$ 23.887,22 R\$ 15.924,81	
7 Sapatas - B2 6 dias R\$ 19.312,78 R\$ 12.875,19	
8 Pilares - B1 6 dias R\$ 1.616,72 R\$ 1.077,81	
9 Pilares - B2 6 dias R\$ 1.406,53 R\$ 937,69	
10 Viga Baldrame - B1 6 dias R\$ 3.697,01 R\$ 5.545,51	
11 Viga Baldrame - B2 6 dias R\$ 2.993,50 R\$ 4.490,25	
12 Laje - B1 - Pav Térreo 6 dias R\$ 14.014,95 R\$ 8.408,97	
13 Laje - B2 - Pav Térreo 6 dias R\$ 12.913,62 R\$ 7.748,17	
14 Superestrutura 52 dias R\$156.692,41 R\$ 96.878,99 18%	
15 Pilares - B1 - Pav Térreo 6 dias R\$ 2.885,77 R\$ 1.923,85	
16 Pilares - B2 - Pav Térreo 6 dias R\$ 2.510,74 R\$ 1.673,83	
17 Vigas - B1 - Pav Superior 6 dias R\$ 6.533,11 R\$ 4.355,41	
18 Laje - B1 - Pav Superior 6 dias R\$ 14.590,81 R\$ 8.754,48	
19 Vigas - B2 - Pav Superior 6 dias R\$ 6.151,61 R\$ 4.101,07	
20 Laje - B2 - Pav Superior 6 dias R\$ 15.101,88 R\$ 9.061,13	
21 Escada B1 - Pav Térreo 3 dias R\$ 1.650,00 R\$ 1.100,00	
22 Escada B2 - Pav Térreo 3 dias R\$ 1.650,00 R\$ 1.100,00	
23 Pilares - B1 - Pav Superior 6 dias R\$ 2.546,01 R\$ 1.697,34	
24 Pilares - B2 - Pav Superior 6 dias R\$ 2.215,61 R\$ 1.477,08	
25 Vigas - B1 - Pav Terraço 6 dias R\$ 5.842,80 R\$ 3.895,20	
26 Laje - B1 - Pav Terraço 6 dias R\$ 13.057,59 R\$ 7.834,55	
27 Vigas - B2 - Pav Terraço 6 dias R\$ 5.492,25 R\$ 3.661,50	
28 Laje - B2 - Pav Terraço 6 dias R\$ 13.374,31 R\$ 8.024,58	
29 Escada B1 - Pav Superior 3 dias R\$ 1.650,00 R\$ 1.100,00	
30 Escada B2 - Pav Superior 3 dias R\$ 1.650,00 R\$ 1.100,00	-
🗘 Plan2 Plan1 Lajes - Todas   Fundação Sapatas B1   Fundação Sapata B2   Fundação Viga Bal. B1   Fundação Viga Bal. B2   Pilares B1   Pilares E 🛞 : 4	Þ
PRONTO III III	<b>+</b> 100%

Figura 72: Tabela de custos estimados da obra no Microsoft Excel.

Então, com os dados de custo de material e mão de obra de cada atividade, foram digitados manualmente em cada atividade da ferramenta *Time Liner* software Navisworks – Autodesk, conforme figura 73.

		igara / c		iaiação			Dina		intente /	nne L		0.144		7.0000		
N-				Autodesk Navisworks	Manage 2019 (	STUDENT VERSI	ION) Planeja	imento 4D_A	Amendoeiras.nwd	► Dig	pite palavra-chave	e ou frase	AB 😤 🛧 🚨 '	11.01807-0 - 🔚	<b>?</b> -	o ×
Ho	ome Viewpoint	Review Animati	on View	Output Item Too	BIM 360	Render										<b>.</b> .
	😂 Refresh				Find Items				P Links	° d		FE 🛛	Autodesk Rendering	Representation Prof	iler	1-
-+	P Recet All	K [0]	03		ick Find 🛛 🔿		<u> </u>	00	Cuick Properties	ر کی		e a	Animator	At Batch Utility		500
Append	Keset All	Select Save	Select	Select Selection		Hide Require	e Hide	Unhide	-q- calcerroperces	Clash Ti	imeLiner Quant	ification 🎽	P	Be butch buildy	DataTools	App Manager
	L File Options	Selection	All	Same Tree [6	jSets ▼ 4@		Unselected	All	Properties	Detective		72	Scripter	Compare		
Pr	roject 💌		Select	& Search 🔻			Visibility		Display				Tools	5		
Selection Thee																
imeLiner																×
Tasks Data	Sources Configure	Simulate														
Add Task	· 🚰 🚧 · 😽	Attach •			₩•		Zoc	om:								
Active	Name	sta Sta	atus Planne	ed Start Planned End	Actual Start	Actual End	Task Type	Attaci	red Total Cost	Material Cost	Labor Cost	Qtr 1, 201 fevereiro	l8 man	Qt	r 2, 2018 ah	d
	Infraestrutura		04/01/2	2018 03/02/2018	N/A	N/A	Construct		159.476,00	92.968,00	66.508,00		110	70		^
	Sapatas - B1		04/01/2	2018 10/01/2018	N/A	N/A	Construct	Custom Se	arch 46.447,00	27.868,00	18.579,00					
• 🗹	Sapatas - 8-2		10/01/	2018 16/01/2018	N/A	N/A	Construct	Custom Se	arch 37.372,00	22.351,00	15.021,00					
	Pilares - B1		10/01/.	2018 16/01/2018	N/A	N/A	Construct	Custom Se	arch 3.143,00	1.886,00	1.257,00					
	Pilares - B2		16/01/2	2018 22/01/2018	N/A	N/A	Construct	Custom Se	arch 2.735,00	1.641,00	1.094,00					
	viga Baktrame - E	2	22/01/	2016 22/01/2018	NIA	N/A	Construct	Custom Se	arch 8,730,00	4.313/00	6.470,00					
	I ate - B1 - Pav T	érreo	22/01/	2018 28/01/2018	N/A	N/A	Construct	Custom Se	arch 26.161.00	16.351.00	9,810,00					~
<	2010 04 1.04 1								EV- 10 1/00	10.00100	>	<				>

Figura 73: Simulação do modelo 5D na ferramenta Time Liner do Navisworks – Autodesk.

Fonte: Autoral, 2019.

Por fim, obtivemos a simulação do modelo 5D dentro da mesma ferramenta. Na figura 74, é possível observar o custo da obra acumulado das etapas já executadas na animação 5D, no canto superior esquerdo da tela, em R\$ 390.648,33 (trezentos e noventa mil, seiscentos e quarenta e oito reais, e trinta e três centavos). Reiterando, que as paredes em verde translucido também estão sendo consideradas neste valor, conforme o percentual executado na data do dia 10/03/2018, pois as imagens em verde, mostram as atividades em execução no momento da animação.



# Fonte: Autoral, 2019.

Sendo o custo estimado em R\$ 1.477.720,00 (um milhão, quatrocentos e setenta e sete mil, setecentos e vinte reais), conforme figura 75.



Fonte: Autoral, 2019.

# 5.6 **RESULTADOS E ANÁLISES**

## 5.6.1 MODELO 3D

Realizamos uma análise crítica do projeto durante a execução de cada modelo 3D das disciplinas de arquitetura e estrutura, para que as inconsistências fossem levantadas também durante o processo, e não apenas após a compatibilização.

A primeira inconsistência de projeto observada se refere as paredes interiores das unidades residenciais (paredes com hachuras na cor amarelo) com espessura de 10 cm, conforme figura 76.

Para entender esta questão, é importante reiterar que, para a criação das famílias foram averiguadas as seguintes informações: (i) espessura da parede em projeto CAD 2D, (ii) material de vedação em lista de quantitativos da Construtora e (iii) descrição dos acabamentos em Memorial Descritivo do Projeto.



Figura 76: Planta de Arquitetura do Térreo.

Fonte: Fornecido pela Construtora, 2019.

Durante a criação destas famílias, observou-se, que o material contratado para todas as paredes, no caso bloco cerâmico, não atenderia a espessura necessária de projeto para que o empreendimento atendesse as medidas alocadas no projeto. Decidimos, então que para o modelo, essas paredes seriam executas em *drywall* (paredes com hachuras em verde), conforme figura 77.



Figura 77: Planta do Modelo de Arquitetura do Térreo.

O impacto desta não observância na obra é (i) impacto no custo, posto a diferença entre os valores dos dois métodos de fechamento (ii) impacto no cronograma, visto que a execução das paredes em *drywall* é um processo mais rápido, quando comparado a execução das alvenarias, mais chapisco, mais emboço, e (iii) a diminuição do tamanho dos ambientes que pode acarretar na desvalorização do imóvel para a venda.

Na reunião de apresentação do estudo para a construtora, a resposta referente a esta questão foi que a obra foi executada em bloco cerâmico com espessura de 9 cm e que é muito provável que as medidas do projeto arquitetônico não foram atendidas como o estudo previu.

A segunda inconsistência se refere ao projeto de estrutura, no qual não foi possível observar durante a execução do modelo 3D do mesmo, e sim, após a compatibilização com o modelo 3D de arquitetura. Na figura 78, é possível verificar que algumas varandas possuem vigas de fechamento frontal e outras não.



#### Figura 78: Vista 3D do Modelo de Arquitetura.

Fonte: Autoral, 2019.

Essa questão foi verificada no projeto executivo estrutural, que aponta que esta foi uma decisão do projetista, conforme figura 79, nas lajes L21 e L47.



Figura 79: Planta de Estrutura do Pavimento Superior.

Fonte: Fornecida pela Construtora, 2019.

O impacto desta não observância na obra é (i) impacto no custo, no caso da construtora optasse por executar durante a obra haveria adição de custo de material e mão de obra, bem como o revestimento destas vigas, (ii) impacto no cronograma, visto que, a execução destas vigas não estariam consideradas no cronograma inicial.

Na reunião de apresentação do estudo para a construtora, a resposta referente a esta questão foi que optaram durante a execução por manter todas as lajes das varandas em balanço, sem as vigas.

A terceira inconsistência, aconteceu propositalmente durante a modelagem para demonstrar erro de interpretação de projeto, bem comum nas obras, que se não observadas podem gerar previsões erradas de custo e prazo da obra.

Consideremos a situação hipotética em que uma construtora, contrata todos os projetos em CAD 2D, mas decide alocar uma equipe interna para transformar essas informações em modelos 3D, 4D e 5D com o objetivo de melhorar o planejamento e gerenciamento da obra.

Na leitura dos projetos de fundação, o responsável pela modelagem erra a altura dos pilares para uma medida maior que a solicitada em projeto, conforme pode-se observar na figura 80.



Figura 80: Vista de elevação do modelo de estrutura

Fonte: Autoral, 2019.

Enquanto os pilares deveriam ter 45 centímetros de altura, conforme figura 81 eles foram modelados com 1,90 metros.



Figura 81: Projeto de detalhamento dos pilares e arranques da fundação.

Fonte: Fornecido pela construtora, 2019.

O impacto desta não observância na obra pode acarretar (i) num acréscimo considerável de custo no planejamento do orçamento e (ii) na solicitação errada da quantidade do material para execução desta etapa.

Na reunião de apresentação do estudo para a construtora, a resposta referente a esta questão foi que os erros de interpretação de projeto são os que geram mais prejuízos de custo e prazos durante a obras, visto que as vezes é necessário até o refazimento de alguns serviços e com o modelo 3D este tipo de erro, considerando a execução da modelagem não passaria despercebidos os olhos dos gerenciadores das obras.

Posto isto, o único ponto negativo referente aos processos de modelagem, criando separadamente um projeto para estrutura e outro para arquitetura. E que, apesar de atender ao objetivo geral do projeto, o processo de transferência via *Link Revit*, com posterior desvinculação de ambos, faz com que a estrutura presente na arquitetura perca toda a comunicação com o arquivo original de estrutura. Sendo assim, se houver qualquer atualização no modelo estrutural, ele não será reconhecido no modelo de arquitetura, sendo necessário realizar a mesma alteração nos dois modelos.

#### 5.6.2 MODELO 4D

A execução do modelo 4D permitiu a interpretação correta do sequenciamento das atividades de uma forma mais intuitiva.

Outro ponto positivo, foi a realização de um modelo com *LOD* 350, ou seja, a modelagem mais avançada permitiu a distribuição das atividades do cronograma de maneira mais próxima da realidade, ou seja, uma análise mais real da execução da obra.

Uma exceção considerada crítica pela equipe se refere ao sequenciamento das atividades das paredes, visto que o modelo 3D até permite separar as camadas bloco cerâmico, revestimentos e acabamentos, o nome desta parede é parede cebola, no entanto, as portas e janelas não entendem que todas as camadas se referem ao hospedeiro parede, e se ajustam e encaixam apenas no bloco, o que gera um erro de execução. Portanto a animação das paredes está errada se comparado a realidade, pois ela é executada com todas as camadas de uma única vez na execução da alvenaria.

Um problema que surgiu durante a execução do 4D é que todos os erros de modelagem verificados depois que o modelo 3D já estava transferido para o Navisworks – Autodesk, geraram retrabalho de todas atividades executadas dentro do Navisworks – Autodesk, pois a equipe não soube atualizar a correção, sem transferir todos itens em duplicidade, tendo que abrir um novo arquivo e separar todos os *Sets* desde o início novamente.

#### 5.6.3 MODELO 5D

O modelo 5D da forma que foi executado no estudo de caso permitiu destacar dois resultados no que se refere ao processo de obtenção de informação e qualidade da mesma.

O ponto negativo a se destacar é que a execução híbrida do modelo 5D no Navisworks – Autodesk, permitiu apenas análises em escala macro, pois quem recebe o custo é a etapa do cronograma e não o elemento que compõe esta etapa, sendo que a atualização do modelo 3D leva a uma sequência de atividades interoperáveis, porém não automaticamente, pois envolve uma série de softwares, o que pode levar a alguns equívocos nas análises do custo ao longo do processo.

O ponto positivo para o orçamento dentro da modelagem *BIM* se refere a extração do quantitativo do modelo 3D, quando comparado ao processo tradicional. Pois foi um processo extremamente fácil e aparentemente mais preciso, considerando que análises comparativas em relação ao levantamento do material da construtora não foram feitas no estudo de caso. Isso porque, a previsão das interferências e inconsistências são antecipadas na etapa de execução do modelo, gerando uma informação com menos interferência humana.

O modelo 5D ideal, conforme nosso entendimento, baseado na literatura estudada no capítulo 3, é a atribuição do custo de execução de cada elemento da obra ao modelo 3D, para que, quando houver qualquer alteração do escopo da obra, esse custo seja automaticamente atualizado para a análise dos envolvidos no empreendimento.

No entanto, ao longo do trabalho, com os softwares da Autodesk que nos foram disponibilizados pela instituição de ensino para execução da metodologia *BIM* encontramos algumas barreiras técnicas para aplicação da maneira que correspondesse às nossas expectativas.

Optamos pelo modelo "5D híbrido", validado pelos autores Eastman et al. (2011), pois entendemos, a partir da conversa com a Construtora Racional, que a colocação do custo da forma que o Revit – Autodesk permite é muito trabalhosa para o departamento de compras e simplista quanto ao campo de informação, pois não permite associar a este valor informações importantes, tal como, a composição separada de cada parte do custo, quem está fornecendo este custo, informações sobre impostos, etc.

# 5.7 FEEDBACK DA CONSTRUTORA

A apresentação do estudo foi realizada na sede da construtora com a participação dos dois sócios da empresa, com foco nos seguintes tópicos: (i) Contextualização do modelo CAD 2D x modelo *BIM*; (ii) fluxo do processo de cada respectivo modelo; (iii) níveis de desenvolvimento no modelo *BIM* e a aplicabilidade de cada nível no processo desde a concepção do projeto

arquitetônico até a execução de obra; (iv) objetivo do estudo; (v) resultados da aplicação do modelo *BIM* num projeto realizado pela construtora abordando algumas inconsistências encontradas no projeto CAD 2D através da análise visual do projeto e do *clash detective*, bem como o impacto destas inconsistências no projeto final, no custo e no prazo de execução; (vi) proposta de implantação do modelo *BIM* com dimensionamento de recursos necessários.

Os sócios da construtora ponderaram os principais pontos positivos e alguns pontos de atenção da utilização do modelo *BIM versus* o modelo CAD 2D.

De um lado, como pontos positivos: (i) capacidade de compatibilização de todas as disciplinas e a possibilidade de visualizar as inconsistências num único modelo com tempo hábil de realizar as modificações em etapa de planejamento, pois no atual modelo, estas alterações, na maioria das vezes, é detectada durante a execução no campo; (ii) redução significativa de trabalho diante das alterações de projeto a partir do modelo integrado; (iii) possibilidade de simulações de impacto financeiro diante de alterações de escopo do projeto com o 5D integrado tornando a tomada de decisão mais ágil e eficiente; (iv) maior parcela de tempo alocada na etapa de planejamento possibilita uma execução de obra mais programada, minimizando eventuais riscos, desperdícios de materiais e melhor negociação dos suprimentos.

De outro lado, a construtora ponderou alguns pontos de atenção diante da implantação do modelo, como: (i) dificuldade de contratação de todas as disciplinas em *BIM* na região, o que levaria ao desenvolvimento de novas parcerias fora do litoral; (ii) investimento em capacitação de pessoas para obtenção de conhecimento e domínio nas ferramentas, visto que o mercado em sua maioria atua no modelo tradicional CAD; (iii) capacidade de gerir o modelo do início ao fim, ou seja, desde a contratação das disciplinas até a execução da obra.

No entendimento da construtora, a curva de aprendizado da empresa para atuação no modelo BIM seria mais suavizada se aplicado em obras de pequeno porte, pois teriam mais tempo para estruturar e alcançar a maturidade nos processos diante de obras menos complexas tecnicamente.

### 5.8 PROPOSTA DE MAPEAMENTO DOS PROCESSOS

Propomos a criação de uma EAP (Estrutura Analítica de Projetos) descrevendo todas as etapas das disciplinas envolvidas, bem como a montagem de uma equipe com duas pessoas, uma para receber os modelos de todas as disciplinas contratadas externamente e para monitorar as incompatibilizações dentro dos *Worksets* (ambientes de trabalho de cada disciplina) e a outra para gerenciamento do 4D e 5D. Estes dois colaboradores poderiam ser um arquiteto com experiência em compatibilização de projetos e em softwares de modelagem 3D e um engenheiro de planejamento de obra, com experiência em metodologia BIM, ambos, com média nacional de salário de R\$ 4.499,00 e R\$ 7.373,00, respectivamente. Também é necessário a compra da licença anual dos softwares *Revit Autodesk* e *Navisworks Manage*, com custo anual de R\$ 9.934,00, ambos.

# 6 CONCLUSÃO

Este estudo permitiu desenvolver a visualização tridimensional dos processos de compatibilização e planejamento da obra, o que gerou uma melhor previsibilidade dos eventuais erros entre as disciplinas envolvidas no empreendimento, bem como, a antecipação das inconsistências construtivas geralmente percebidas na fase de execução da obra, que acontecem quando a equipe responsável pelo projeto tem menor capacidade de resolução, sem alteração significativa do custo da obra.

Além do impacto no custo da obra, é importante ressaltar que esta antecipação dos problemas de projeto também gera impacto no prazo e na qualidade da obra, visto que, desta nova forma de atuação, através da metodologia BIM, evita-se retrabalhos construtivos, que atrapalham o andamento e o resultado final da obra, principalmente quanto a questão da qualidade.

A execução do modelo 4D permitiu a interpretação correta do sequenciamento das atividades de uma forma mais intuitiva, ou seja, democratizando o entendimento dos processos de planejamento da obra de forma que todos os envolvidos na obra passam a compartilhar o modo como todas as atividades se relacionam através da animação virtual.

Quanto ao 5D, o modelo tridimensional permite um acompanhamento do custo de forma macro, o que permite análises de custo total de etapas mais facilmente, porém o maior ganho se refere a extração do quantitativo do modelo 3D, quando comparado ao processo tradicional, se mostrou um processo mais rápido, fácil e preciso.

No entanto, observou-se que a utilização da metodologia é complexa no sentindo de que as ferramentas disponíveis (softwares) geram dificuldades para o usuário na aplicação considerada ideal do BIM, partindo do princípio da interoperabilidade, ou seja, da transferência de informações entre os softwares.

Por fim, o grupo acredita que por se tratar de obra de pequeno porte, na qual a tomada de decisão é mais simples, por envolver menos pessoas do que em uma grande empresa, e pelo custo de implantação também ser menor devido à equipe reduzida, sugere-se que a

implantação do BIM também seja mais simples e menos custosa. Permitindo a democratização da metodologia proposta neste trabalho de pesquisa.

Sendo assim, acreditamos que a modelagem *BIM* é capaz de ser aplicada em obras de pequeno porte, em que a execução dentro de custo, prazo e qualidade ideais sejam as principais premissas dos construtores para o alcance da produtividade, qualidade e do resultado financeiro mais positivo.

# REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **BIM na Quantificação,** orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Brasília, p. 22. 2017. (CDU 624 CDD620).

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Processo de projeto BIM: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC**. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Brasília, p. 82. 2017. (CDU 624 CDD 620).

AUTODESK INC. Autodesk. **Autodesk**, 2019. Disponivel em: <a href="https://www.autodesk.com.br/products/navisworks/features">https://www.autodesk.com.br/products/navisworks/features</a>. Acesso em: 4 jun 2019.

AZEVEDO, O. J. M. D. Metodologia BIM - Building Information Modeling na Direcção Técnica de Obras. Universidade do Minho. Braga, p. 114. 2009.

BARBOSA, A. C. M. A Metodologia BIM 4D e BIM 5D aplicada a um caso prático Construção de uma ETAR na Argélia. Instituto Superior de Engenharia do Porto. Porto, p. 180. 2014. (1080176).

BEDRICK, J. Organizing the Development of a Building Information Model. **AECbytes**, p. 4, Ago 2008.

BIOTTO, C. N.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. Uso de modelagem 4D e Building Information Modeling na gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 79-96, abr 2015. ISSN ISSN 1678-8621.

BORGES, R. M. S. et al. Análise da Interação entre os usos do BIM e os princípios de Lean **Construction em um estudo de caso**. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Porto Alegre. 2018.

BRITO , D. M. D.; FERREIRA, E. D. A. M. Avaliação de estratégias para representação e análise do planejamento e. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 203-223, out./dez. 2015. ISSN ISSN 1678-8621.

BUILDINGSMART INTERNATIONAL. buildingSMART.org. **buildingSMART**, 2019. Disponivel em: <a href="https://www.buildingsmart.org/about/what-is-openbim/ifc-introduction/">https://www.buildingsmart.org/about/what-is-openbim/ifc-introduction/</a>. Acesso em: 25 maio 2019.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Caixa Econômica Federal. **Caixa Econômica Federal**, 2019. Disponivel em: <a href="http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx">http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx</a>. Acesso em: 22 maio 2019.

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM:** Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. 1. ed. Porto Alegre - RS: Bookman Editora Ltda., v. único, 2014.

GALLAHER, M. P. et al. **Cost analysis of inadequate interoperability in the u.s. capital facilities industry**. National Institute of Standards and Technology. Gaithersburg, Maryland, USA, p. 210. 2004. (NIST GCR 04-867).

GIL, C. A. Como elaborar projetos de pesquisa. 6. ed. São Paulo: Atlas, v. único, 2017.

KAMARDEEN, I. **8D BIM modelling tool for accident prevention through design**. Association of Researchers in Construction Management. Leeds, p. 281-289. 2010.

KOO, B.; FISCHER, M. A. Feasibility Study of 4D CAD in Commercial Construction. Standord University. Stanford, p. 135. 1998. (118).

LEUSIN, S. R. Gerenciamento e Coordenação de Projetos BIM. 1. ed. São Paulo - SP: Elservier Editora, v. único, 2018.

MATTEI, P. L. D. R. **BIM e a informação no subsetor de edificações da Indústria da Construção Civil**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 67. 2008.

MATTOS, A. D. Planejamento e Controle de Obras. 1. ed. São Paulo: Pini, v. único, 2010.

MCKINSEY & COMPANY. **The construction produtivity imperative**. McKinsey & Company. Nova York, USA, p. 10. 2015.

MOREIRA, M.; BERNARDES, S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 310. 2001.

NASCIMENTO, D. D. M. et al. Synergy between Principles of Lean Thinking and BIM Functionalities in Interdisciplinarity of Management in Industrial Plants. Journal of Lean Systems, v. 2, n. 4, p. 80-108, 2017.

SACKS, R. et al. Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. **Journal** of Construction Engineering and Management, set 2010.

SAKAMORI, M. M. Modelagem 5d (BIM) - Processo De Orçamentação Com Estudo Sobre Controle De Custos E Valor Agregado Para Empreendimentos De Construção Civil. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, p. 180. 2015. (CDD: 692.50113).

SHEN, Z.; ISSA, R. R. A. QUANTITATIVE EVALUATION OF THE BIM-ASSISTED CONSTRUCTION DETAILED COST ESTIMATES. Journal of Information Technology in Construction, Lincoln, v. 15, p. 234-257, março 2010. ISSN ISSN 1874-4753.