

ANNA CAROLINA BRITO MENDES

Estudo aprofundado sobre o formato universal para troca de informações BIM IFC:
estrutura do IFC para BIM 4D – planejamento e controle

Guaratinguetá

2016

ANNA CAROLINA BRITO MENDES

Estudo aprofundado sobre o formato universal para troca de informações BIM IFC:
estrutura do IFC para BIM 4D – planejamento e controle

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. Dra. Márcia Regina de Freitas

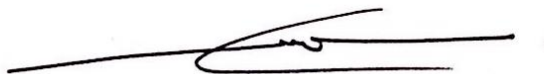
Guaratinguetá
2016

M538e	Mendes, Anna Carolina Brito Estudo aprofundado sobre o formato universal para troca de informações BIM IFC : estrutura do IFC para BIM 4D – planejamento e controle / Anna Carolina Brito Mendes – Guaratinguetá, 2016. 117 f. : il. Bibliografia : f. 105-109 Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016. Orientador: Profª. Drª. Márcia Regina de Freitas 1. Software - desenvolvimento. 2. Administração de projetos. 3. Construção civil. I. Título CDU 69
-------	---

ANNA CAROLINA BRITO MENDES

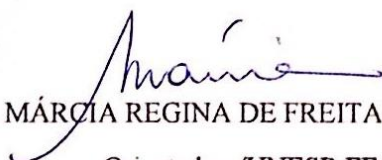
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



Prof. Dr. ENOS ARNEIRO NOGUEIRA SILVA
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dra. MÁRCIA REGINA DE FREITAS
Orientadora/UNESP-FEG



Prof. ALUIZIO DE FRANÇA PEREIRA NETO
UNESP-FEG



Prof. Ms. FERNANDA VIERNO DE MOURA
UNESP-FEG

Novembro de 2016

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, autor de tudo, por todas as bênçãos e graças, os desafios, acertos e erros, as facilidades e dificuldades postas em meu caminho, de modo a possibilitar que minha vida não perca a graça nem seu sentido. Também à Virgem Maria por toda interseção e proteção que me acompanham desde sempre.

A meus pais, Vitor e Maria Lucia, pela formação que me proporcionaram sem nunca pedir nada em troca. Agradeço por todo amor e carinho, pela educação, paciência, pelos valores e princípios ensinados. Tudo isso me faz tê-los como exemplos a serem seguidos. Também a meus irmãos Paulo Vitor e Luiz Guilherme, pelo apoio e conselhos fundamentais em minha vida.

A minha orientadora Márcia Regina de Freitas, pela disponibilidade e atenção a mim dispensadas. Agradeço pelos conselhos e pelo auxílio dados durante o período de orientação. Sua contribuição foi de extrema importância na realização deste trabalho.

Aos docentes do Departamento de Engenharia Civil, por todo conhecimento compartilhado, pelas condutas éticas e acadêmicas exemplares e pelo compromisso com o ensino durante os anos de graduação.

Aos funcionários da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, pelo suporte, pela cooperação, presteza e alegria no atendimento.

À empresa DOX Planejamento, Gestão e Desenvolvimento Imobiliário, pelo suporte oferecido. Notadamente, ao Engº Vinicius Honda por toda atenção, solicitude e gentileza em nos auxiliar.

A meus colegas Bruno e Julia, por caminharem junto comigo no desenvolvimento deste trabalho. Agradeço pela ajuda e parceria a cada passo dado, que foram fundamentais para chegarmos juntos até aqui.

Aos amigos que fiz ao longo dos anos de graduação, que me ensinaram que a grandeza da vida vai além de um diploma.

Por fim, agradeço a todas as outras pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho e que não foram citadas aqui. Todos tiveram um papel muito importante no meu desenvolvimento.

Todas as vitórias ocultam uma abdicação.

(Simone de Beauvoir)

MENDES, A. C. B. **Estudo aprofundado sobre o formato universal para troca de informações BIM IFC: estrutura do IFC para BIM 4D – planejamento e controle** 2016. 117 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

RESUMO

O setor da Construção Civil, ao longo das últimas décadas, apresentou evoluções importantes em seus métodos e tecnologias utilizados. Uma destas mudanças foi o desenvolvimento de *softwares* para elaboração de projetos técnicos, o que, até a década de 1980, era um trabalho essencialmente manual. Atualmente, os *softwares* existentes no mercado permitem a elaboração de projetos 3D nos mais diversos domínios: arquitetônico, estrutural, hidráulico, elétrico etc. No entanto, a integração de projetos ainda é falha. O conceito *Building Information Modeling* (BIM) busca criar um único modelo representativo central dos processos, que contemple todas as informações de um projeto, a fim de promover a desejada integração e facilitar a comunicação entre os diversos intervenientes de um projeto. O formato IFC (*Industry Foundation Classes*) vem complementar essa idéia e serve como ferramenta de interoperabilidade entre *softwares* tridimensionais, possibilitando o intercâmbio de dados. O objetivo deste trabalho é a compreensão da estrutura do IFC, descrevendo sua estrutura voltada ao planejamento e controle de projetos, isto é, ao BIM 4D. Através da análise de um arquivo IFC gerado por um *software* BIM 4D (Synchro Professional), as entidades IFC ligadas ao planejamento e controle foram identificadas, e seu comportamento e relacionamento foram estudados, principalmente no que tange ao armazenamento das informações ligadas ao 4D. A empresa “DOX Planejamento Gestão e Desenvolvimento Imobiliário” foi parceira na realização deste trabalho, fornecendo modelos para estudo e disponibilizando seus *softwares* para modelagem e análises de arquivos IFC. A importância deste trabalho reside no fato de que ele poderá trazer novos conhecimentos a respeito deste formato de arquivo ainda pouco difundido no Brasil, além de inspirar novas pesquisas e estudos. Embora existam lacunas a ser preenchidas e melhorias a serem feitas na linguagem, o foco deste trabalho é compreender o que já foi desenvolvido até agora e esclarecer o funcionamento deste formato de arquivo para *softwares* BIM, aperfeiçoando sua aplicação na Engenharia Civil.

PALAVRAS-CHAVE: *Building Information Modeling*. BIM 4D. Interoperabilidade. *Industry Foundation Classes*. IFC.

MENDES, A. C. B. **Detailed study about IFC universal file format for the exchange of BIM information:** IFC's structure for BIM 4D – planning and control. 2016. 117 f. Graduate Work (Graduate in Civil Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

ABSTRACT

The Civil Construction sector, during the last decades, underwent a lot of major evolutions among its methods and technologies. One of these changes was the development of *software* for technical projects, which, until 1980, was an essentially manual work. Nowadays, there are *software* in the market that allows you to make 3D project in many domains: architecture, structure, hydraulic, electric etc. However, the project integration is still missing. BIM (Building Information Modelling) tries to create a single integrated model which is capable of representing all the process of a construction and contains all the project information, in order to promote the wanted integration and to facilitate the communication between all the project actors. The IFC file format (Industry Foundation Classes) comes in addition of this idea and serves as an interoperability tool between three-dimensional *software*, making possible the data exchange. The objective of this work is the comprehension IFC's structure, through the description of its architecture applied to the planning and control, which is called BIM 4D. Through the analyse of and IFC file generated by a BIM 4D *software* (Synchro Professional), the entities IFC related to the planning and control were identified, and their behavior and relations were studied, mainly in relation to 4D informations The importance of this work is in the fact that it can bring new knowledges of this file format still not much defined in Brazil, and also inspire new researches and studies. The company “DOX Planejamento Gestão e Desenvolvimento Imobiliário” was a partner in the achievement of this work, providing models for study and making possible to use its *software* to model and analyse the IFC files. Although it exists some gaps still not filled and ameliorations to be done in the language, the main subject of this work is to understand what was realised until now and clarify the operation of this file format for the BIM *software*, improving its application in Civil Engineering.

KEYWORDS: *Building Information Modelling. BIM 4D. Interoperability. Industry Foundation Classes. IFC.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Funções e subfunções do processo produtivo da Construção Civil.....	18
Figura 2: Métodos AON e AOA	25
Figura 3: Fases do ciclo de vida de um empreendimento	28
Figura 4: Troca de informação no método tradicional e com o IPD	29
Figura 5: Inserção do BIM no mundo	32
Figura 6: Inserção do BIM no Brasil.....	32
Figura 7: LOD (<i>Level of Development</i>).....	42
Figura 8: Três conceitos da tecnologia buildingSMART.....	44
Figura 9: Versões IFC lançadas ao longo dos anos.....	46
Figura 10: Esquema da estrutura do IFC segundo buildingSMART	48
Figura 11: Modelo em Revit	59
Figura 12: Inserção de pilares 25x50 cm	60
Figura 13: Inserção de vigas 50x50 cm.....	60
Figura 14: Inserção de vigas 25x60 cm.....	61
Figura 15: Inserção de lajes.....	61
Figura 16: Janela de exportação do Revit	62
Figura 17: Cronograma desenvolvido no Ms Project.....	63
Figura 18: Salvando um projeto no Ms Project.....	64
Figura 19: Importando um arquivo IFC no <i>software</i> Synchro	65
Figura 20: Opções de importação de arquivo IFC no Synchro	65
Figura 21: Processo de importação de arquivo IFC no Synchro	66
Figura 22: Modelo em formato IFC importado no Synchro	67
Figura 23: Identificação de Objetos 3D	67
Figura 24: Importando um cronograma do Project no <i>software</i> Synchro	68
Figura 25: Opções de importação de arquivo do Ms Project no Synchro.....	69
Figura 26: Processo de importação de arquivo XML no Synchro	69
Figura 27: Cronograma em formato XML importado no Synchro	70
Figura 28: Dados externos importados no <i>software</i> Synchro	70
Figura 29: Criando Recursos no Synchro	72
Figura 30: Atribuindo Objetos a um novo Recurso	72
Figura 31: Detalhes de Recurso	73
Figura 32: Criação de Recursos	74

Figura 33: Recurso criado	74
Figura 34: Criação de Recurso para vigas.....	75
Figura 35: Criação de Recurso para lajes.....	76
Figura 36: Lista de Recursos criados	77
Figura 37: Perfis de Aparência de Recurso	78
Figura 38: Perfis de Aparência <i>default</i> do Synchrono	79
Figura 39: Criando um perfil de Aparência no Synchrono	80
Figura 40: Configurações de um Perfil de Aparência	80
Figura 41: Perfis de Aparência criados	81
Figura 42: Associando um Recurso a uma atividade do cronograma	82
Figura 43: Criando Linha de Base no Synchrono	83
Figura 44: Inserção de novas datas no Synchrono	84
Figura 45: Vista 3D “Planejado x Executado”	84
Figura 46: Menu “Animações” do Synchrono	85
Figura 47: Definindo os intervalos de tempo na simulação do Synchrono.....	86
Figura 48: Posicionamento da câmera na simulação do Synchrono (Quadros).....	86
Figura 49: Configurações de simulação no Synchrono.....	86
Figura 50: Exportando uma simulação do Synchrono em formato AVI.....	87
Figura 51: Configurando resolução de simulação exportada em AVI.....	87
Figura 52: Configurações do conteúdo exportado em simulação do Synchrono	88
Figura 53: Seleção de imagem para plano de fundo de simulação no Synchrono	89
Figura 54: <i>Layout</i> final da simulação no Synchrono.....	89
Figura 55: <i>Status</i> do processo de exportação de simulação em formato AVI.....	90
Figura 56: Processo de exportação de arquivo IFC.....	90
Figura 57: IfcWorkPlan.....	91
Figura 58: IfcWorkSchedule	92
Figura 59: IfcRelAggregates	93
Figura 60: IfcCalendarDate.....	93
Figura 61: IfcLocalTime	94
Figura 62: IfcDateAndTime	94
Figura 63: IfcTask	95
Figura 64: Atributos de IfcScheduleTimeControl.....	96
Figura 65: IfcScheduleTimeControl.....	96
Figura 66: IfcRelAssignsTasks	97

Figura 67: IfcRelNests 97

Figura 68: IfcRelSequence 98

Figura 69: IfcRelAssignToProcess.....99

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADM	<i>Arrow Diagramming Method</i>
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AOA	<i>Activity On Arrow</i>
AON	<i>Activity On Node</i>
API	<i>Application Program Interface</i>
BIM	<i>Building Information Modeling</i> ou Modelagem da Informação da Construção
BPM	<i>Building Product Model</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CEE	Comissão de Estudo Especial
CPM	<i>Critical Path Method</i>
CSC	<i>Construction Specifications Canada</i>
CSI	<i>Construction Specifications Institute</i>
EAP	Estrutura Analítica de Projeto
EPIC	<i>Electronic Product Information Cooperation</i>
FM	<i>Facility Management</i>
IAI	<i>International Alliance for Interoperability</i>
IDM	<i>Information Delivery Manual</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
IFD	<i>International Framework for Dictionaries</i>
IPD	<i>Integrated Project Delivery</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LOD	<i>Level Of Development</i> ou <i>Level Of Detail</i>
MSG	<i>Model Support Group</i>
MVD	<i>Model View Definition</i>

NWC	<i>Navisworks Cache File</i>
NWD	<i>Navisworks Document File</i>
NWF	<i>Navisworks Set File</i>
PDM	<i>Precedence Diagramming Method</i>
PERT	<i>Program Evaluation and Review Technique</i>
PMBOK	<i>Project Management Body Of Knowledge</i>
PMI	<i>Project Management Institute</i>
ROI	<i>Return On Investment</i>
SDAI	<i>Standard Data Access Interface</i>
STEP	<i>Standard for the Exchange of Product Data</i>
Uniclass	<i>Unified Classification for the Construction Industry</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	15
2.1	OBJETIVOS GERAIS	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3	METODOLOGIA	16
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
4.1	SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL	17
4.1.1	O processo produtivo	17
4.2	O PROJETO COMO EMPREENDIMENTO	19
4.2.1	Ciclo de vida e fases do projeto	20
4.2.2	Gerenciamento de projetos	20
4.2.3	Projetos gráficos	22
4.3	PLANEJAMENTO E CONTROLE DE EMPREENDIMENTOS	23
4.3.1	EAP - Estrutura Analítica de Projetos	23
4.3.2	PERT/CPM - <i>Program Evaluation and Review Technique/Critical Path Method</i>	24
4.3.2.1	Diagrama de rede e caminho crítico	24
4.3.3	Cronograma físico-financeiro	26
4.3.4	Outras ferramentas de gerenciamento de projetos	26
4.4	BUILDING INFORMATION MODELING - BIM	27
4.4.1	A gestão da informação no BIM	28
4.4.2	As funcionalidades do BIM	29
4.4.3	As exigências de BIM no mundo	33
4.4.4	BIM e suas dimensões	33
4.4.5	As bases do BIM	37
4.4.6	<i>Level Of Development - LOD</i>	40
4.5	INDUSTRY FOUNDATION CLASSES - IFC	42
4.5.1	O que é a <i>buildingSMART</i> e a que se destina	42
4.5.2	A troca de dados com o IFC	43
4.5.3	Os três pilares da <i>buildingSMART</i>	44
4.5.4	Evolução do IFC ao longo dos anos	46
5	PROBLEMA: COMO INTEGRAR OS PROJETOS?	47
6	ESTUDO APROFUNDADO DA ESTRUTURA DO ARQUIVO IFC	48
6.1	VISÃO GERAL DA ARQUITETURA DO IFC	48
6.1.1	Camada de recursos	49

6.1.2	Camada de núcleo	49
6.1.3	Camada de interoperabilidade	50
6.1.4	Camada de domínios	50
6.2	SOFTWARES QUE OPERAM EM IFC	51
6.3	SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO DA INFORMAÇÃO	51
6.3.1	Sistema de Classificação OmniClass	51
6.3.2	Sistema de Classificação UniFormat	52
6.3.3	Sistema de Classificação MasterFormat	53
6.3.4	Sistema de classificação Uniclass	54
6.3.5	Sistema de classificação EPIC	54
6.3.6	Sistema brasileiro de classificação – ABNT NBR 15965	55
6.4	SOFTWARES UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DESTE TRABALHO	55
6.4.1	Revit	55
6.4.2	Ms Project	56
6.4.3	Navisworks	57
6.4.4	Synchro Professional	58
6.4.5	IFC Quick Browser	59
6.5	ETAPA DE MODELAGEM	59
6.5.1	Modelagem do projeto no <i>software</i> Revit	59
6.5.2	Criação do cronograma para o projeto com auxílio do Ms Project	62
6.5.3	Importando um modelo 3D no Synchro	64
6.5.4	Importando um cronograma do Ms Project no Synchro	67
6.5.5	Criação de Recursos	71
6.5.6	Criação de Perfis de Aparência	78
6.5.7	Atribuindo um Recurso a uma atividade do cronograma	81
6.5.8	Criando uma simulação 4D no <i>software</i> Synchro	85
6.5.9	Exportação de arquivo em formato IFC	90
6.6	ENTIDADES IFC LIGADAS AO PLANEJAMENTO E CONTROLE (4D)	91
7	COMENTÁRIOS ACERCA DOS RESULTADOS OBTIDOS	100
8	CONCLUSÃO	103
	REFERÊNCIAS	105
	ANEXO I – Grupos de processos do gerenciamento de projetos	110
	ANEXO II – <i>Softwares</i> IFC compatíveis	111
	ANEXO III – Sistema de classificação UniFormat	113
	ANEXO IV – Sistema de classificação MasterFormat	115

1 INTRODUÇÃO

O setor da Construção Civil ainda é caracterizado por sua baixa produtividade, grandes desperdícios e atrasos na entrega de seus produtos finais. É evidente a necessidade do setor de se modernizar, através da adoção de novas tecnologias e métodos que viabilizem seu desenvolvimento, aumentem sua eficiência e diminuam tempo e custos empregados à realização de um empreendimento. Estas melhorias são alcançadas com a melhora no planejamento durante as fases do ciclo de vida de um projeto. O grande volume de projetos, de diferentes autores, faz com que a comunicação entre os intervenientes se torne difícil e, além dela, o intercâmbio de dados também fica comprometido.

O *Building Information Modeling* (BIM) ou, ainda, Modelagem da Informação da Construção, em português, surgiu para solucionar esta questão da integração de projetos, através da proposta de um modelo único, central, integrado e que contenha todas as informações de um empreendimento, passando por todas as fases de seu ciclo de vida, desde a concepção até a operação ou demolição. Uma das premissas do BIM prega a possibilidade, por parte da equipe, de trocar informações livremente. Isso garante a boa comunicação entre os intervenientes de projeto e assegura a integração entre estes autores. A interoperabilidade é entendida como a possibilidade de se trocar informações entre os diferentes *softwares* utilizados na elaboração dos projetos. Em outras palavras, interoperabilidade é o intercâmbio de dados entre diferentes *softwares* da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Para que esta troca de informações seja viável, é necessária a existência de um formato universal de arquivo que viabilize a troca de dados entre diferentes aplicativos sem perda de informações.

O *Industry Foundation Classes* é um modelo de dados extensível e não proprietário que vem sendo desenvolvido pela buildingSMART desde 1997, cujo objetivo é viabilizar a interoperabilidade entre *softwares*, através de uma linguagem padrão entendível por todos eles. Pelo fato de este padrão de informações estar em desenvolvimento, ainda há falhas a se corrigir e hiatos a serem preenchidos, e a buildingSMART possui um grupo de experts (*Model Support Group*) que se dedica a isto.

Este trabalho visa compreender a estrutura do formato de arquivo IFC, assimilando sua hierarquia de dados e o relacionamento existente entre seus elementos. Voltado ao planejamento e controle de projetos, este trabalho identificará as entidades IFC relacionadas ao BIM 4D. A compreensão do funcionamento deste formato de arquivo é fundamental para que sua utilização no setor da AEC seja aperfeiçoada, e para que as empresas da área usufruam dos benefícios trazidos por um padrão universal de dados.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

O objetivo geral deste trabalho é a compreensão da estrutura das informações armazenadas através do padrão IFC, sua hierarquia e a maneira como ocorre o relacionamento entre os elementos deste padrão de dados.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O objetivo específico deste trabalho é a identificação dos parâmetros IFC voltados ao planejamento e controle – isto é, ao BIM 4D – através da análise de um arquivo IFC gerado por um *software* BIM 4D (Synchro Professional). Além disso, este trabalho busca a compreensão do comportamento das entidades deste formato público de intercâmbio de dados e seu relacionamento, principalmente no que tange àquelas relacionadas ao armazenamento de informações ligadas ao planejamento e controle.

3 METODOLOGIA

Este trabalho inicia-se com uma revisão bibliográfica a respeito de alguns temas fundamentais para a compreensão do assunto que será tratado. O leitor será situado no contexto do setor da construção civil brasileiro e compreenderá as maiores dificuldades enfrentadas pelo setor. Em seguida, tópicos importantes de gerenciamento de projetos serão abordados, a fim de que se tome consciência da importância da área para a indústria da AEC. O conceito de BIM (*Building Information Modeling*) é mostrado ao leitor e, juntamente a ele, o IFC (Industry Foundation Classes) é também abordado.

O desenvolvimento do trabalho inicia-se com uma breve explicação a respeito da estrutura do formato IFC e de suas camadas. O relacionamento entre os elementos deste padrão de dados é discutido e, em seguida, passa-se à etapa de modelagem. É importante dizer que, para atingir os objetivos propostos neste trabalho, foi necessário realizar-se a modelagem do projeto a ser estudado. Em outras palavras, foi preciso, primeiramente, gerar o arquivo IFC com informações 4D para, em seguida, estudá-lo. Este arquivo foi gerado atrelando-se um arquivo IFC gerado em Revit com informações 3D a um cronograma feito em Ms Project. O *software* utilizado para as análises 4D foi o Synchro Professional.

Através do estudo do arquivo IFC gerado, foi possível realizar os estudos propostos para este trabalho a fim de obter os resultados desejados. Em seguida, algumas discussões importantes a respeito do tema foram feitas, a fim de que o leitor compreenda a pertinência do tema dentro da Engenharia Civil.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL

O setor de Construção Civil engloba todas as atividades relacionadas à produção de obras. Incluem-se, portanto, nesta área, as atividades relacionadas às funções de planejamento e projeto, execução e manutenção e restauração de obras em diversos domínios, como edificações, portos, aeroportos, estradas, túneis, instalações prediais, obras de saneamento, de fundações e de terra em geral. Excluem-se, porém, as atividades relacionadas às operações de tais sistemas, como a operação e o gerenciamento de sistemas de transportes, a operação de estações de tratamento de água, de barragens etc (CONCIANI et al., 2000).

Cardoso (2013) afirma que o setor da Construção Civil é uma atividade econômica que possui algumas características bastante peculiares que a diferenciam dos demais setores da indústria nacional. A transitoriedade, o desperdício de recursos e a baixa produtividade são características inerentes a este processo produtivo. Suchocki (2016) destaca, ainda, que a baixa produtividade eleva os custos e os riscos da construção, reduzindo o *Return On Investment* (ROI), ou o retorno do que fora investido, em todo ciclo do empreendimento.

4.1.1 O processo produtivo

Conciani et al. (2000) esquematizam o processo produtivo de uma área profissional com base na natureza das atividades que comumente o representam. Baseando-se nesse critério, no processo produtivo da Construção Civil podem ser assinaladas três funções básicas: planejamento e projeto, execução e manutenção.

Na fase de planejamento e projeto, executam-se atividades para o levantamento de informações cadastrais, técnicas e de custos preliminares, que darão subsídios para a elaboração do projeto ou, ainda, comporão o estudo de viabilidade. Ainda nesta fase, desenvolvem-se os projetos arquitetônicos e de instalações, de forma a obter sua forma gráfica adequada e detalhar as informações necessárias à execução da obra. Também aqui estão incluídas as atividades de planejamento da obra, como composição de custos e orçamentos e processos licitatórios e administrativos. A fase de planejamento e projeto abrange, portanto, as atividades ligadas ao diagnóstico da obra, ao desenvolvimento dos projetos técnicos e estudos de viabilidade técnico-

econômica, à emissão de laudos avaliatórios com pareceres técnicos e ao planejamento da obra como um todo.

Na fase de execução, o canteiro de obras é implantado e gerenciado. É feita a locação da obra, executam-se as instalações provisórias, assegura-se o fluxo de insumos para o andamento das atividades, contratam-se trabalhadores, desenvolvem-se treinamentos, fiscaliza-se a execução dos serviços, implantam-se programas de qualidade e apropriam-se custos. A fase de execução engloba, portanto, a dimensão do “fazer”. Isto significa dizer que o empreendimento é transferido do papel para a realidade. Executar a obra envolve inúmeros processos técnicos e de controle da produção e produtividade, pois os sistemas construtivos a serem empregados variam de acordo com as características do projeto e do local onde a obra será executada.

Na fase de manutenção e restauração de obras são realizados: restaurações arquitetônicas e estruturais, reforço de estruturas e reformas em geral. Também estão presentes as atividades de manutenção preventiva de obras. Neste caso, o profissional tem competências similares às da fase de execução, porém cerca-se de sistemas e tecnologias construtivos muito específicos. A fase de manutenção e restauração relaciona-se, portanto, às atividades de recuperação estrutural e arquitetônica, ao reforço de estruturas, às reformas e às obras de manutenção propriamente ditas.

A Figura 1 representa a esquematização do processo produtivo na área de Construção Civil. Nela, são apresentadas as principais funções e suas respectivas subfunções.

Figura 1: Funções e subfunções do processo produtivo da Construção Civil

FUNÇÕES	SUBFUNÇÕES		
<i>PLANEJAMENTO E PROJETO</i>	1.1 - Elaboração de estudos de viabilidade técnico-econômica de empreendimentos, de laudos avaliatórios, de plantas de valores genéricos e pareceres técnicos	1.2 - Elaboração de estudos e projetos técnicos	1.3 - Elaboração de planejamento de obras
<i>EXECUÇÃO</i>	2.1 - Instalação e gerenciamento de canteiro de obras	2.2 - Execução de obras	2.3 - Controle de processos
<i>MANUTENÇÃO E RESTAURAÇÃO</i>	3.1 - Instalação e gerenciamento de canteiro de obras	3.2 - Execução de obras de manutenção e restauração	3.3 - Controle de processos

Fonte: (Adaptado de Conciani, 2000).

4.2 O PROJETO COMO EMPREENDIMENTO

Ao solicitar um projeto, o cliente mostra ao projetista suas necessidades. Dentro de um contexto socioeconômico, expõe os requisitos de seu pedido e, dessa forma, dá ao projetista as informações necessárias a fim de que o projeto realizado seja compatível a sua demanda. Neste caso, quando se diz projeto, a referência é ao projeto gráfico, em papel ou digital. Entretanto, conforme as definições abaixo irão demonstrar, um projeto pode ser entendido em um contexto mais amplo em relação ao empreendimento. Desta forma, é importante enunciar algumas definições a respeito de como se pode entender projeto na Construção Civil.

Projeto é um empreendimento planejado que consiste num conjunto de atividades inter-relacionadas e coordenadas, com o fim de alcançar objetivos específicos dentro dos limites de um orçamento e de um período de tempo dados (PROCHNOW, SCHAFFER, 1999).

Segundo o *Project Management Institute* (PMI), projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. A natureza temporária dos projetos indica que eles têm início e término definidos. O término é atingido quando o objetivo do projeto é alcançado ou quando este é encerrado porque seus objetivos não poderão ser alcançados, ou quando a necessidade do projeto deixar de existir, ou quando o cliente desejar encerrá-lo.

Outra fonte, a ISO-10006 (ABNT, 2000), define projeto como um processo único, constituído de um grupo de atividades coordenadas e controladas com datas para início e término, empreendido para alcance de um objetivo conforme requisitos específicos, incluindo limitações de tempo, custo e recursos.

Há diversas maneiras de se definir o que é um projeto, porém a mais adequada é aquela que o define como um empreendimento singular, único, tendo objetivos próprios e planos bem definidos de prazo e custo, qualidade e riscos, previamente definidos.

Linhares (2010) afirma que um projeto surge sempre em resposta a um problema. Elaborar um projeto é, portanto, ajudar a solucionar problemas, transformando ideias em ações. A sistematização do projeto em um documento nos auxilia a segmentar o trabalho em etapas a serem concluídas, a identificar as principais deficiências do processo e a apontar e superar possíveis falhas durante a execução das atividades previstas. O projeto, que deve ser visto sob a óptica de um sistema, deve possuir um conjunto de atividades sequenciadas de forma lógica. Este sistema, quando bem projetado e gerenciado, conduz a um objetivo predeterminado e atende aos planos previamente definidos. O mecanismo dinâmico de retroalinhamento das atividades desenvolvidas ao longo de toda a execução do projeto promove o seu equilíbrio a

cada instante. Em outras palavras, vale dizer que um projeto é um processo contínuo de acompanhamento da execução dos serviços e controle de custos e prazos, onde o êxito do empreendimento depende diretamente do cumprimento ou adaptação do plano implantado para o projeto.

4.2.1 Ciclo de vida e fases do projeto

Segundo o PMI (2013), o ciclo de vida do projeto é a série de fases pelas quais ele passa, do início ao término. As fases são geralmente limitadas pelo tempo e, embora todos os projetos tenham um início e um fim definidos, as entregas e atividades específicas conduzidas neste intervalo poderão variar muito de acordo com o projeto.

O ciclo de vida oferece uma estrutura básica para o gerenciamento do projeto, independentemente do trabalho específico envolvido. Os ciclos de vida do projeto podem ser predeterminados, iterativos ou adaptativos.

O PMBOK (PMI, 2013) afirma, ainda, que um projeto pode ser dividido em qualquer número de fases. Uma fase de projeto é definida como um conjunto de atividades relacionadas de maneira lógica, que culminam na conclusão de uma ou mais entregas. As fases de projeto são, normalmente, terminadas sequencialmente, mas podem se sobrepor em algumas situações do projeto.

4.2.2 Gerenciamento de projetos

Segundo o PMI (2013), o gerenciamento de projetos é a aplicação do conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto de forma a garantir o sucesso do empreendimento. Em outras palavras, gerenciar projetos é garantir que o empreendimento atenda aos requisitos para os quais ele foi proposto. Visto que os projetos têm natureza temporária, seu sucesso deve ser medido em termos da sua conclusão dentro das restrições de escopo, tempo, custo, qualidade, recursos e risco, conforme aprovado entre os gerentes de projetos e a equipe de gerenciamento. O gerente de projetos é a pessoa escolhida para liderar a equipe responsável por alcançar os objetivos do projeto.

O PMBOK (PMI, 2013) define dez áreas de conhecimento do gerenciamento de projetos e o divide em 47 processos, agrupados em cinco grupos de processos: iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle, e encerramento. O gerenciamento de projetos é, portanto, realizado por meio da aplicação e integração apropriadas destes 47 processos.

As dez áreas de conhecimento do gerenciamento de projetos são:

- Gerenciamento da Integração, que inclui os esforços para identificar, unificar e coordenar os vários processos e atividades que integram os diversos elementos do projeto.
- Gerenciamento do Escopo, que inclui os processos envolvidos na verificação de que o projeto contempla todo o trabalho necessário a fim de que possa ser concluído com sucesso.
- Gerenciamento do Tempo, que descreve os processos necessários para gerenciar o término pontual do projeto.
- Gerenciamento dos Custos, que descreve os processos envolvidos em planejamento, estimativas, orçamentos, financiamentos, gerenciamento e controle de custos, com o intuito de que o projeto termine dentro do orçamento aprovado.
- Gerenciamento da Qualidade: descreve os processos e atividades que determinam as políticas de qualidade, os objetivos e as responsabilidades, de modo a garantir que o projeto irá satisfazer os objetivos para os quais foi empreendido.
- Gerenciamento dos Recursos Humanos: descreve os processos que organizam, gerenciam e guiam a equipe do projeto.
- Gerenciamento das Comunicações: descrevem os processos necessários para assegurar a geração, coleta, armazenamento, recuperação, monitoramento, gerenciamento, controle, disseminação e destinação final das informações do projeto, de forma oportuna e adequada.
- Gerenciamento dos Riscos: descreve os processos relativos ao planejamento, identificação, análise, planejamento de respostas e controle de riscos em um projeto.
- Gerenciamento dos Suprimentos: descreve os processos necessários para compra ou aquisição de produtos, serviços ou resultados externos à equipe do projeto, além dos processos de gerenciamento de contratos.
- Gerenciamento das partes interessadas no projeto: inclui os processos envolvidos na identificação de todas as pessoas ou organizações que podem impactar ou serem impactados pelo projeto, e no desenvolvimento de estratégias de gerenciamento apropriadas para o engajamento eficaz das partes interessadas nas decisões e execução do projeto.

O Anexo 1 traz o mapeamento dos 47 processos de gerenciamento de projetos nos 5 grupos de processos de gerenciamento de projetos e 10 áreas de conhecimento, segundo o PMBOK (PMI, 2013).

4.2.3 Projetos gráficos

Os projetos gráficos são itens fundamentais no processo produtivo da Construção Civil. Mais que assentar tijolos ou montar estruturas, o processo de construir é uma tarefa elaborada que demanda análise de cálculos, detalhamento estrutural, tomada de decisões e outras ações que fazem a diferença no resultado final da obra. Tópicos que compõem o âmbito construtivo, como definições de material, escolha de profissionais, construtoras, empreiteiras, escritórios de engenharia e arquitetura, entre outros, são escolhidos na fase de projeto e são as decisões nesta fase que vão direcionar a condução da obra. Resoluções sobre arquitetura, fundações, sistemas estruturais (concreto armado, metálico, alvenaria estrutural), instalações hidráulicas, elétricas e de gás, ar condicionado, automação, segurança contra incêndio, paisagismo, drenagem, terraplenagem, interiores, esquadrias e vidros, elevadores, acústica, iluminação, análise térmica e energética, impermeabilizações, revestimentos, fechamentos e vedações, meio ambiente e impacto de tráfego, costumam fazer parte da etapa de projeto, daí a importância desta fase para o desenvolvimento da obra.

No que diz respeito à elaboração dos projetos gráficos, os desenhos e projetos técnicos foram, durante muitos anos, feitos a mão. Os desenhistas utilizavam-se de penas nanquins, normógrafos, aranhas, régua T, régua paralela, estilete e outros equipamentos para elaborar seus projetos. As inovações tecnológicas existentes, embora significativas e em desenvolvimento acelerado, ainda não haviam lançado um *software* através do qual fosse possível desenhar com auxílio de um computador.

Dietrich (2014) conta que o uso de *softwares* para auxiliar o desenvolvimento de projetos de engenharia começou na década de 50, com o surgimento de protótipos e máquinas para elaboração de projetos relacionados a redes elétricas. Estas máquinas e, mais tarde, *softwares*, passaram a receber o nome de CAD – *Computer Aided Design*, que significa desenho auxiliado por computador. Esta denominação foi atribuída ao cientista da computação Douglas Taylor Ross, que, ainda naquela época, viu como o uso destas ferramentas poderia se tornar importante.

As aplicações 3D em CADs começaram a surgir na década de 1970, porém ainda eram muito limitadas. Em 1977, chegou ao mercado a empresa francesa Dassault Systèmes, liderada por Francis Bernard. Ela foi a desenvolvedora do CATIA, que se tornou, alguns anos mais tarde, o *software* nº1 mundial para concepção de projetos para automobilística e aeronáutica.

A Autodesk surgiu no mercado apenas em 1982, com o desenvolvimento do *software* AutoCAD em 2D. O termo CAD, embora já fosse adotado em outros setores da indústria, começou a ser empregado na Construção Civil apenas com o surgimento do AutoCAD. Da

mesma forma que a Microsoft remodelou o uso do computador pessoal com o Windows, a Autodesk revolucionou a forma de desenhar com o AutoCAD.

São muitos os fatores que devem ser levados em conta quando se elaboram os projetos, e é fundamental que se conheçam as informações a ser coletadas com o cliente e os dados de que se precisa a fim de que o resultado final seja satisfatório. Alguns aspectos a ser levados em conta ao se elaborar um projeto podem ser enumerados: requisitos e necessidades do cliente, condicionantes locais, condicionantes legais e condicionantes técnicas.

4.3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DE EMPREENDIMENTOS

Para se realizar um bom planejamento da obra e a fim de se ter o controle do tempo e dos custos das atividades desenvolvidas, os gerenciadores podem lançar mão de algumas ferramentas, dentre elas:

4.3.1 EAP - Estrutura Analítica de Projetos

Primeiramente, é necessário que se faça o detalhamento das atividades que serão executadas. O resultado deste processo é o documento a que se chama EAP ou Estrutura Analítica de Projeto.

Segundo Almeida (2009), a EAP nada mais é do que uma síntese estrutural do projeto, ou seja, seu escopo. Nela, os objetivos principais do projeto são subdivididos em objetivos menores. Essa decomposição visa o estabelecimento de tarefas mais facilmente gerenciáveis, e é a base em torno da qual o gerenciamento do projeto será feito.

A comunicação entre os membros do projeto fica facilitada pelo uso da EAP, pois cada um conhece seu papel no projeto e sabe como ele se interliga com os outros. De modo a não deixar dúvidas sobre o conteúdo de cada item especificado, deve-se construir o chamado dicionário da EAP, descrevendo o significado de cada pacote de trabalho. A EAP pode conter qualquer número de níveis. Entretanto, não se recomenda que se ultrapasse de seis níveis, pois o grau de detalhamento torna-se muito grande e dificulta a visualização do projeto.

4.3.2 PERT/CPM - *Program Evaluation and Review Technique/Critical Path Method*

Com a EAP do projeto montada, é possível que se aplique ao projeto a metodologia PERT/CPM. Esta metodologia é bastante utilizada no processo de gestão de projetos devido a sua facilidade em encadear, integrar e correlacionar as atividades de um projeto.

Almeida (2009) conta que a técnica PERT foi desenvolvida em 1957 para uso do Departamento de Defesa dos EUA na execução do Polaris, projeto que envolveu 250 empreiteiros, cerca de 9000 subempreiteiros e a fabricação de 70000 componentes, muitos dos quais nunca produzidos em série. Como não existia experiência com relação aos prazos de fabricação de cada componente, foram estipulados prazos normais, máximos e mínimos para produzir cada peça e, através de um tratamento estatístico, determinou-se o tempo esperado para uma atividade. Por essa razão, a PERT é chamada de probabilística.

A técnica CPM foi desenvolvida também em 1957 pela E.I. Dupont de Neymours, uma empresa de produtos químicos que, ao expandir seu parque fabril, resolveu planejar suas obras por meio da técnica de redes, considerando para as atividades, durações obtidas em projetos muito semelhantes aos executados por ela anteriormente. Assim, como para cada atividade é feita uma única determinação de prazo de duração, baseada em experiência pregressa, o CPM é um método chamado determinístico.

Entretanto, com o tempo, as duas técnicas foram se fundindo e hoje usa-se a denominação PERT/CPM para representar este tipo de rede onde as atividades são representadas por setas.

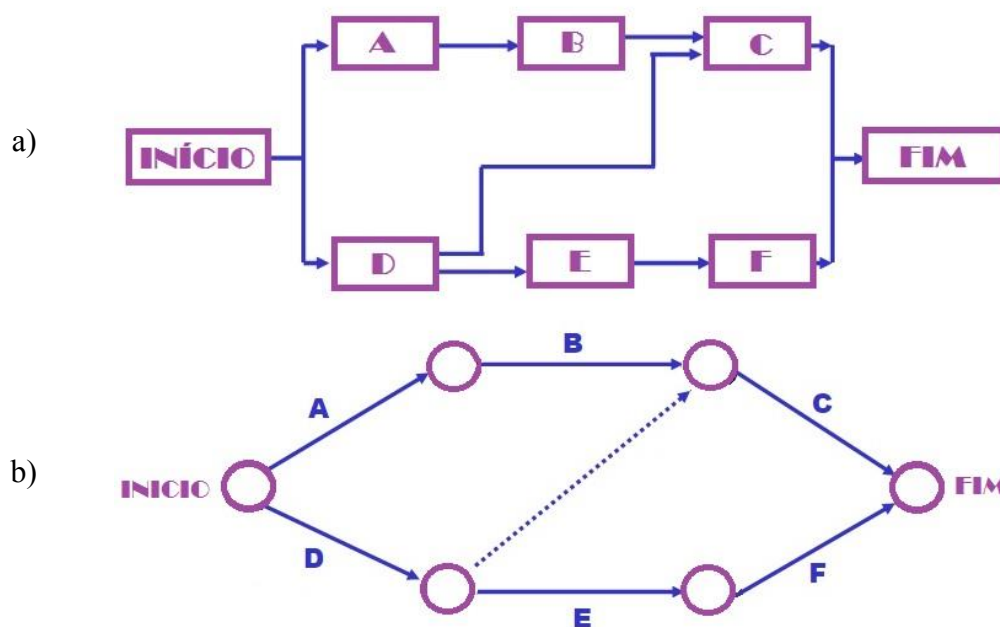
O PERT/CPM se aplica a qualquer projeto que compreenda um conjunto de atividades interdependentes. Permite programar e controlar prazos, custos, riscos e recursos, físicos ou financeiros. Extremamente dinâmico, pode ser refeito continuamente, segundo um sistema de realimentação.

4.3.2.1 Diagrama de rede e caminho crítico

O PERT/CPM tem como elemento representativo de sua metodologia o Diagrama de Rede, que é a estruturação gráfica das tarefas que constituem o projeto. Ele é a imagem síntese do planejamento de um projeto, e tem como entradas (*inputs*) principais as atividades dos pacotes de trabalho da EAP e suas respectivas relações de dependência. Uma vez montado este esquema, as durações de cada tarefa são adicionadas à rede, o que possibilita a elaboração do cronograma do projeto.

Existem duas maneiras de se elaborar um Diagrama de Rede: método do diagrama de precedência (PDM - *Precedence Diagramming Method*) e método do Diagrama de Flechas (ADM - *Arrow Diagramming Method*). No PDM, atividades são representadas por retângulos, enquanto que as setas as conectam e caracterizam as interdependências entre elas (ALMEIDA, 2009). Este é o método mais usado para elaborar o diagrama de rede de um projeto, sendo também conhecido como método AON - *Activity on Node* (Figura 2a). Outro método para construção do diagrama de rede é o método do Diagrama de Flechas (ADM - *Arrow Diagramming Method*), no qual as flechas são utilizadas para representar as atividades, e nós são usados para representar as relações de dependência entre as tarefas. Este método recebe também a denominação de método AOA - *Activity on Arrow* (Figura 2b).

Figura 2: Métodos AON e AOA



Fonte: (Autoria própria, 2016).

A sequência de atividades que se sucedem do início ao fim do projeto é chamada de “caminho”. É considerado caminho crítico aquele com maior duração e, no qual, caso haja algum atraso na duração de qualquer uma das atividades, haverá um aumento na duração do projeto.

4.3.3 Cronograma físico-financeiro

Ao se iniciar uma obra é ideal que se tenha uma boa previsão de quanto tempo os trabalhos irão durar. Por definição, um projeto é bem definido temporalmente quando possui datas de início e término predeterminadas. Os serviços que serão desenvolvidos, desde as fundações até o acabamento, devem estar inseridos neste intervalo de tempo. O cronograma poderá ser desenvolvido uma vez que o profissional tiver em mãos, a EAP e o Diagrama de Rede do projeto. É este último elemento, através de seu caminho crítico, que dá uma noção em relação à duração total da obra.

O cronograma permite a visualização da sequência em que as atividades devem acontecer e constitui-se de uma ordenação gráfica das datas em que as atividades vão se suceder (LINHARES, 2010). Ele é o instrumento do dia a dia da obra, com base no qual as providências de programação e instrução de equipes, aluguel de equipamentos, recrutamento de operários, aferição do progresso das atividades, monitoramento de atrasos ou adiantamento de atividades, replanejamento da obra e elaboração de pautas para reuniões, devem ser tomadas.

Entre os diversos tipos de cronograma que podem ser elaborados, podem ser citados: cronograma físico-financeiro, cronograma de mão de obra, cronograma de equipamentos, cronograma de barras ou Gantt, entre outros.

Faria (2011) explica que o cronograma é a programação temporal de execução das tarefas previstas para a obra. Quando este diagrama mostra, além das atividades, os valores relacionados a elas, ao longo do tempo, ele passa a ser chamado de cronograma físico-financeiro.

Essa planificação organizada do projeto é uma ferramenta que auxilia o construtor, pois permite que ele saiba o momento certo em que deve comprar ou contratar materiais, mão de obra e equipamentos. Se isto for feito depois da hora ideal, a obra atrasa. Se for feito antes, corre-se o risco de perder materiais no estoque ou pagar por mão de obra e equipamentos que acabam ficando parados.

4.3.4 Outras ferramentas de gerenciamento de projetos

O setor da Construção Civil conta com diversas outras ferramentas de gerenciamento de projetos, dentre as quais pode-se citar: curva S, organogramas, gráficos de Gantt, histogramas etc. No que diz respeito ao uso de *softwares* para o gerenciamento de projetos, o mais utilizado atualmente é o Ms Project, da empresa Microsoft, que será melhor abordado adiante. Além do

Ms Project, podem ser citados: Primavera, Ganttter, Excel, OpenProj, Tasker 5, Instagantt, Ganttify, Tom's Planner, Artia, Project Planner, MinuteMan Plus, Clarizen, 5PM, Teamwork, DeskAway, Nozbe, Zoho Projects, Scrum Half, Project Builder, GP Web, Runrun, Basecamp, Pivotttracker, Podio, Smartsheet, jxProject, Project Engine Personal, GanttProject, entre outros.

4.4 BUILDING INFORMATION MODELING - BIM

Desde que surgiram, os *softwares* CAD (*Computer Aided Design*) foram ganhando cada vez mais importância na indústria da AEC. Atualmente, computadores e tecnologias de informação são as principais plataformas de comunicação entre as partes envolvidas na indústria da AEC (SILVA, 2013). Estas tecnologias, aliadas às exigências de melhores projetos por parte dos proprietários, mais rápidos e baratos, e de processos mais eficazes, impulsionam constantemente mudanças na indústria da AEC.

Foram alguns acadêmicos do *Georgia Institute of Technology* que implantaram o conceito de se utilizar modelos de informação para a construção, na década de 70. Entre estes acadêmicos, destacou-se o professor Charles M. “Chuck” Eastman.

Eastman desenvolveu teorias sobre modelagem de dados de produtos da construção, criando o conceito “*Building Product Model (BPM)*” (HARRIS, 2010). Em 1975, ele lançou um artigo em que descreveu um sistema onde “qualquer mudança da disposição do projeto deveria ser feita apenas uma vez para todos os futuros desenhos atualizarem; todos os desenhos que derivam da mesma disposição de elementos seriam automaticamente consistentes”. Eastman denominou este conceito de “sistema de descrição do desenho” (TJELL, 2010). Desde então, o interesse por esta tecnologia passou a aumentar rapidamente.

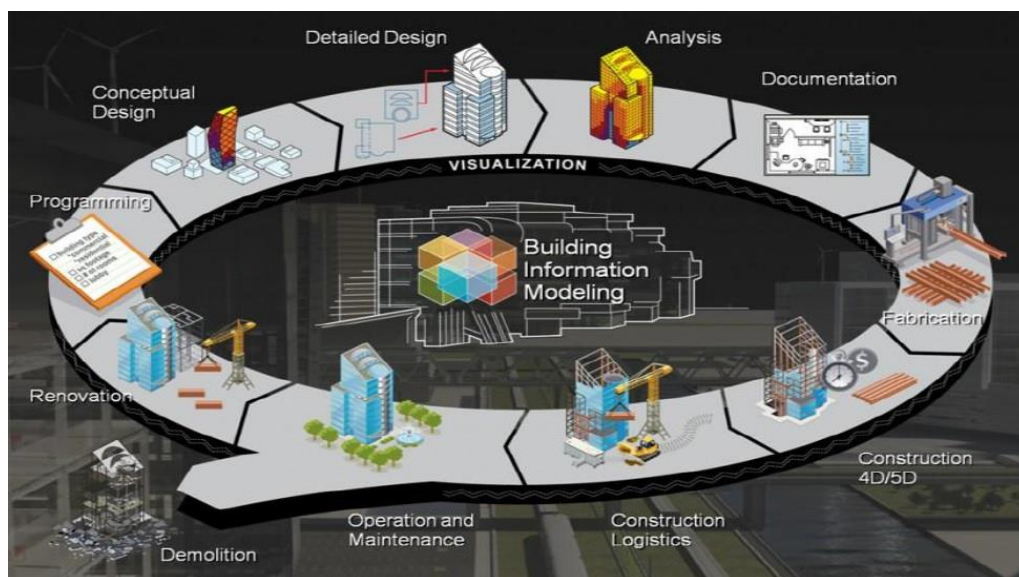
A sigla BIM – *Building Information Modeling* – foi usada pela primeira vez em 2002, quatro décadas depois da publicação do artigo de Chuck Eastman, por Phill Bernstein, arquiteto da Autodesk, tendo sido popularizada por Jerry Laiserin como um nome comum para a representação digital dos processos de construção. Segundo alguns autores, a primeira implementação dos princípios BIM foi o *software* ArchiCAD da GRAPHISOFT (BARBOSA, 2014).

O conceito BIM centra-se, essencialmente, numa metodologia de partilha de informação entre todos os intervenientes do projeto, durante as várias fases do ciclo de vida de um edifício, desde sua concepção até a operação e manutenção ou, ainda, a demolição. Este modelo digital permite uma melhor gestão de todos os dados, pois reúne a informação de todos os

intervenientes num único modelo, que será partilhado durante as várias fases do ciclo de vida do projeto (LINO et. al, 2012).

Para Esteves (2012), um modelo BIM é, acima de tudo, uma base de dados virtual que aglomera todas as fases do ciclo de vida de um empreendimento, desde sua concepção até sua operação e manutenção ou, em alguns casos, demolição, conforme mostra a Figura 3.

Figura 3: Fases do ciclo de vida de um empreendimento



Fonte: (BARBOSA, 2014).

Soares (2013) afirma que o BIM é muito mais que um modelo tridimensional do edifício, pois nele não se encontra um modelo puramente geométrico, mas sim um conjunto de informação sobre todos os elementos do edifício. Estas informações permitem que seu utilizador realize alterações e estude opções, e lhe fornecem uma gama de possibilidades para análise antes do início da construção.

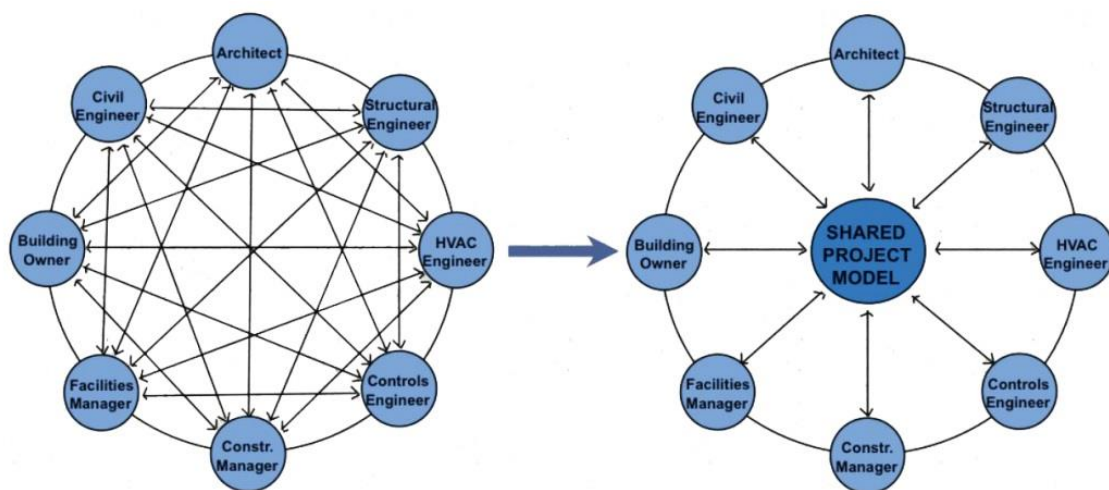
4.4.1 A gestão da informação no BIM

O processo de construção tradicional não valoriza a gestão da informação entre os diversos intervenientes do projeto. Os canais de comunicação entre as partes envolvidas são vários, o que leva a uma grande desorganização de trabalho, carência de partilha de informação, perda de informação e, por consequência, maior ocorrência erros de projeto.

Na metodologia BIM, existe o conceito a que se chama de *Integrated Project Delivery* (IPD), onde a informação é gerida a partir de um modelo central. Isso torna o BIM um processo

colaborativo, onde todos os intervenientes participam da construção do modelo durante todo projeto e obra, o que permite que a informação seja constantemente compartilhada entre os colaboradores, estando sempre atualizada e enriquecida (BARBOSA, 2014). A Figura 4, a seguir, mostra a melhora trazida pelo BIM na troca de informações entre os intervenientes de um projeto.

Figura 4: Troca de informação no método tradicional e com o IPD



Fonte: (SOARES, 2013).

4.4.2 As funcionalidades do BIM

O BIM é uma inovação tecnológica na indústria da construção e, como toda novidade, precisa de uma boa estratégia de implementação nas empresas para que se consiga obter resultados eficazes.

Catelani (2016) evidencia as dez principais funcionalidades do BIM, que justificam a importância de as empresas adotarem o conceito em seu dia a dia.

- Visualização em 3D do que está sendo projetado

Por mais complexa que seja a edificação, a modelagem 3D permite a visualização exata do que está sendo concebido, além de oferecer recursos para a detecção automática de interferências entre objetos (*clash detection*). A correta visualização do que será executado garante melhor entendimento do projeto e eficácia no processo de comunicação e alinhamento de informações, até nas fases mais iniciais do empreendimento.

- Ensaio da obra no computador

A plataforma BIM permite que se modelem as diversas fases de um canteiro de obras e que se faça uso destes modelos para analisar prévia e detalhadamente todo o processo de construir. Alguns *softwares* BIM permitem que sejam feitas animações e simulações do progresso das atividades nas obras. A redução de incertezas se traduz em mais economia e maior concordância entre o real e o planejado, com mais eficácia para o cumprimento de prazos e redução de discontinuidades na fase executiva.

- Extração automática de quantidades

A ferramenta de extração automática de quantidades de serviços e componentes em modelos BIM configura consistência, precisão e agilidade de acesso às informações das quantidades, que podem ser divididas e organizadas de acordo com as fases definidas no planejamento e na programação de execução dos serviços. Algumas soluções possibilitam, inclusive, que os objetos componentes de um modelo BIM sejam associados às atividades de um cronograma. Assim, as extrações automáticas de quantidades dos modelos BIM baseadas no que foi planejado podem agilizar e tornar mais precisas as comparações entre serviços previstos e efetivamente realizados.

- Realização de simulações e ensaios virtuais

Os modelos BIM permitem que sejam feitas análises estruturais, energéticas, estudos térmicos, luminotécnicos e de sombreamento, entre outras simulações. Esta é uma das áreas que mais tem recebido investimentos dos desenvolvedores dos *softwares*, para garantir o desempenho e o futuro comportamento de uma construção ou instalação modelada que se deseje testar.

- Identificação automática de interferências

Os *softwares* BIM são capazes de localizar automaticamente as interferências entre objetos que compõem um modelo, funcionalidade conhecida como *clash detection*. Além da constatação automática, alguns aplicativos também classificam as interferências em leves, moderadas ou críticas. Alguns *softwares* BIM admitem a programação e inserção de regras de verificação que podem, por exemplo, verificar a consistência da rota de acesso de deficientes físicos às edificações, ou ainda de exigências específicas feitas, por exemplo, pelos códigos sanitários ou de uso e ocupação do solo.

- Geração de documentos mais consistentes e íntegros

No BIM, os objetos são paramétricos e inteligentes, o que significa dizer que estes objetos contêm informações sobre si próprios, sobre seu relacionamento com outros objetos, e

também com seu entorno ou com o ambiente em que está inserido. Assim, um objeto é capaz de perceber, interpretar e reagir a uma mudança de projeto, ajustando-se automaticamente à nova situação. Essa reação automática dos objetos às eventuais modificações ajuda a garantir a consistência e a integridade das soluções projetadas e também de toda documentação do projeto.

- Capacitação para executar construções complexas

As construções estão cada vez mais complexas, não apenas no que diz respeito à adoção de formas, mas também nas soluções tecnológicas utilizadas nos principais subsistemas construtivos, como instalações, fachadas, segurança e controle. Os arquitetos desafiam as técnicas de construção, e isso aumenta os problemas para a coordenação espacial, bem como a complexidade para o planejamento das obras e a viabilização da sua montagem e construção. O BIM se mostra como a ferramenta adequada para encarar estas condições de execução particularmente desafiadoras.

- Viabilizar e intensificar o uso da industrialização

Um dos principais fatores responsáveis pelo baixo nível de industrialização e uso de pré-fabricação na construção civil brasileira está justamente na falta de precisão e assertividade dos projetos. No BIM, a coordenação geométrica de componentes pode ser verificada automaticamente por *softwares*, eliminando grande parte dos potenciais erros e interferências, garantindo alto nível de confiabilidade e previsibilidade aos projetos e especificações.

- Complemento ao uso de outras tecnologias

O uso de *laser scanning* tem se mostrado cada vez mais comum e as técnicas de captura da realidade estão presentes em diversas etapas de uma construção. As nuvens de pontos fornecidas pelos escaneamentos a *laser* são lidas e trabalhadas por *softwares* BIM, que identificam e separam seus subsistemas constituintes, e, a partir daí, permitem que sejam realizadas modificações ou ampliações. A realidade capturada também pode ser comparada e combinada com modelos BIM, para o estudo de desvios ou realização de simulações. Ou seja, o BIM é essencial para que os processos e vantagens do uso da tecnologia de captura da realidade sejam concretizados.

- Preparar a empresa para o futuro

A construção civil, embora notadamente tradicionalista, tem aderido rapidamente ao BIM em diversas partes do mundo. Reino Unido e Cingapura passaram a exigir que todas as obras financiadas com dinheiro público sejam desenvolvidas com uso da plataforma BIM. A tecnologia BIM rompe paradigmas de produtividade e eleva a confiabilidade e precisão dos projetos. Num futuro próximo, o BIM será condição mandatória para qualquer empresa que

quiser manter-se atuante na indústria da construção civil. Na Figura 5 a seguir estão identificados os principais países onde as iniciativas BIM são mais evidentes e notáveis.

Figura 5: Inserção do BIM no mundo



Fonte: (CATELANI, 2016).

No Brasil, a adoção de BIM ainda é incipiente, e sua presença é mais notória apenas em alguns estados do país, conforme a Figura 6 a seguir.

Figura 6: Inserção do BIM no Brasil



Fonte: (CATELANI, 2016).

4.4.3 As exigências de BIM no mundo

O tema BIM é cada vez mais comum em diversos países do mundo. Autoridades governamentais do Reino Unido e de outros países já passam a exigir a aplicação de BIM em seus projetos, o que leva o setor da construção a buscar por novas maneiras de entregar com mais eficiência. As construtoras, atualmente, devem reconhecer que precisam adotar o BIM a fim de que possam prosperar ou, ainda, compreender o impacto de não se fazer nada.

Estas exigências de BIM, conhecidas por “BIM *mandates*”, se expandem rapidamente pelo mundo, sobretudo nos países desenvolvidos. Segundo Suchocki [2016], em 2014, a Diretriz de Contratos Públicos da União Europeia recomendou que todos os estados-membros adotem o BIM para agregar valor aos projetos públicos. Em 2016, o BIM *mandate* do Reino Unido entrou em vigor para todos os projetos públicos com financiamento centralizado. Ainda, a França nomeou uma Política para BIM e forneceu um orçamento de 20 milhões de euros para ampliar o uso de BIM e sua adoção na indústria de construção do país. Por fim, o Ministério da Infraestrutura da Holanda exige que os projetos de construção entreguem relatórios de dados estruturados e está patrocinando pesquisas sobre BIM para a construção rodoviária com a Trafikverket, autoridade rodoviária sueca.

É importante perceber que estas novas exigências do setor público não são questões que podem ser tratadas na última hora. Aplicar os direcionamentos BIM na empresa e adotar novos procedimentos organizacionais exige planejamento, tempo e investimentos. Se uma empresa deseja conquistar mais projetos públicos, deve passar a entregar seus serviços em conformidade com as exigências BIM – os chamados BIM *mandates*.

4.4.4 BIM e suas dimensões

- **BIM 3D – Modelo colaborativo**

Mattos (2014) afirma que BIM 3D é a consolidação dos projetos de um ambiente virtual, em três dimensões, que contém todas as informações necessárias para sua caracterização e posicionamento espacial. Para Hamed (2015), o BIM 3D contribui para que a colaboração multidisciplinar dos participantes seja aperfeiçoada, permitindo que os intervenientes do projeto gerenciem de forma mais eficaz a modelagem e análise de problemas espaciais e estruturais complexos.

Esta primeira dimensão BIM trata de modelos de dados integrados a partir dos quais arquitetos, engenheiros, construtores, fabricantes, proprietários de projeto e demais partes interessadas possam extrair informações, de acordo com suas necessidades.

O BIM vai além das representações gráficas em duas ou três dimensões, em que uma coluna ou outro elemento é interpretado como um simples desenho geométrico e suas características adicionais são trazidas num texto adicional na legenda do projeto. Nos *softwares* BIM os objetos são “inteligentes”: o projetista pode atribuir-lhes propriedades, ou seja, parâmetros (tipo de material, dimensões, tipo de revestimento, resistência, entre outras características), que automaticamente são salvas em seu banco de dados. A partir delas, é possível extrair informações dos mais variados tipos como, por exemplo, a tabela de quantitativo de materiais, que facilita imensamente a etapa de orçamentação (FARIA, 2007).

As visualizações tridimensionais contribuem para um melhor desenvolvimento do projeto, pois permitem que os participantes vejam, em tempo real, as modificações feitas numa determinada parte do projeto, e estas modificações são automaticamente aplicadas nas demais partes.

Rendeiro (2013) afirma que a modelagem 3D permite capturar e incorporar todas as informações do projeto na fase de concepção, auxilia a tomada de decisões, oferece sincronia e exatidão de projeto, o que se reflete em redução de trabalho e viabiliza análises de diferentes opções para o empreendimento, objetivando maximizar seu desempenho.

• BIM 4D – Agendamento

O BIM 4D acresce ao modelo 3D a variável tempo, inserindo dados referentes ao cronograma, sequência de obras e fases de implantação. Esta quarta dimensão do BIM é usada para tarefas ligadas ao planejamento local de construção, e possibilita às partes envolvidas ver e gerenciar o progresso de suas atividades durante o ciclo de vida do projeto. O BIM 4D fornece métodos para alterar impactos, gerenciar e visualizar informações sobre *status* da construção. Além disso, apoia a comunicação em várias situações, desde o caso em que se precisa transmitir uma simples informação à equipe, até o caso em que se deve adverti-la quanto aos riscos do projeto.

Mattos (2014) afirma que para o êxito do BIM 4D, é imprescindível que as equipes de projeto e planejamento trabalhem de forma integrada, ou seja, que os elementos gráficos da edificação sejam associados ao cronograma da obra, dando, ao gestor, condições para visualização do andamento físico do empreendimento.

Segundo Nakamura (2014), a maior assertividade dos cronogramas e prazos deve-se ao aumento da confiabilidade das informações referentes ao modelo, além da possibilidade de as

equipes responsáveis pelo planejamento analisarem e estudarem diferentes modos de execução para a obra em questão, com o objetivo de optar pela melhor estratégia de ação.

Com o aparecimento destas novas metodologias, o mercado sentiu necessidade de desenvolver *softwares* para implementação BIM 4D. O Quadro 1 seguinte mostra alguns *softwares* disponíveis para o BIM 4D.

Quadro 1 – *Softwares* para BIM 4D

Companhia	Ferramenta BIM 4D	Logo
Autodesk	Navisworks Manage/Simulate	
Synchro Ltd	Synchro Professional	
Vico Software	Vico Office 4D Manager	
Bentley	Bentley Navigator	
Innovaya	Visual 4D Simulation	
Gehry Technologies	Digital Project Extensions	

Fonte: (BARBOSA, 2014).

• BIM 5D - Estimando

A quinta dimensão do BIM é usada para a composição de orçamentos e análises de custo das atividades relacionadas ao projeto. No BIM 5D, soma-se o fator custo ao modelo 3D. Cada elemento do projeto é quantificado e vinculado a dados relacionados a seu custo, englobando sua orçamentação e os respectivos insumos de produção. Esta dimensão BIM possibilita que o orçamento seja atualizado sempre que o modelo sofrer alterações que provoquem variações no quantitativo dos elementos, e a precisão da extração do quantitativo e orçamentação de uma construção depende do seu detalhamento e da qualidade das informações dos projetos (MATTOS, 2014).

O BIM 5D dá aos participantes, ferramentas para visualizar o progresso de suas atividades e os custos relacionados com o andamento das tarefas. A tecnologia BIM 5D pode resultar em maior precisão quanto às previsões de orçamentos, às mudanças de escopo do projeto, às mudanças de materiais e equipamentos ou, ainda, às mudanças de mão de obra. O BIM 5D traz métodos para gerenciar e analisar os custos e para avaliar os cenários e impactos das mudanças que possam vir a ocorrer.

O BIM 5D é uma ferramenta de apoio à decisão para os gestores dos custos da obra, onde o utilizador pode analisar e identificar qual a solução mais viável economicamente através de diversas simulações virtuais. Sakamori (2015) afirma que, para que o BIM 5D seja implantado de maneira eficaz, é necessário que se tenha acesso ao projeto e ao planejamento do empreendimento, de forma a proceder-se ao correto relacionamento do custo com o tempo e a realização de simulações e análises do sequenciamento das atividades com o fluxo de caixa da obra.

• **BIM 6D e 7D – Sustentabilidade e Manutenção**

Há divergências a respeito das dimensões 6D e 7D do BIM. Alguns autores afirmam que a sexta dimensão é voltada às análises de eficiência energética, e que a sétima dimensão é voltada à manutenção do edifício. Outros autores, entretanto, invertem esta definição.

A dimensão do BIM voltada às análises de eficiência energética apoia-se em todas as informações geradas durante a fase de projeto e auxilia na realização de estudos sobre o consumo de energia, após o início da utilização do edifício. O uso das ferramentas propostas por esta tecnologia pode resultar em estimativas sobre consumo de energia mais completas e precisas, ainda no início do processo de projeto. Esta dimensão do BIM também permite a medição e verificação deste indicador durante a construção e auxilia na realização de análises, objetivando a escolha de instalações de alto desempenho e sistemas que favoreçam a sustentabilidade (HAMED, 2015). É nesta etapa que se associa o BIM ao *Green Building*, chamado por alguns autores de *Green BIM*.

A dimensão BIM voltada ao chamado *Facility Management* (FM) aborda a parte final do ciclo de vida do edifício e foca-se em geri-lo depois de construído.

Para atender esta dimensão do BIM deve-se considerar o *as-built* do edifício que, segundo Pinhal (2015), é o levantamento de todas as informações referentes a uma edificação, através de um documento final que irá representar o *status* atual dos elementos, os trajetos e posicionamento de instalações elétricas e hidráulicas, além de dados relacionados às demais disciplinas da construção. Desta forma, é criado um registro das modificações ocorridas durante a obra, permitindo que sejam realizadas manutenções e futuras intervenções. Esta dimensão do

BIM permite que os participantes gerenciem e acompanhem informações relevantes, como *status* de componentes da edificação, suas especificações, manuais de operação, datas de garantias, manuais de manutenção etc. Esta tecnologia BIM aplicada a um projeto pode resultar numa substituição mais fácil e rápida de peças, contribuindo para uma gestão racionalizada do ciclo de vida de ativos ao longo do tempo, além de possibilitar o gerenciamento de subcontratantes e fornecedores, facilitando a manutenção durante todo o ciclo de vida da construção.

A finalidade do BIM 7D é armazenar informações e especificações dos componentes da edificação que exigem manutenção periódica. As modificações realizadas devem ser armazenadas em um centro de informações chamado Gerenciador de Facilidades do Empreendimento, possibilitando o controle da periodicidade das vistorias, lista de providências a serem tomadas regularmente ou emergencialmente, além dos casos que fogem da normalidade. Este centro de informações é capaz de estimar a vida útil do empreendimento e prever futuros investimentos necessários para sua manutenção (PALAORO, 2016).

É nesta dimensão do BIM que existe a preocupação com a utilização do empreendimento após o fim de sua construção, relacionando-se com a norma de desempenho NBR 15575:2013 (HAMED, 2015).

4.4.5 As bases do BIM

Até agora, explicou-se o que é BIM, no entanto, é importante deixar claro que nem todas as soluções de modelagem 3D são BIM. Para saber diferenciar um simples modelo tridimensional de um modelo tridimensional paramétrico, a que se chama de BIM, é necessário um primeiro entendimento das bases do modelo BIM. Para M. A. Mortenson Company (EASTMAN et al., 2014, p. 13), BIM é uma simulação inteligente da arquitetura que deve conter seis características principais: digital; espacial (3D); mensurável (quantificável, dimensionável e consultável); abrangente (incorporando e comunicando a intenção de projeto, o desempenho da construção, a construtibilidade, e incluir aspectos sequenciais e financeiros de meios e métodos); acessível (a toda a equipe do empreendimento e ao proprietário por meio de uma interface interoperável e intuitiva); durável (utilizável ao longo de todas as fases da vida de uma edificação). Em outras palavras, para que um modelo receba a denominação de BIM é necessário que a modelagem da informação tenha sido realizada em 3D, que objetos paramétricos – cuja definição será dada a seguir nesta seção – tenham sido adotados em sua concepção, que o armazenamento das informações do empreendimento seja feito em nuvem, e

que o modelo permita que a equipe troque informações livremente garantindo uma boa comunicação entre todos, conceito que entende-se por interoperabilidade.

- **Modelagem orientada por objetos**

O conceito de objetos paramétricos é central para o entendimento do BIM e sua diferenciação dos objetos 2D tradicionais.

Batcheler e Howell (2005), afirmam que, nos modelos paramétricos, os objetos são “inteligentes”, pois possuem dimensões e características variáveis, possibilitando a representação de uma geometria com maior complexidade e relacionamentos funcionais entre os elementos do edifício.

A modelagem paramétrica orientada por objetos constitui uma das principais bases do BIM, pois é graças às características da parametrização que os objetos se relacionam entre si. A parametrização de objetos oferece uma nova forma de criar e editar a geometria do projeto. Embora em qualquer *software* capaz de criar objetos 3D seja possível criar e alterar a forma dos elementos, cada objeto é tratado como um só, sem relação com os demais: cada aspecto de cada objeto deve ser editado manualmente. A partilha de parâmetros entre objetos veio alterar a forma de relacionamento entre eles: na modelagem paramétrica orientada a objetos, não há objetos com geometria e propriedades fixas, mas sim objetos com regras e parâmetros que determinam a geometria, bem como algumas propriedades e características não geométricas. São estes parâmetros e regras que se relacionam e permitem que os objetos se atualizem automaticamente. Esta parametrização dos objetos e a sua atualização automática permitem a modelagem de formas mais complexas.

Eastman et. al (2014) dão o exemplo de uma parede para melhor ilustrar a idéia de parametrização: “os limites de uma parede são definidos por planos da superfície do chão, da parede, do teto que a delimitam; como os objetos estão ligados parcialmente, determinam a sua forma, em qualquer disposição. Se uma única parede é movida, todos os objetos que estão em contato com ela também se devem atualizar. Isto é, alastrar a sua ligação de acordo com as alterações.”

A tecnologia BIM integra diversos membros da cadeia produtiva da construção civil e exige que esse processo interdependente seja colaborativo. Sendo assim, o modelo paramétrico 3D tem o papel de unificar todas as informações do empreendimento ao longo do seu ciclo de vida (HONDA, 2016).

A aplicação da tecnologia BIM pressupõe a consistência e a qualidade da informação durante o ciclo de vida do empreendimento. Devido à parametrização das informações de um empreendimento de construção civil, todos os desenhos, relatórios e informações podem ser

extraídos de forma consistente, pois são provenientes de uma representação única da construção, cuja informação é inserida apenas uma vez, evitando redundâncias (EASTMAN et al., 2014).

• Interoperabilidade

Durante todo ciclo de vida do empreendimento, cada especialista utiliza diferentes *softwares* computacionais para desenvolver suas atividades. É necessário que as informações geradas sejam intercambiáveis, ou seja, que os outros aplicativos utilizados pelos demais especialistas sejam capazes de reconhecer as informações recebidas. A interoperabilidade elimina o retrabalho de replicar dados de projeto que já tenham sido gerados e facilita, de forma automatizada e sem obstáculos, o fluxo de trabalho entre diferentes aplicativos durante o processo de projeto (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

Soares (2013) afirma que a criação de um único modelo que compreenda as informações de todos os intervenientes durante todo o ciclo de vida do projeto é uma tarefa complicada, que torna-se ainda mais complexa quando existem vários *softwares* envolvidos, cada um com sua própria maneira de tratar a informação.

Em BIM, interoperabilidade é a capacidade de transmissão de dados entre os diferentes aplicativos, assim como a capacidade desses aplicativos processarem tais informações e trabalharem de forma integrada. É por isso que a troca de informações entre os diversos aplicativos exige a existência de um padrão que possa ser reconhecido por todos eles (HONDA, 2016).

Para Manzione (2013), a interoperabilidade é crítica para o sucesso do BIM. O desenvolvimento de um padrão de dados aberto e o acesso “não-proprietário” para os dados do BIM ajuda a reduzir as ineficiências e os problemas recorrentes da reentrada de dados. Informações consistentes, acuradas e acessíveis por toda a equipe de projeto contribuem significativamente para mitigar os atrasos e os custos adicionais de projeto.

Steel et. al (2012) consideram a interoperabilidade em quatro níveis:

1. Interoperabilidade no nível de arquivos: a habilidade de ferramentas de *software* em trocar de maneira bem sucedida os seus arquivos.
2. Interoperabilidade no nível de sintaxe: a habilidade de ferramentas de *software* em analisar os modelos trocados sem a ocorrência de erros.
3. Interoperabilidade no nível de visualização: a habilidade de ferramentas de *software* em visualizar fielmente o modelo que está sendo trocado.
4. Interoperabilidade semântica: a habilidade de ferramentas de *software* em ter um entendimento comum do significado do modelo trocado. A interoperabilidade semântica é

também entendida como a capacidade de sistemas de *software* em interpretar a informação trocada automaticamente para produzir resultados que sejam considerados úteis para os usuários finais de ambos os sistemas.

IFC

O *Industry Foundation Classes* é um modelo de dados de tradução, em formato não proprietário, disponível livremente para a definição de objetos na AEC. É um padrão aberto universal para o BIM, que será exportado para os *softwares* de AEC.

O esquema IFC é extensível e compreende informações cobrindo as muitas disciplinas envolvidas em um empreendimento durante seu ciclo de vida, desde a concepção, o projeto, a construção até a reforma ou demolição. Este assunto será melhor abordado na seção 3.5 deste trabalho.

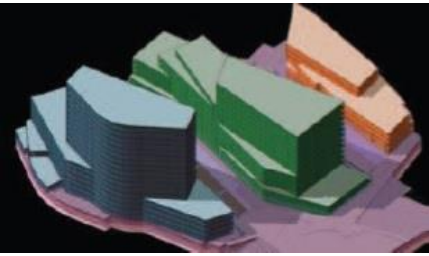
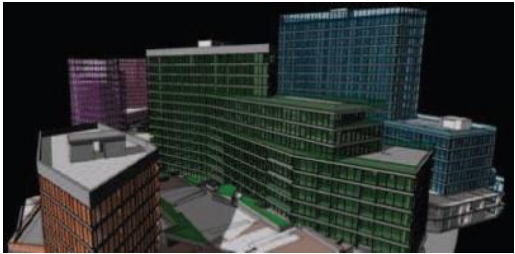
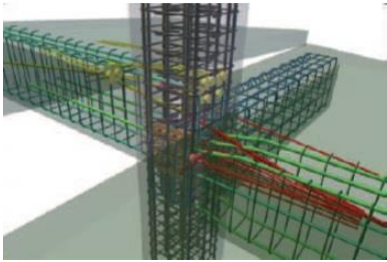
4.4.6 Level Of Development - LOD

O LOD – *Level of Detail*, ou ainda *Level of Development* – é um dos conceitos mais importantes quando se fala de BIM. LOD é o nível de detalhamento fornecido ao se fazer uma modelagem BIM e varia a cada fase do projeto. O nível de pormenorização é escolhido pelo autor do projeto, com base na finalidade a que o modelo se destina (BARBOSA, 2014).

O LOD identifica qual a quantidade de informação que será obtida relativamente a um objeto do modelo, num dado momento. Esta quantidade de informação dos objetos de modelagem cresce normalmente à medida que o projeto se aproxima da sua efetiva concretização (ESTEVES, 2012).

Um dado modelo BIM pode apresentar um nível de detalhamento representado em uma escala de cinco graus – LOD 100 a LOD 500 –, que abrangem desde a concepção até a obra concluída. O Quadro 2 traz a aplicabilidade de cada um dos cinco níveis LOD.

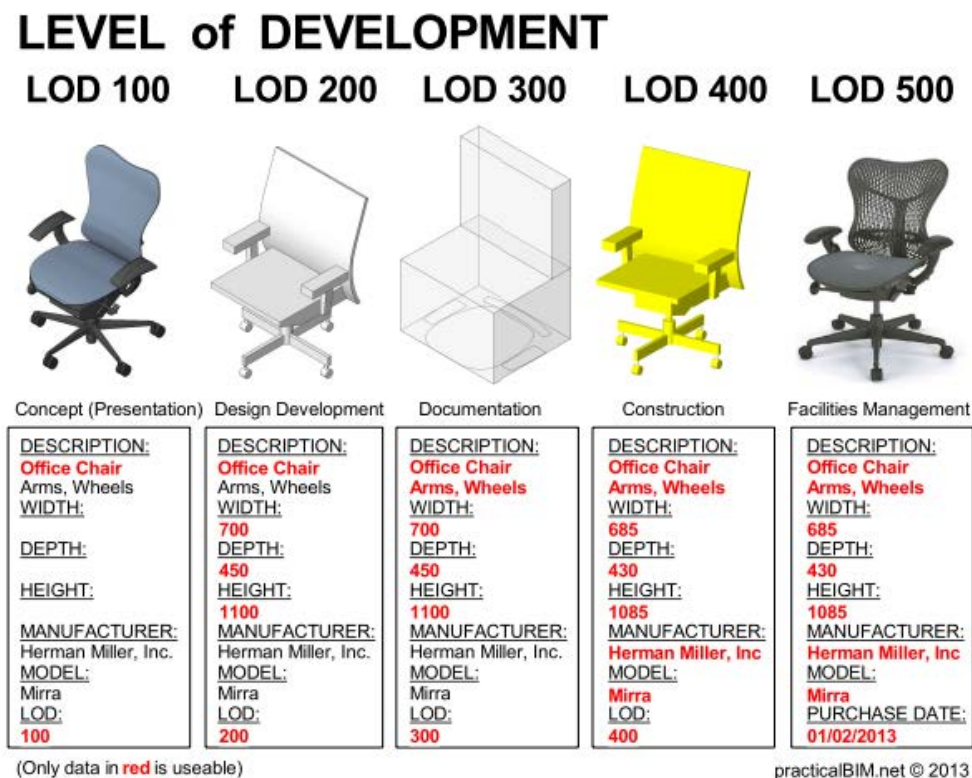
Quadro 2 – Níveis de detalhamento LOD

Ilustração	Descrição
	LOD 100: Essencialmente, é o equivalente ao projeto conceitual, consiste na volumetria geral do edifício, indicativa da área, altura, volume, localização e orientação podendo ser modelado em três dimensões.
	LOD 200: Os elementos são modelados como sistemas generalizados ou conjuntos com quantidades, tamanho, forma, localização e orientação. As informações não geométricas também podem ser anexadas aos elementos do modelo.
	LOD 300: Os elementos do modelo são adequados para a extração de documentos inerentes ao processo de um projeto tradicional e desenhos de execução. Pode também ser usado para análise detalhada dos sistemas e elementos previstos.
	LOD 400: Os elementos são modelados como conjuntos específicos que são precisos em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação com fabricação completa, a montagem, e informação detalhada. O modelo é adequado para fabricação e montagem.
	LOD 500: Os elementos são modelados como construídos na realidade (modelo as built) e precisos em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação. O modelo com este nível de detalhe é adequado para operações de gestão e manutenção de instalações.

Fonte: (BARBOSA 2014).

Um exemplo dado por McPhee (2013) serve para ilustrar a definição de LOD. Nele, o conceito é aplicado a uma cadeira, mostrando as informações referentes ao objeto para cada um dos cinco níveis (Figura 7).

Figura 7: LOD (Level of Development)



Fonte: (MCPHEE, 2013).

4.5 INDUSTRY FOUNDATION CLASSES - IFC

4.5.1 O que é a *buildingSMART* e a que se destina

A fim de que o setor da construção civil possa se beneficiar das vantagens trazidas pelo BIM, as informações devem fluir facilmente entre os diferentes agentes da AEC e as necessidades de troca de informações devem ser plenamente atendidas. Os esforços nesse sentido começaram em 1995, ano em que foi criada a *Industry Alliance for Interoperability*, a partir de um consórcio de 12 companhias norte-americanas lideradas pela Autodesk. Os demais membros fundadores foram as empresas: AT&T; ARCHIBUS; Carrier Corporation; Hellmuth; Obata & Kassabaum (HOK); Honeywell; Jaros Baum & Bolles; Lawrence Berkeley Laboratory; Primavera Systems; Softdesk; Timberline Software Corp; Tishman Research Corp. Esta aliança foi fundada com o objetivo de auxiliar no desenvolvimento de um conjunto de classes em C++ para sustentar o desenvolvimento de aplicações integradas.

Em seguida, foi aberto o ingresso para outros membros da indústria e a *Industry Alliance for Interoperability* foi renomeada para *International Alliance for Interoperability* (IAI), organização sem fins lucrativos cujo objetivo era promover o *Industry Foundation Classes* (IFC) como um produto neutro para dar suporte ao ciclo de vida do edifício.

A IAI foi renomeada como buildingSMART em 11 de janeiro 2008 para melhor refletir a natureza e objetivos da organização. Seu foco passou a ser o uso do BIM e do IFC como impulsionadores de formas mais inteligentes de trabalho. Hoje, a buildingSMART tem capítulos regionais na Europa, América do Norte, Austrália, Ásia e no Oriente Médio (buildingSMART, 1999-2007).

4.5.2 A troca de dados com o IFC

O IFC é definido pela buildingSMART como um esquema de dados que torna possível conter dados e trocar informações entre diferentes aplicativos para BIM.

Para Honda (2016), o uso do formato IFC para troca e o compartilhamento de informações entre *softwares*, baseados na tecnologia BIM, é o modo mais adequado para que se possa abrir e examinar tais dados sem necessitar dos *softwares* nativos usados por cada integrante do projeto.

É importante destacar que a forma como um arquivo IFC é criado para exportação por um aplicativo tem extrema significância, pois constitui um fator crítico do sucesso da interoperabilidade entre aplicativos usando este padrão.

Eastman et al. (2014) contam que o IFC foi desenvolvido com o objetivo de se criar uma grande base de dados consistentes capazes de representar um modelo com todas suas disciplinas envolvidas, durante todo o ciclo de vida do projeto. Este conjunto de dados viabilizaria a troca de informações entre diferentes fabricantes de *software* na AEC.

Segundo Manzione (2013), embora o estudo do IFC esteja bem documentado para os desenvolvedores de *software*, ainda existem lacunas de conhecimento para o usuário normal da AEC que necessita trabalhar com ele.

O desenvolvimento de um modelo de dados de edifícios é relativamente novo. O primeiro *software* concebido com esse conceito foi o ArchiCAD, pela companhia húngara Graphisoft. O mais recente é o Revit, cuja companhia responsável pelo seu desenvolvimento, a Revit Technology Corporation, foi comprada pela Autodesk em 2002. Existem também outras companhias, como *Bentley Architecture* e *Autodesk Architectural Desktop*, que desenvolveram

seus modelos de dados de edifícios sobre suas plataformas originais em CAD: MicroStation e Auto CAD.

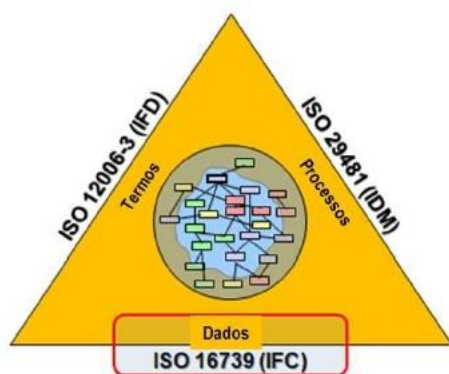
Todos estes *softwares* possuem sua estrutura interna de dados no formato proprietário. Isto significa dizer que tais *softwares* não podem compartilhar suas informações entre si, a menos que haja um tradutor para isso. É neste contexto que entra o conceito do *Industry Foundation Classes* (IFC).

A linguagem IFC é muito extensa e complexa. A versão atual, 2x4 RC4, inclui 126 tipos definidos, 206 tipos de enumeração, 59 tipos para seleção, 766 definições de entidades, 42 funções, 408 conjuntos de propriedades, 91 conjuntos de quantidades e 1.691 propriedades individuais. A complexidade da linguagem se dá pela possibilidade de existirem formas alternativas de modelagem para um mesmo objeto: por exemplo, um bloco estrutural pode ser modelado tanto por uma representação limitada por quatro planos quanto pela extrusão de uma superfície e um vetor. Cada um desses objetos tem diferentes significados semânticos e, embora possam ser idênticos na visualização 3D, terão tratamentos diferentes na ferramenta de análise estrutural.

4.5.3 Os três pilares da buildingSMART

A buildingSMART desenvolve e mantém padrões para o trabalho em BIM de maneira aberta, denominados *open* BIM, combinados em três grandes conceitos que suportam a sua tecnologia. A Figura 8 ilustra esses três conceitos que regem a tecnologia *buildingSMART*.

Figura 8: Três conceitos da tecnologia buildingSMART



Fonte: (buildingSMART, 1999-2007).

- IFC (*Industry Foundation Classes*) – modelo de dados que define como trocar ou compartilhar informações de um edifício (ISO 16739, 2005).
- IFD (*International Framework for Dictionaries*) – dicionário de dados que define qual informação do edifício será trocada e compartilhada (ISO 12006-3, 2007).
- IDM/MVD (*Information Delivery Manual / Model View Definition*) – manual de informações que trata das definições dos processos de troca, especificando quando e quais informações serão trocadas ou compartilhadas (ISO 2948-1, 2010).

Por intermédio do IFC é possível também a criação de “vistas de informação”, ou subconjuntos de dados, apenas com os dados necessários para determinado domínio, através do processo de *Model View Definitions* (MVD). O MVD é, portanto, um subsetor do esquema de dados para um conjunto de tarefas específico.

O IFC está registrado pela *International Organization for Standardization* (ISO) como ISO-PAS-16739 (2005) e encontra-se em processo de se tornar uma norma oficial. De acordo com Manzione (2013), cada implementação de troca em IFC precisa seguir o que se conhece por requisitos de troca (*exchange requirements*). Essas exigências especificam a informação que deve estar contida em uma troca de dados em determinado estágio de um projeto, prevenindo incertezas.

Para Steel et. al (2012), o IFC foi definido, no âmbito técnico, usando-se as especificações da norma ISO 10303-11:1994 para modelagem e troca de dados, também conhecida como *Standard for the Exchange of Product Data* (STEP).

O desenvolvimento do STEP iniciou-se em 1984, por parte da ISO, com o intuito de definir normas para a representação e troca de informações de maneira geral. O STEP é utilizado atualmente em vários domínios, como a engenharia mecânica e a indústria de *design*. As pessoas inicialmente comprometidas no esforço da STEP criaram a IAI, para o desenvolvimento de padrões específicos para a indústria da AEC. Por esse motivo, o IFC usa recursos baseados no STEP e utiliza a mesma linguagem de modelagem, denominada EXPRESS.

O STEP constitui-se de uma gama de especificações, tendo mais notavelmente uma linguagem para especificação do esquema de dados, STEP/EXPRESS, ISO 10303-11 (2004), na qual a linguagem IFC é definida:

- um mapeamento ISO 10303-21 (2002), para arquivos de texto que representam os modelos segundo o esquema de dados;

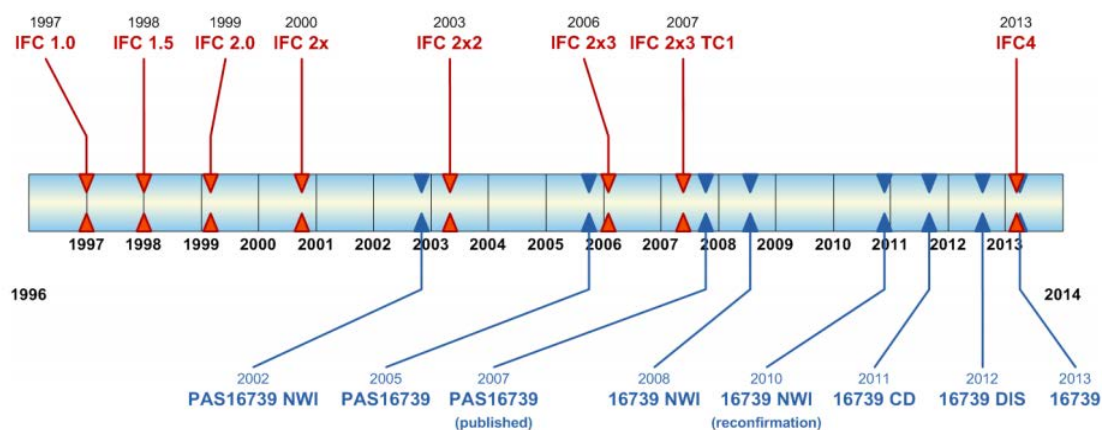
- um mapeamento StepXML, ISO 1030328 (2007), para arquivos no formato *Extensible Markup Language* (XML);
- um mapeamento para *Application Program Interface* (API), ISO 1030322 (1998), para acessar os modelos para programação, conhecido como *Standard Data Access Interface* (SDAI).

De todas estas tecnologias de mapeamento, a mais significativa em termos de interoperabilidade, de acordo com Steel et. al (2012), é a ISO 1030321, pois é a que define efetivamente o formato do arquivo IFC.

4.5.4 Evolução do IFC ao longo dos anos

Atualmente, o desenvolvimento das especificações do IFC está sob a responsabilidade do *Model Support Group* (MSG), grupo de *experts* internacionais responsáveis por desenvolver, aprimorar e manter os padrões de dados de modelo da buildingSMART. O IFC vem sendo desenvolvido desde 1997, ano em que foi lançada a versão 1.0. Após sucessivas e regulares atualizações, encontra-se hoje na versão 2x4 *Release Candidate* (RC4). As versões passam por modificações e incrementos para ser capazes de representar cada vez mais entidades e relações no edifício no seu ciclo de vida. A Figura 9 mostra a evolução do IFC desde o lançamento de sua primeira versão.

Figura 9: Versões IFC lançadas ao longo dos anos



Fonte: (LIEBICH, 2013).

5 PROBLEMA: COMO INTEGRAR OS PROJETOS?

Atualmente, o setor da Construção Civil conta com inúmeros *softwares* que são ferramentas para a elaboração de projetos técnicos com as mais diversas especificações. No entanto, o setor ainda enfrenta um grande problema: a integração de projetos.

Num grande empreendimento, o fato de cada projeto ser elaborado em um *software* diferente traz problemas ao gerente de projetos. É normal que seja utilizado o programa mais adequado às especificações do projeto no momento da concepção. Um *software* para cálculo estrutural, por exemplo, não possuirá ferramentas suficientes para que se elabore um projeto arquitetônico bem detalhado. Da mesma maneira, os *softwares* para elaboração de projetos elétricos e para elaboração de projetos hidráulicos são diferentes.

O problema surge quando tenta-se passar à integração destes projetos. O fato de cada projetista elaborar seu projeto sem conhecer os demais projetos leva a situações chamadas de “interferências”. Assim, não é raro que encontremos, num projeto, um cano que cruza uma viga, ou ainda, uma porta no local de um pilar, um pilar cruzando uma janela etc. Isso acontece devido à falta de um modelo central que una todos os projetos em um só.

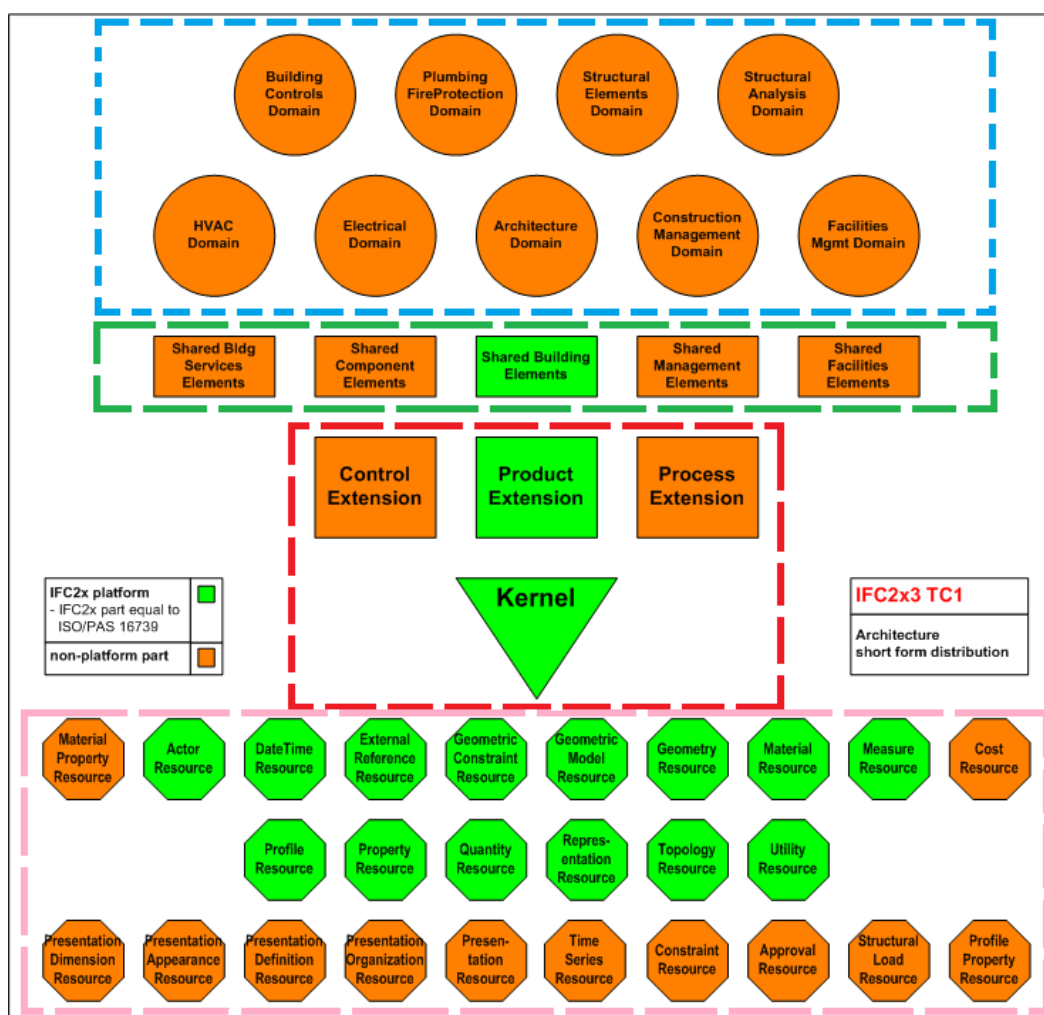
Com a proposta de revolucionar os métodos e processos da cadeia da indústria da Construção Civil, o BIM destaca-se com seu grande potencial. Essa tecnologia possibilita realizar diversos tipos de análises antes, durante e após a construção do empreendimento, atuando ao longo de toda vida da construção. O modelo BIM criado é um banco de dados repleto de informações de construção, onde quaisquer informações relacionadas ao edifício podem ser criadas ou extraídas (SANTOS et al., 2014).

6 ESTUDO APROFUNDADO DA ESTRUTURA DO ARQUIVO IFC

6.1 VISÃO GERAL DA ARQUITETURA DO IFC

Para entendimento da estrutura do IFC, utilizou-se o esquema conceitual encontrado no *site* da buildingSMART, mostrado na Figura 10. Para a descrição dessa estrutura foram revistos e resumidos os conceitos de Eastman et al. (2014), Manzione (2013), Liebich (1999) e o *site* de referência do IFC da buildingSMART.

Figura 10: Esquema da estrutura do IFC segundo buildingSMART



Fonte: (buildingSMART, 1999-2007)

Nesta estrutura, estão representadas as quatro camadas do IFC, de baixo para cima: camada de recursos, camada do núcleo, camada de interoperabilidade e camada de domínio. O modelo IFC opera respeitando um “princípio de escada”: em qualquer camada, pode-se

referenciar uma entidade da mesma classe hierárquica ou da camada inferior; não se pode, entretanto, fazer referência a uma entidade da camada superior (LIEBICH, 1999).

6.1.1 Camada de recursos

Esta camada (representada pelo retângulo pontilhado na parte inferior da Figura 10) é a base composta por entidades comumente utilizadas nos objetos da AEC, como geometria, topologia, materiais, medidas, agentes responsáveis, representação, custos etc. De acordo com Eastman et al. (2014), como os dados do IFC são extensíveis, essas entidades que estão na base podem ser especializadas e, delas, serem criadas novas subentidades.

Segundo Liebich (1999), os recursos representam conceitos individuais. Por exemplo, as informações referentes ao custo são coletadas dentro do esquema de custo “*IfcCostResource*”. Qualquer classe dentro da camada de núcleo, interoperabilidade ou domínio que precise usar o custo, referenciarão este recurso. Da mesma forma, as informações referentes à geometria estão reunidas dentro do “*IfcGeometryResource*”. Dados relativos à geometria podem ser utilizados em todas as camadas acima através da referência. Um objeto da interoperabilidade, por exemplo, pode utilizar várias entidades de geometria para sua representação.

6.1.2 Camada de núcleo

A camada de núcleo (representada pelo segundo retângulo pontilhado, de baixo para cima, da Figura 10), segundo Liebich (1999), proporciona a estrutura básica do modelo IFC e define as mais abstratas entidades que serão referenciadas pelas camadas mais altas da hierarquia. A camada do núcleo é subdividida e em quatro camadas de extensão: Controle, Produto, Processo e Núcleo.

Manzione (2013) explica que:

- a subcamada núcleo (representada pelo nome de “Kernel”) fornece a estrutura de base, que são as relações e os conceitos fundamentais comuns para todas as especializações adicionais em modelos específicos e nos quais são definidos conceitos fundamentais como grupo, processo, produto, relacionamentos.
- o esquema de extensão do produto (representado por “Product Extension”) define componentes de construção abstratos, como espaço, local, construção, elemento.

- o esquema de extensão de processo (representado por “Process Extension”) capta ideias sobre o mapeamento de processos em uma sequência lógica de planejamento e programação de trabalho e das tarefas necessárias para sua conclusão.
- o esquema de extensão de controle (representado por “Control Extension”) trabalha com os conceitos relacionados ao controle do processo.

6.1.3 Camada de interoperabilidade

Nesta camada (representada pelo segundo retângulo pontilhado, de cima para baixo, da Figura 10), estão compreendidas as categorias de entidades que representam os elementos físicos de um edifício. Ela possui definições de entidades como vigas, colunas, paredes, portas e outros elementos físicos, assim como propriedades para controle de fluxos, fluidos, propriedades acústicas, entre outras.

Segundo Liebich (1999), o principal objetivo desta camada é fornecer definições de objetos compartilhados com dois ou mais aplicativos. Nesta camada, o objeto incorpora um conector que poderá ser referenciado na camada de domínio e auxiliará, também, na terceirização do desenvolvimento do domínio.

6.1.4 Camada de domínios

A camada de domínios (representada pelo retângulo pontilhado na parte superior da Figura 10) é a de mais alto nível e lida com entidades de disciplinas específicas, como Arquitetura, Estrutura, Instalações, entre outras. Para Liebich (1999), esta camada tem a capacidade de fornecer particularidades a respeito de objetos que são necessárias para domínios específicos da indústria AEC. O principal objetivo desta camada é prover definições de tipo específico que são adaptados para serem utilizados dentro da própria camada de domínio. Um exemplo de definições realizadas nesta camada no âmbito de estruturas é o número de pavimentos de um edifício.

6.2 SOFTWARES QUE OPERAM EM IFC

Como o IFC é um formato de dados neutro e aberto, ele está disponível para as empresas de *software* desenvolverem exportações de dados neste formato. Para isso, a aplicação precisa ser “IFC compatível”, um processo de certificação fornecido pela buildingSMART.

Atualmente há mais de 200 *softwares* certificados como “IFC compatíveis”. O Anexo 2 enumera alguns destes *softwares* e os agrupa de acordo com o domínio em que operam.

6.3 SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO DA INFORMAÇÃO

Manzione (2013) conta que os sistemas de classificação da informação do edifício foram criados a fim de auxiliar a organização dos processos da AEC e do BIM. É importante a existência de um sistema de classificação em BIM, onde todos os objetos de um edifício sejam vinculados, de modo a facilitar a interoperabilidade.

Os principais sistemas de classificação que auxiliam a organizar o BIM são: OminClass, Uniformat, MasterFormat, *Unified Classification for the Construction Industry* (Uniclass) e *Electronic Product Information Cooperation* (EPIC).

6.3.1 Sistema de Classificação OmniClass

Segundo Honda (2016) e Manzione (2013), OmniClass são um sistema de classificação de toda a informação gerada para a indústria da AEC. O OmniClass foi pensado para ser capaz de classificar todo o ambiente construído, servindo como uma base unificada para informações durante todo ciclo de vida da edificação. O sistema OmniClass tem como base a norma ISO 12006:2007, traduzida para o português sob o nome de “ABNT NBR ISO 12006-2:2010 – ‘Construção de edificação: Organização de informação da construção - Parte-2: Estrutura para classificação de informação.’”

O OmniClass é uma classificação multifacetada. Isso significa que ela utiliza informações e conceitos de outros sistemas de classificação para compor suas próprias tabelas. A classificação dos resultados do trabalho vem do MasterFormat; o UniFormat fornece as classificações para os sistemas e componentes de um edifício e, por fim, o EPIC dá a classificação para os produtos.

Segundo Pereira (2013), o OmniClass constitui padrão aberto e extensível a toda indústria de engenharia. O sistema é focado nas práticas e convenções norte-americanas, mas, ainda assim, é compatível com outros sistemas internacionais.

Honda (2016) elenca algumas vantagens deste padrão de classificação para a AEC:

- Auxilia o gerenciamento do projeto, especialmente custos e suprimentos;
- Interoperabilidade: facilita a comunicação entre os diversos sistemas do setor construtivo;
- Intercambialidade: facilita os comparativos entre as bases conceituais de sistemas estrangeiros distintos.

A OmniClass é formada por 15 tabelas hierárquicas. Cada uma apresenta um aspecto diferente da informação na construção, e seu uso pode ser independente ou combinado com informações de outras tabelas para assuntos de maior complexidade. O Quadro 3 apresenta a relação de tabelas desse sistema de classificação.

6.3.2 Sistema de Classificação UniFormat

O UniFormat é um sistema de classificação desenvolvido e publicado pelas instituições canadense CSC – *Construction Specifications Canada* e americana CSI – *Construction Specifications Institute*. Seu objetivo é estruturar as informações de construção com base nas partes físicas de uma edificação, denominadas sistemas e construções. A caracterização é feita pela função da construção, porém sem identificar os produtos que a compõem.

O UniFormat é um sistema de classificação que complementa o MasterFormat. Estes dois sistemas, juntos, constituem os padrões mais utilizados na América do Norte para a organização de informações relativas à construção. Partindo da mesma base comum, eles procuram otimizar e facilitar a difusão da informação, melhorando a comunicação e integrando equipes de projeto cada vez mais eficientes, por meio de um contínuo desenvolvimento de padrões e formatos e da criação de ferramentas práticas para auxiliar os usuários em todo o ciclo de vida do projeto. Este sistema de classificação organiza-se em três níveis:

- Nível 1: Compreende os principais grupos de elementos do edifício;
- Nível 2: Detalha o nível 1 em grupos menores;
- Nível 3: Apresenta os elementos individuais do edifício.

O UniFormat atualmente classifica as informações da construção em 7 grandes grupos, com os três níveis de detalhamento mostrados acima. Entretanto, já existe uma proposta de se criar um quarto nível de detalhamento, que auxiliaria o usuário a melhor localizar um item nas tabelas de classificação UniFormat. O Anexo 3 apresenta a classificação UniFormat.

Quadro 3 – Relação de tabelas OmniClass

SÉRIE	TABELA	DESCRIÇÃO
10	11	Edificações pela função
	12	Edificações pela forma
	13	Ambientes pela função
	14	Ambientes pela forma
20	21	Elementos
	22	Resultados de etapas de trabalho
	23	Produtos
30	31	Fases do empreendimento
	32	Serviços
	33	Disciplinas
	34	Funções organizacionais
	35	Ferramentas e equipamentos
	36	Informações
40	41	Materiais
	49	Propriedades

Fonte: (MANZIONE, 2013).

6.3.3 Sistema de Classificação MasterFormat

Segundo Pereira (2013), O MasterFormat é um sistema para ser utilizado na organização de informações sobre os requisitos de construção, padronizando a codificação de recursos, produtos e atividades de construção. Este sistema apresenta uma estruturação de informação muito semelhante à do UniFormat, tendo como vantagens principais facilitar a comunicação entre arquitetos, especificadores, prestadores de serviço e fornecedores, e auxiliar a organização de manuais de projeto, informações de custo detalhado e outras informações e especificações em fases posteriores de projeto.

Segundo CSI (2016), o MasterFormat é um dos sistemas precursores de classificação de informações, desenvolvido inicialmente em 1963, e constitui a base da tabela 22 da OmniClass, referente a resultados do trabalho. O UniFormat, por sua vez, tem maior correspondência com a tabela 21 de OmniClass, de elementos de projeto.

A primeira versão do MasterFormat foi lançada em 1975 e continha apenas 16 divisões. A versão mais recente do sistema de informação, datada de 2004, já conta com 50 divisões, embora ainda haja divisões que não tenham sido publicadas.

A classificação MasterFormat conta com 50 divisões, divididas em 2 grandes grupos: Compras e Requisitos Contratantes, e Especificações. A hierarquia detalhada das divisões do MasterFormat é apresentada no Anexo 4.

6.3.4 Sistema de classificação Uniclass

O Uniclass, sistema inglês desenvolvido com base nas normas ISO 12006 2:2001 e ISO 12006 3:2007, foi um dos pontos de partida para o desenvolvimento da *OmniClass*, que se adaptou e utilizou partes do conteúdo do Uniclass para montar sua estrutura (MANZIONE, 2013).

Este cruzamento de dados permitiu à equipe de manutenção do UniClass utilizar o OmniClass como um recurso para aprimorar ainda mais seu documento, levando assim, ambos os documentos para mais perto de um padrão internacional harmonizado (PEREIRA, 2013).

6.3.5 Sistema de classificação EPIC

Pereira (2013) conta que o sistema EPIC é um padrão internacional para troca de informações entre bancos de dados de produtos para a construção, desenvolvido por um acordo entre representante de dez países europeus.

O EPIC encontra-se em sua versão 2, lançada em 1999, e teve como base para sua elaboração a norma ISO 12006 2:2001. O sistema EPIC é a base das tabelas 23 (Produtos), 41 (Materiais) e 49 (Propriedades) do sistema OmniClass (MANZIONE, 2013).

6.3.6 Sistema brasileiro de classificação – ABNT NBR 15965

A Norma Brasileira ABNT NBR 15965 – Sistema de classificação da informação da construção – está em desenvolvimento desde 2009 e estabelece, por meio de 13 tabelas, termos padronizados e codificados a serem utilizados em projetos e estudos de viabilidade de uma construção. O objetivo desta norma é possibilitar o uso do BIM de maneira confiável e sem perda de informações nas diversas fases de planejamento e execução. É uma iniciativa que visa garantir que um usuário envolvido na fase inicial de um empreendimento, ao utilizar os termos com a padronização estabelecida pela norma, seja capaz de passar informações perfeitamente entendíveis aos usuários envolvidos nas fases posteriores. A norma é abrangente e poderá ser aplicada por toda cadeia da construção civil, desde o setor de edificações até o setor industrial.

A norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 15965 está sendo desenvolvida pela Comissão de Estudo Especial 134 (CEE-134) de Modelagem da Informação da Construção, e reúne diversos profissionais ligados à AEC – pesquisadores de Universidades, empresários da construção, arquitetos, engenheiros e representantes de empresas (HONDA, 2016).

A NBR 15965 será dividida em sete partes:

Parte 1: Terminologia e estrutura;

Parte 2: Características dos objetos da construção;

Parte 3: Processos da construção;

Parte 4: Recursos da construção;

Parte 5: Resultados da construção;

Parte 6: Unidades da construção;

Parte 7: Informação da construção.

6.4 SOFTWARES UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DESTE TRABALHO

6.4.1 Revit

O Revit (Autodesk) é uma ferramenta de modelagem capaz de associar informações aos objetos pertencentes ao modelo. Aplicativo mais difundido no mercado, este programa tem a capacidade de compreender programas específicos de estruturas – Revit Structure – e de instalações – Revit MEP, garantindo maior rapidez na compatibilização e coordenação dos

elementos. Este programa também possibilita a exportação de dados no formato IFC (ROSSO, 2011).

Segundo Justi (2007), o Revit é uma plataforma da Autodesk que usa a tecnologia BIM. É um *software de design* de projeto de arquitetura e engenharia aliado a um sistema completo de documentação que suporta todas as fases do projeto.

O usuário pode ir da concepção esquemática do projeto até a parte executiva com todo detalhamento que lhe for necessário, inclusive gerando tabelas diversas dos objetos usados no projeto, com um poder de representação foto-realístico.

O cerne da plataforma Revit é a engrenagem de parametrização, onde qualquer mudança no modelo suscita mudanças em todos os documentos do projeto, sejam eles cortes, vistas, fachadas, detalhes, quantitativo etc.

6.4.2 Ms Project

Atualmente há *softwares* disponíveis no mercado que são verdadeiras ferramentas de apoio à gestão de projetos. Eles auxiliam na fase de planejamento, execução, bem como no monitoramento e controle de um projeto. Uma destas ferramentas é o Ms Project, da Microsoft, um dos *softwares* mais utilizados por gerenciadores de projetos.

O Ms Project é o *software* mais popular para criação de cronogramas, capaz de gerenciar três fatores interdependentes muito importantes em um projeto: tempo, escopo e recursos. O último *benchmarking*¹ em gerenciamento de projetos realizado pelo PMI mostrou que 74,9% dos seus entrevistados utilizam MS Project como *software* para gerenciamento do projeto (SABINO, 2015).

São diversas as saídas (*outputs*) exploráveis através do Ms Project: tempo, gráfico de Gantt, modelos probabilísticos, diagramas de rede, custos e uma gama de relatórios. No geral, o *software* se baseia no modelo de Diagrama de Rede e permite a utilização de tabelas no processo de entrada de dados, bem como o uso de subprojetos. Possui, ainda, recursos para agrupar, filtrar e classificar tarefas e um conjunto de padrões de relatórios a serem gerados. Entretanto, dá aos usuários a possibilidade de criarem seus próprios relatórios e de definir novas variáveis, se assim o desejar.

¹ *Benchmarking* consiste na busca das melhores práticas numa determinada indústria. É o processo de avaliação da empresa em relação à concorrência, por meio do qual incorpora os melhores desempenhos de outras firmas e aperfeiçoa seus próprios métodos.

6.4.3 Navisworks

O *software* Navisworks Manage 2017, da Autodesk, é uma ferramenta de análise do projeto BIM que fornece ferramentas avançadas e recursos para melhorar a comunicação e o compartilhamento das informações entre os diversos intervenientes de um projeto. Este *software* permite que os profissionais da AEC revejam os modelos 3D e toda a informação do projeto de maneira integrada, o que lhes dá maior controle sobre o mesmo. Como potencialidades deste *software*, destacam-se a simulação dos projetos em tempo real, quantificação, renderização, análise e coordenação. A possibilidade de simular o faseamento construtivo auxilia a equipe de profissionais na tomada de decisões, pois permite que soluções de planejamento para o projeto sejam simuladas (BARBOSA, 2014).

O *software* Navisworks possui três formatos diferentes:

- NWC (*Navisworks Cache File*) – este é o formato padrão do Navisworks, que é ligado ao arquivo inicial (RVT, neste caso). Este formato comprime o modelo em até 90% do tamanho original e permite a publicação de arquivos em NWF.
- NWF (*Navisworks Set File*) – este é o ficheiro de projeto que está vinculado aos arquivos originais: quando há alterações nos projetos originais e se abre o ficheiro NWF, as alterações são feitas automaticamente.
- NWD (*Navisworks Document File*) – este formato contém toda a geometria do modelo. Quando o projeto está concluído, deve ser entregue ao cliente/proprietário neste ficheiro.

O Autodesk Navisworks é um recurso para apoiar o fluxo de trabalho de revisão de projeto em BIM, pois permite a inserção de comentários (chamados *red lines*) em uma vista 3D, além da identificação de conflitos por colisão de elementos (*clash detection*) e da simulação da evolução da obra, através da inserção de um cronograma (feito no Ms Project ou no Primavera) ao modelo 3D (CARDIAL, 2014).

O uso do Autodesk Navisworks Manage alinha o projeto aos conceitos do BIM, tanto na fase de planejamento, quando as decisões mais importantes são tomadas, quanto na fase de execução, como ferramenta de compatibilização, revisão e acompanhamento do progresso da construção.

6.4.4 Synchro Professional

O *software* Synchro Professional, da Synchro Ltd., é uma ferramenta que viabiliza a apresentação de desenhos de engenharia nas dimensões 3D e 4D, através de integração entre o planejamento executado num *software* de planejamento (Primavera ou Ms Project) e os projetos executados em programas CAD 3D, de forma que o projeto possa ser visualizado em tempo real na sua sequência de execução em múltiplas dimensões.

As características gerais do Synchro são:

- Gera pré-visualização gráfica em 3D/4D do projeto de engenharia
- Gestão de projetos de engenharia
- Mantém todos os envolvidos informados sobre a evolução do projeto
- Permite analisar e mitigar riscos
- Gerencia a cadeia de suprimentos de forma precisa e eficiente
- Integra dados de programas de design CAD 3D com dados de programas de gestão de projetos, gerando simulações completas e fieis à realidade
- Proporciona uma visualização completa da simulação da construção, considerando as alterações feitas em dados do gerenciamento de riscos e prazos do projeto, exibindo em tempo real os efeitos que tais modificações vão acarretar na construção
- Gerenciamento de recursos
- Múltiplas bases para comparar o desempenho real do projeto com o desempenho previsto
- Monitoramento de progresso do projeto
- Gera simulações 3D/4D de recursos materiais, equipamentos e espaços físicos
- Importa, exporta e sincroniza dados com o Primavera
- Importa e exporta cronogramas no formato Microsoft Office Project Standard XML
- Gera documentação detalhada e precisa para apresentações de propostas
- Exibe lista de tarefas e gráficos de Gantt, facilitando a visualização do andamento do projeto
- Analisa valor agregado
- Fornece acesso concomitante a um projeto compartilhado, permitindo uma permanente sincronia de dados que contam com um planejamento colaborativo.

6.4.5 IFC Quick Browser

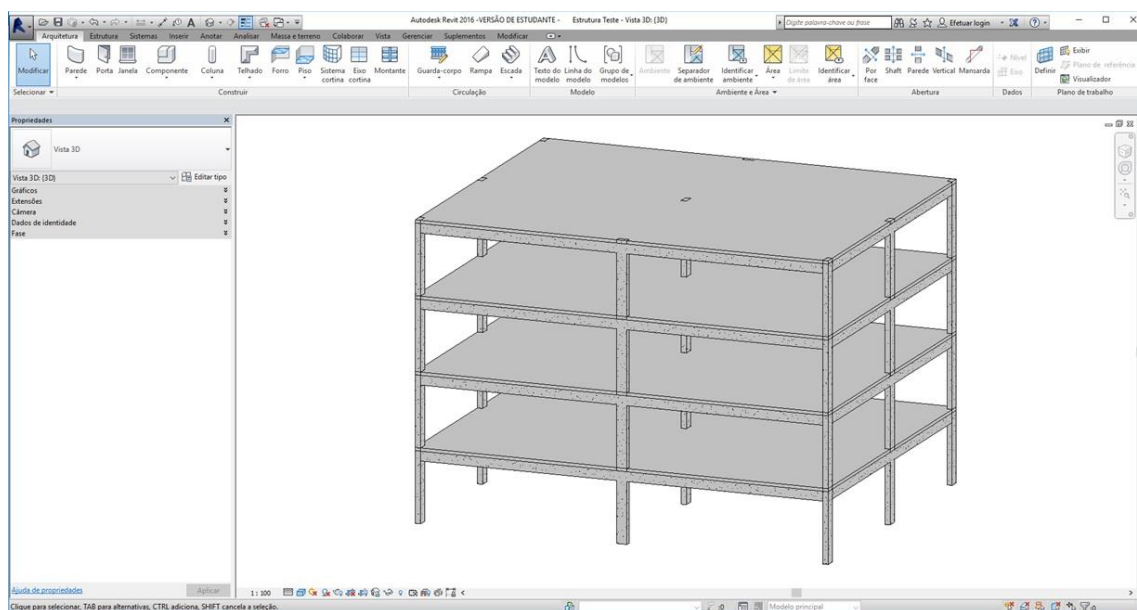
O *software* IFC Quick Browser foi desenvolvido pela GEM Team Solutions e vem auxiliar a leitura de arquivos IFC. No aplicativo, é possível abrir o arquivo IFC gerado por um *software* de modelagem para analisar os parâmetros e entidades IFC nele contidos. Neste *software*, a estrutura IFC é exibida em forma de árvore, o que auxilia a visualização e análise do texto IFC. O aplicativo IFC Quick Browser foi utilizado neste trabalho para compreensão da estrutura IFC e entendimento da hierarquia de classes do formato.

6.5 ETAPA DE MODELAGEM

6.5.1 Modelagem do projeto no *software* Revit

Primeiramente, criou-se o modelo (Figura 11) a ser estudado com auxílio do *software* Revit. Como o objetivo deste trabalho não é compreensão da representação geométrica através da linguagem IFC, o modelo criado não dispõe de geometria complexa, detalhamento construtivo e nem de pormenorização dos elementos adotados. Pelo contrário, o modelo é trivial, com geometria usual e tipologia construtiva simples.

Figura 11: Modelo em Revit

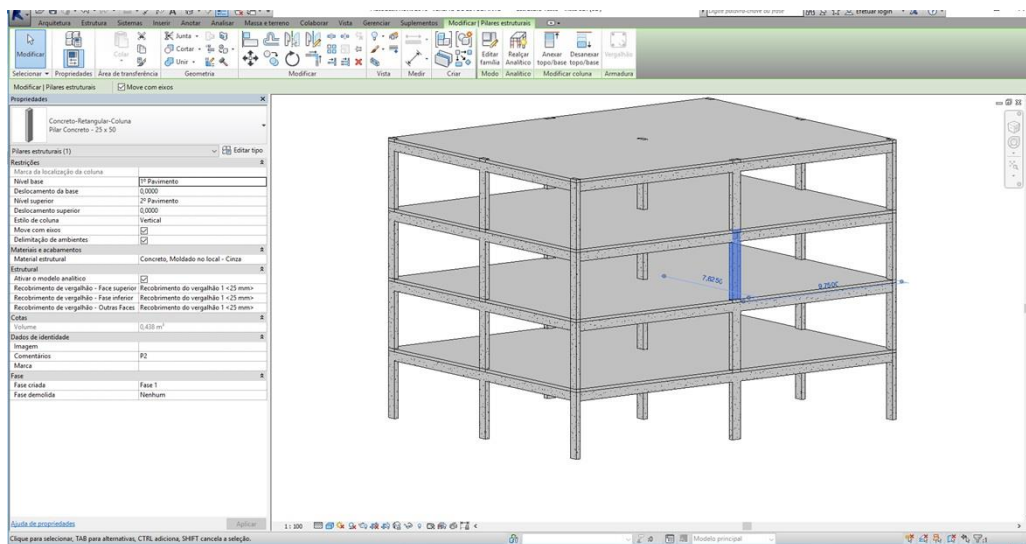


Fonte: (Autoria própria).

Para modelagem da estrutura, adotou-se como material o concreto, que foi atribuído aos três elementos construtivos – vigas, pilares e lajes, onde:

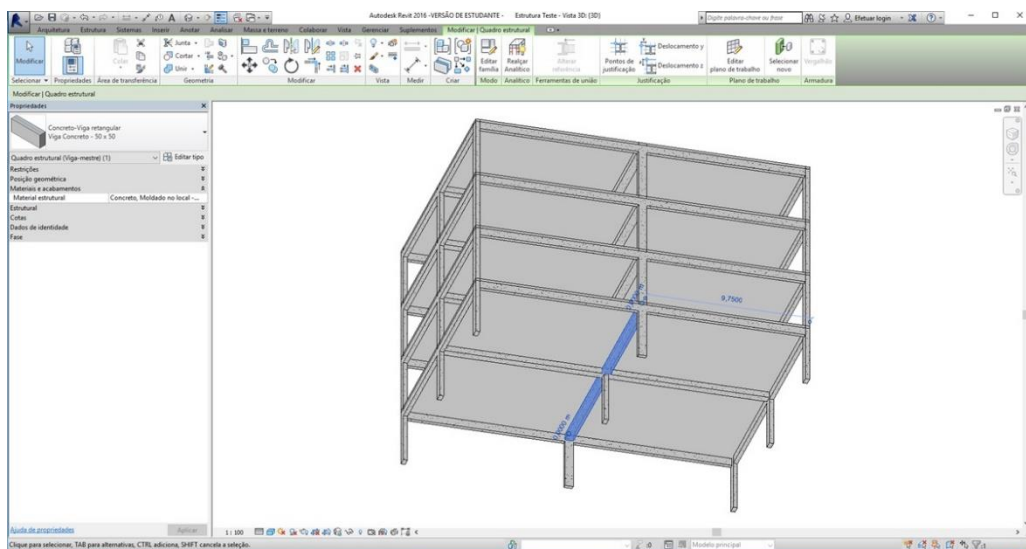
- Os pilares (Figura 12) têm todas as mesmas dimensões: 25 x 50 cm.
- As vigas do meio (Figura 13) possuem dimensões de 50 x 50 cm.
- As demais vigas possuem dimensões de 25 x 60 cm (Figura 14).
- As lajes foram separadas em quatro panos por pavimento, e possuem, todas, 20 cm de espessura (Figura 15).

Figura 12: Inserção de pilares 25x50 cm



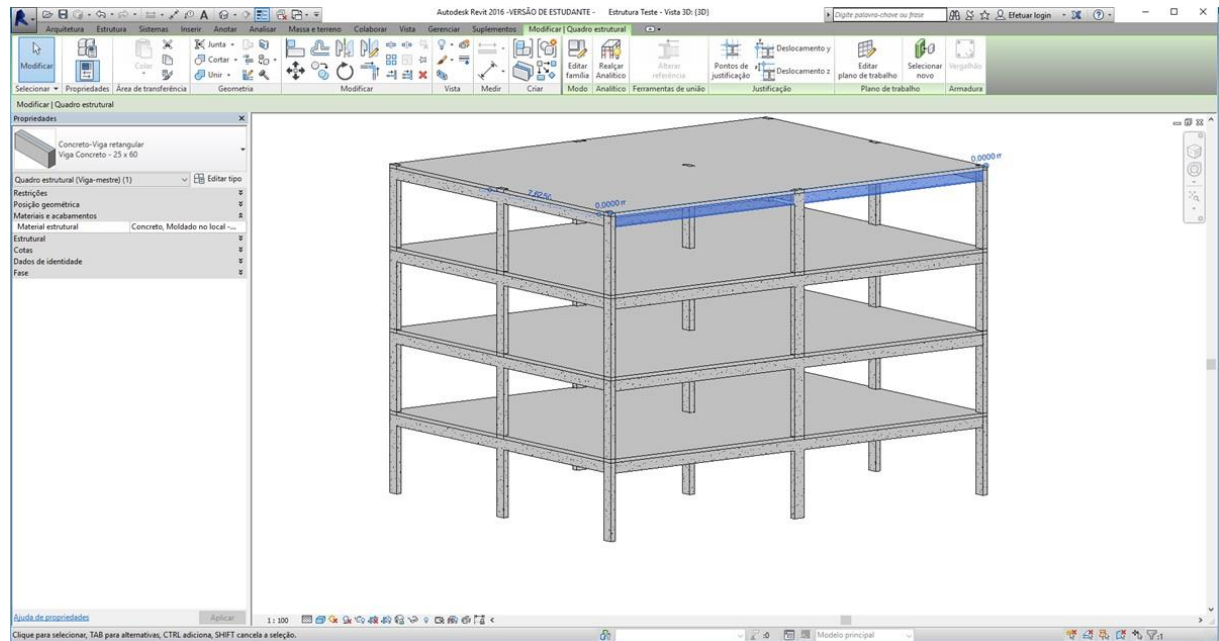
Fonte: (Autoria própria).

Figura 13: Inserção de vigas 50x50 cm



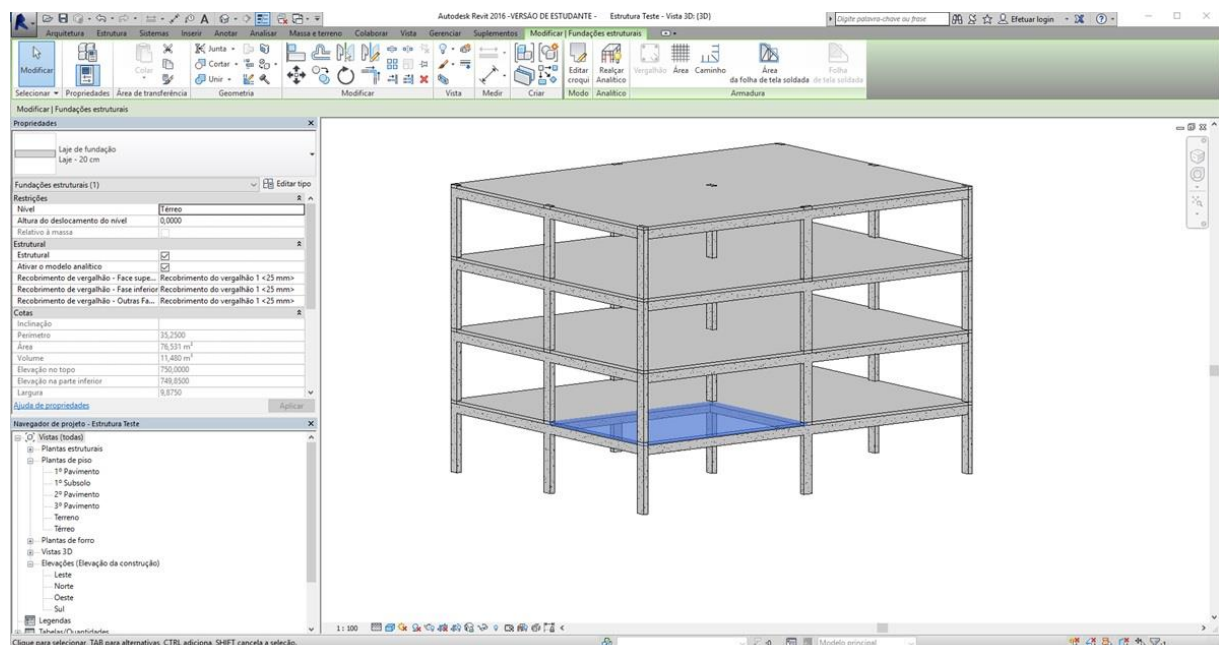
Fonte: (Autoria própria).

Figura 14: Inserção de vigas 25x60 cm



Fonte: (Autoria própria).

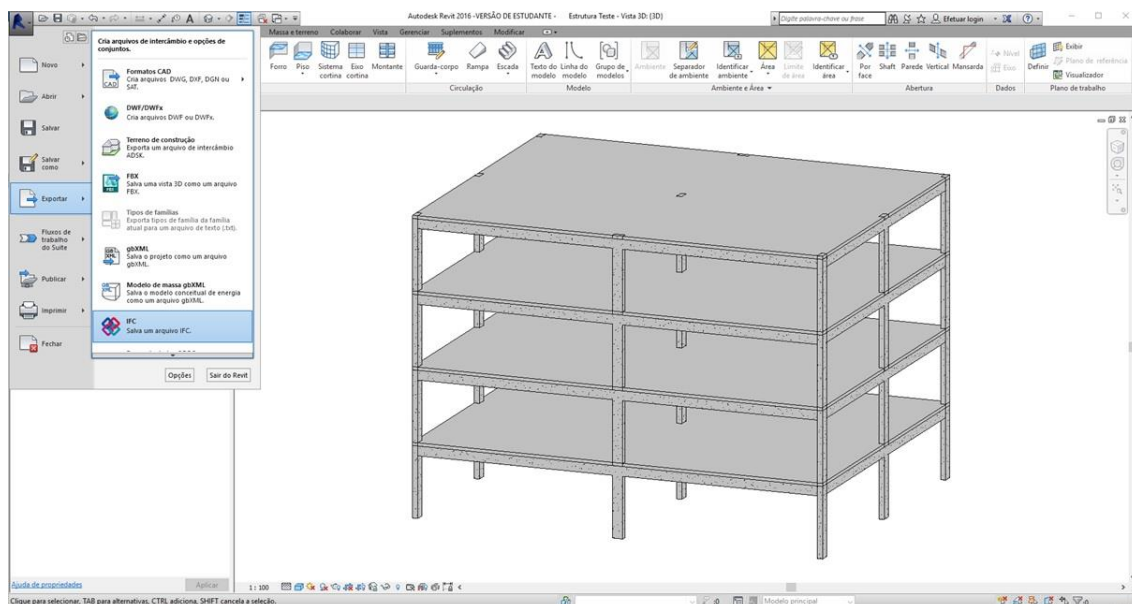
Figura 15: Inserção de lajes



Fonte: (Autoria própria).

O Revit gera arquivos em seu formato proprietário, .rvt. Além disso, também exporta arquivos em formato livre, .ifc e em formato .dwf. O modelo desenvolvido foi exportado em formato .ifc a fim de viabilizar os estudos futuros. A Figura 16 mostra a janela de exportação do Revit.

Figura 16: Janela de exportação do Revit



Fonte: (Autoria própria).

6.5.2 Criação do cronograma para o projeto com auxílio do Ms Project

Com auxílio do Ms Project foi criado o cronograma de atividades para o modelo em questão. Foi estabelecido que as tarefas seriam desenvolvidas por pavimento, a começar pelo térreo, conforme a sequência de execução de uma obra de prédio.

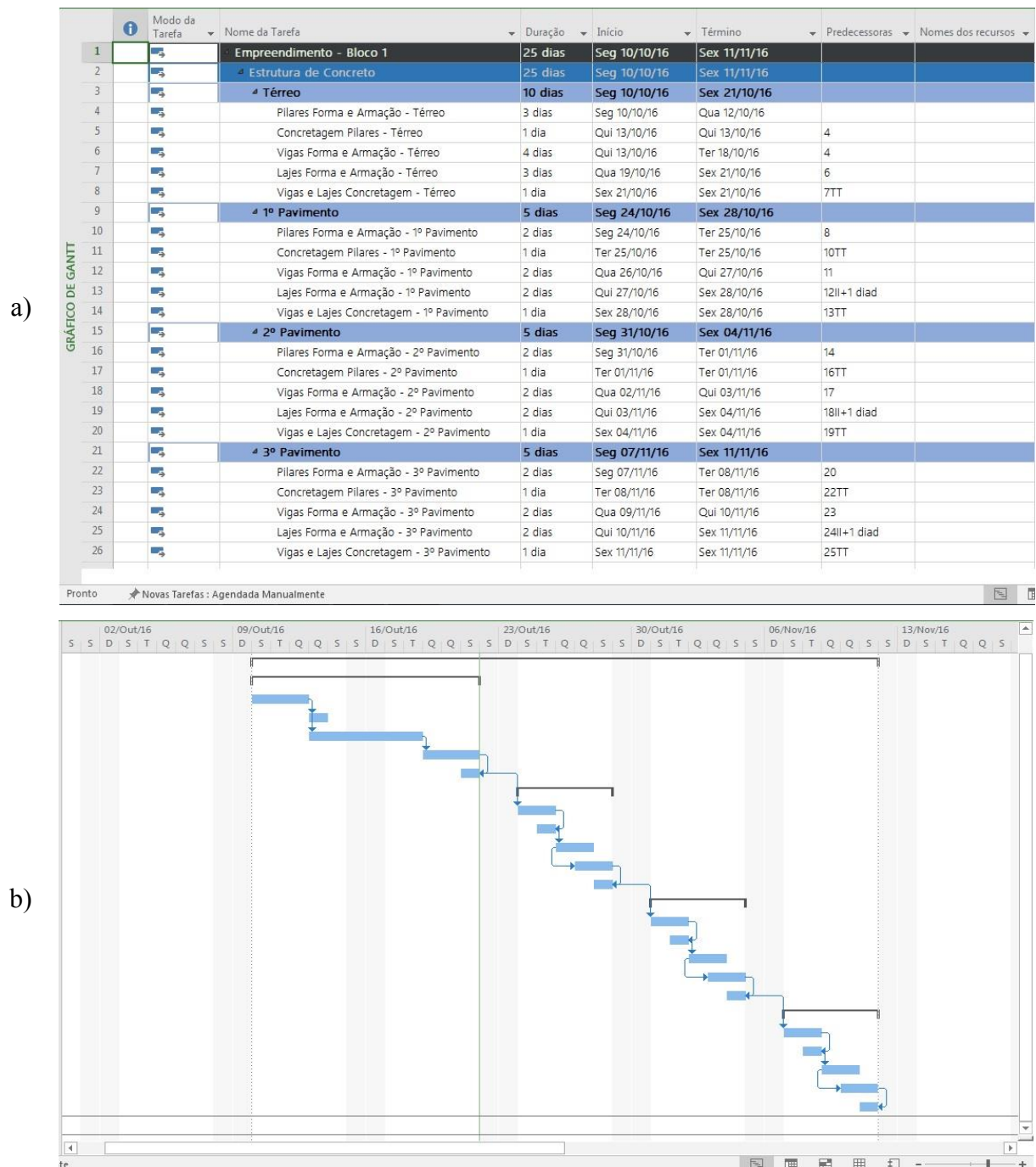
Para cada pavimento foram definidas cinco tarefas, a saber:

- Pilares Fôrma e Armação: as atividades iniciam-se com o fechamento de fôrmas e execução das armaduras dos pilares.
- Concretagem Pilares: em seguida, procede-se à concretagem dos pilares.
- Vigas Fôrma e Armação: execução de fôrmas e armaduras das vigas.
- Lajes Fôrma e Armação: execução de fôrmas e armaduras das lajes.
- Vigas e Lajes Concretagem: por fim, concretam-se vigas e lajes numa mesma etapa.

A cada uma das etapas construtivas foi atribuída uma duração de tempo. Além disso, as dependências entre as tarefas também foram estabelecidas e registradas no Ms Project. Isto acontece para que o cronograma tenha aplicabilidade e seja lógico. Não faria sentido, por exemplo, o cronograma trazer a execução da laje do primeiro pavimento sem que as vigas e pilares do pavimento térreo estivessem concluídos. É por isso que a presença dos construtores e gerenciadores é importante na elaboração de um cronograma, pois eles possuem uma visão mais clara do andamento de um projeto e do sequenciamento das atividades.

Sendo assim, as atividades predecessoras de cada tarefa foram estabelecidas, bem como a relação de dependência entre elas (TI: término-término, II: início-início, TI: término-início ou IT: início-término). A Figura 17 mostra o cronograma (Figura 17a) gerado no Ms Project. O gráfico de Gantt (Figura 17b), gerado automaticamente pelo *software*, aparece a seguir.

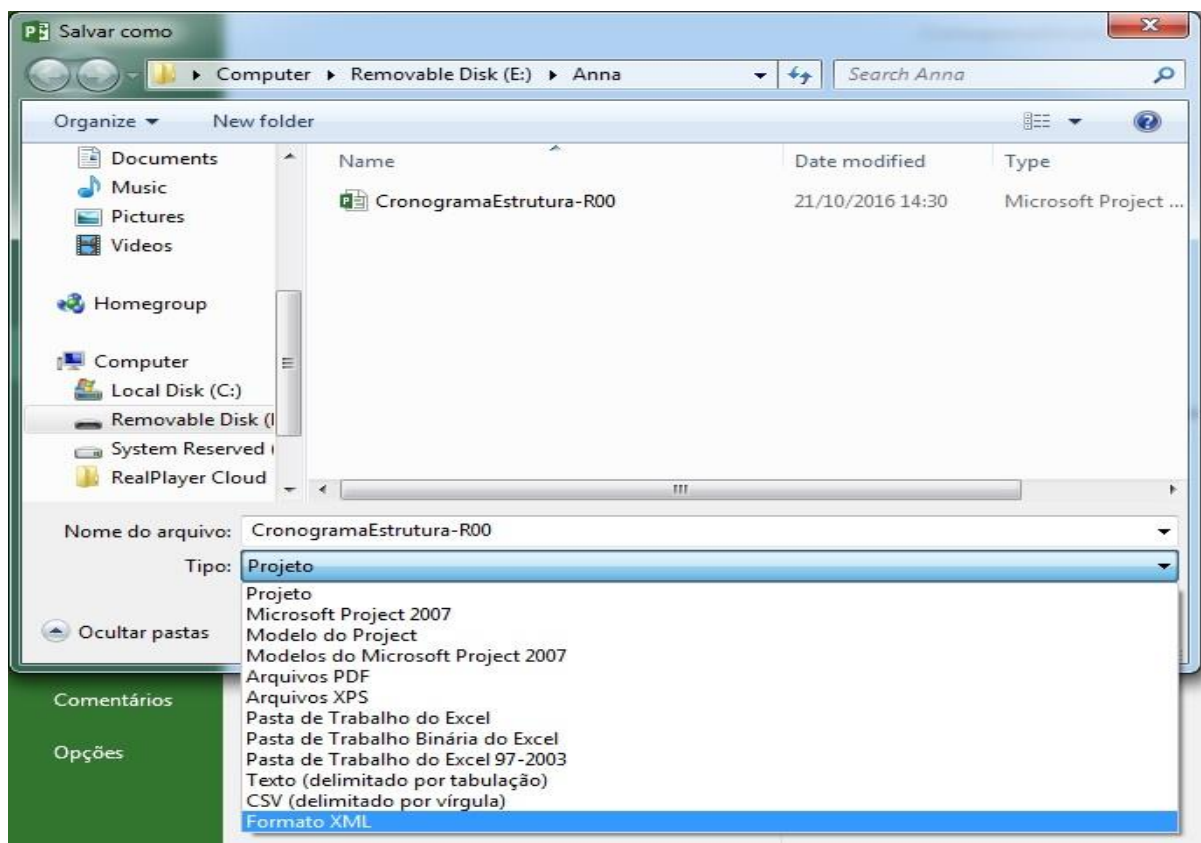
Figura 17: Cronograma desenvolvido no Ms Project



Fonte: (Autoria própria).

O projeto desenvolvido no Ms Project pode ser salvo no formato de arquivo proprietário, .mpp, ou em formato .xml. O *software* Synchrono somente aceita cronogramas em arquivo no formato .xml. A Figura 18 mostra a janela “Salvar como” do Ms Project com as opções de formato disponíveis.

Figura 18: Salvando um projeto no Ms Project



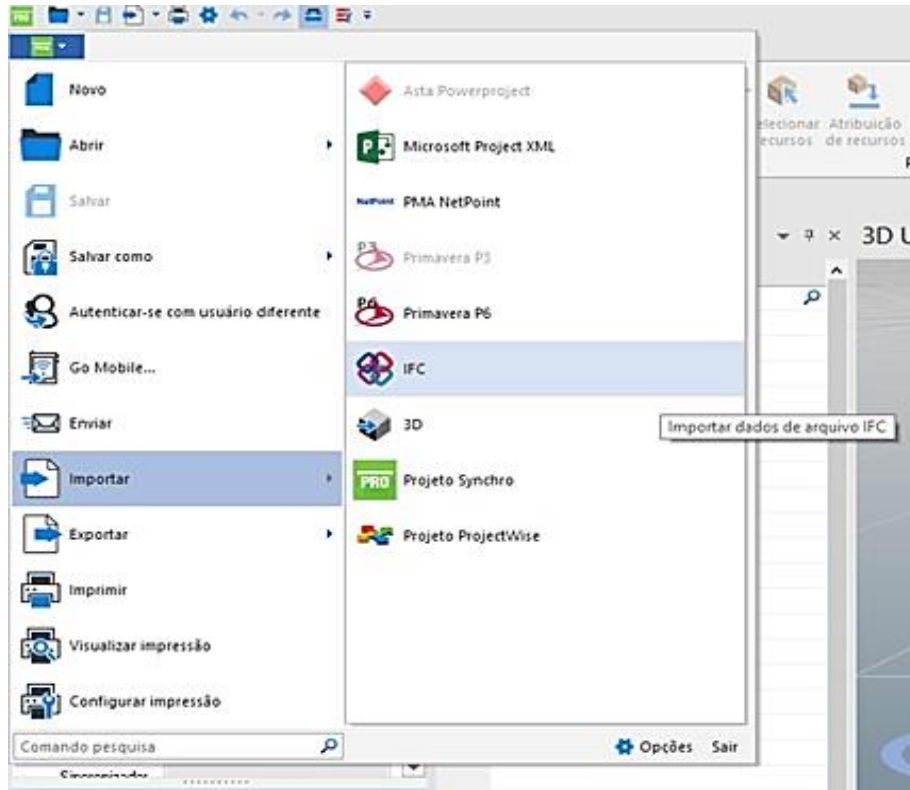
Fonte: (Autoria própria)

6.5.3 Importando um modelo 3D no Synchrono

O *software* Synchrono aceita determinados formatos de arquivo, conforme mostra a Figura 19. Para o modelo, aceita extensão .ifc e .dwf. Para o cronograma, aceita arquivos vindos do Ms Project (em formato .xml) e do *software* Primavera.

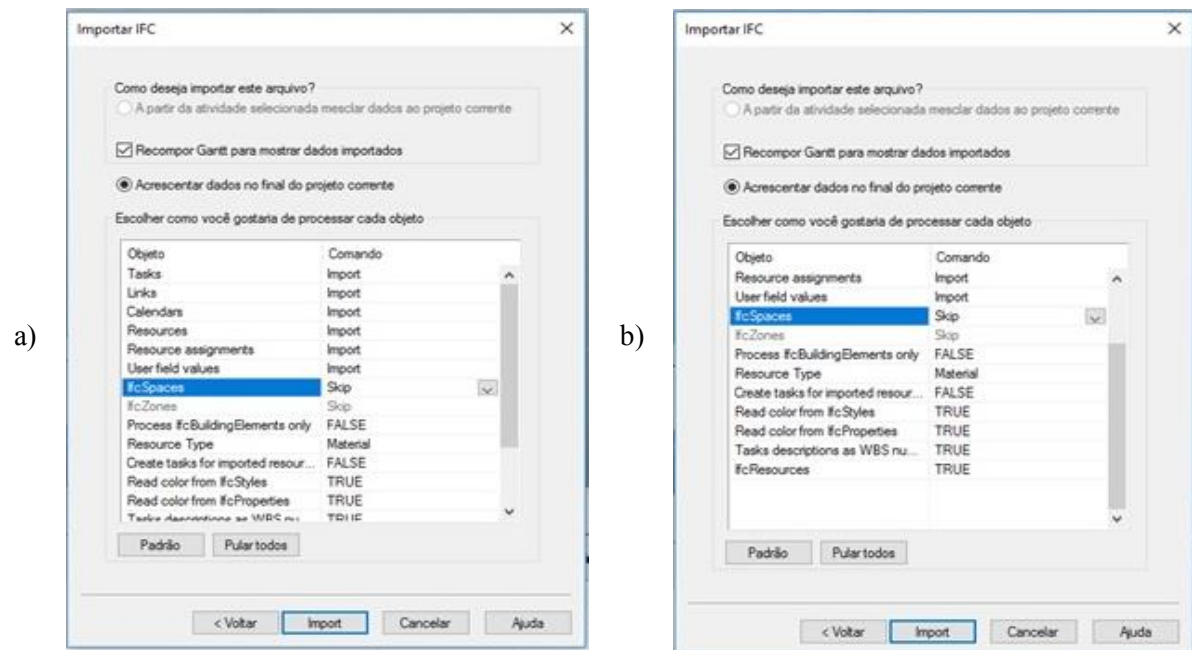
Quando se importa um arquivo IFC no Synchrono, o *software* dá ao usuário a opção de filtrar as informações que deseja importar (Figura 20), de acordo com seu interesse.

Figura 19: Importando um arquivo IFC no *software* Synchro



Fonte: (Autoria própria).

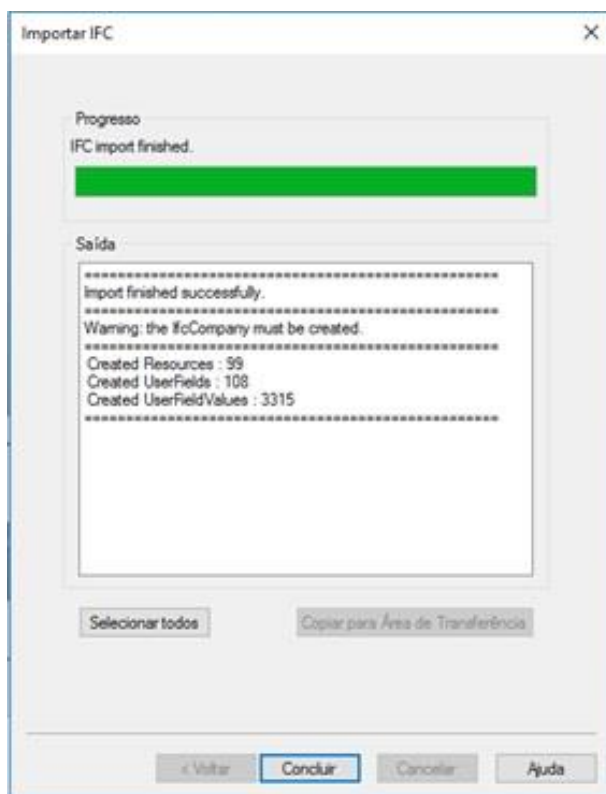
Figura 20: Opções de importação de arquivo IFC no Synchro



Fonte: (Autoria própria).

Ao final da importação é exibida a tela mostrada na Figura 21, indicando que o processo de importação foi concluído com sucesso.

Figura 21: Processo de importação de arquivo IFC no Synchro



Fonte: (Autoria própria).

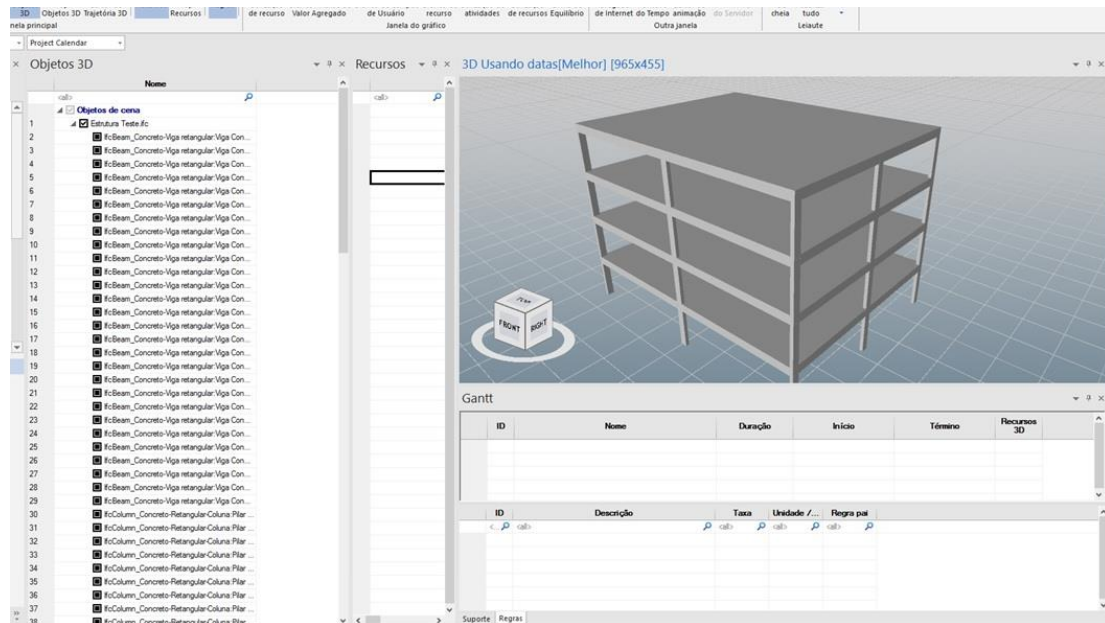
Ao se importar um arquivo IFC no Synchro, o *software* reconhece automaticamente as entidades vindas da estrutura do arquivo IFC e as relaciona à geometria do modelo. Ao final do processo de importação, o modelo é exibido na tela, e os elementos identificados pelo *software* são exibidos na aba “Objetos 3D” (Figura 22).

Para o modelo em questão, as seguintes entidades IFC foram identificadas:

- IfcColumn, para os pilares
- IfcBeam, para as vigas
- IfcSlab, para as lajes.

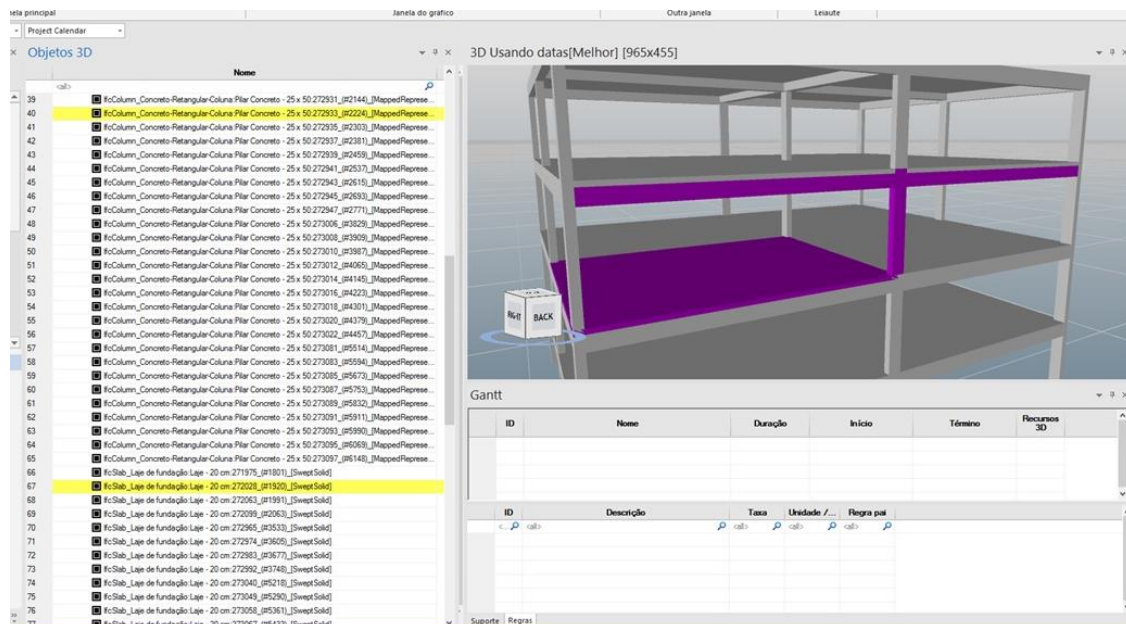
Quando se clica em um objeto da lista, ele é colocado em evidência na vista 3D (Figura 23), o que auxilia a visualização e identificação de objetos por parte do usuário.

Figura 22: Modelo em formato IFC importado no Synchro



Fonte: (Autoria própria).

Figura 23: Identificação de Objetos 3D

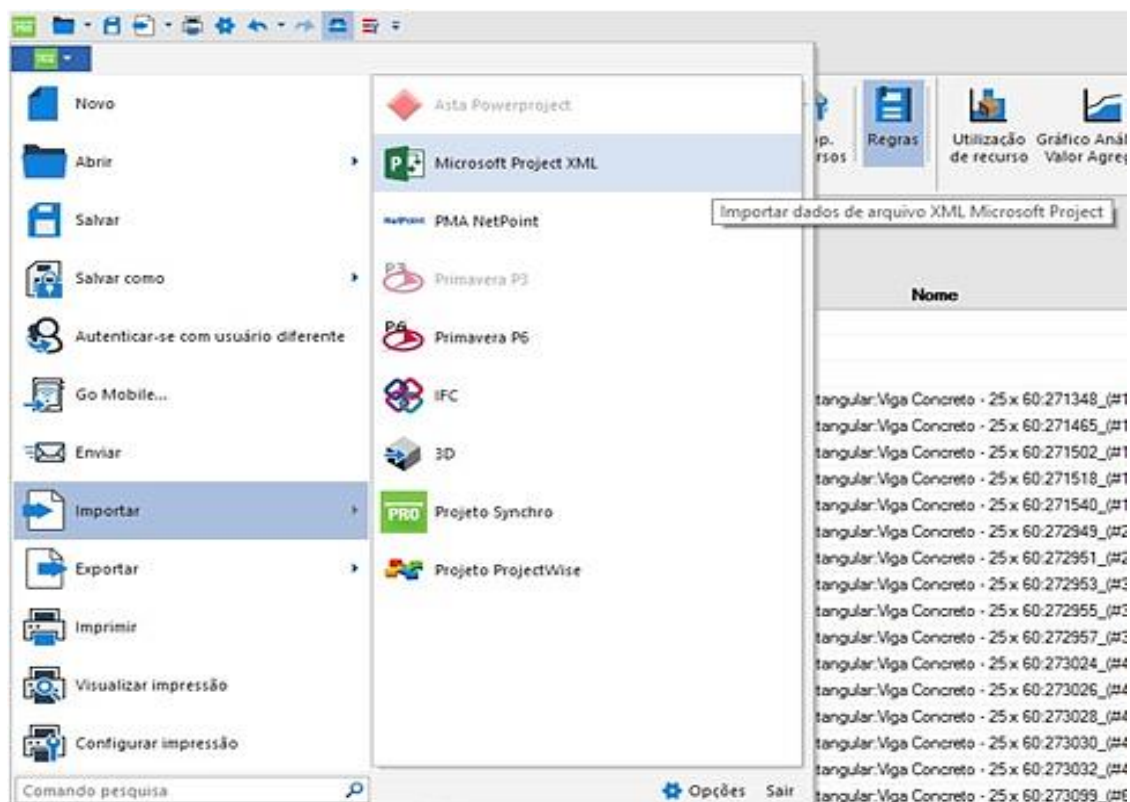


Fonte: (Autoria própria).

6.5.4 Importando um cronograma do Ms Project no Synchro

Conforme dito anteriormente, o Synchro aceita cronogramas gerados no *software* Primavera ou no Ms Project, desde que, neste último caso, na extensão .xml. A Figura 24 mostra a tela de importação do Synchro.

Figura 24: Importando um cronograma do Project no *software* Synchro



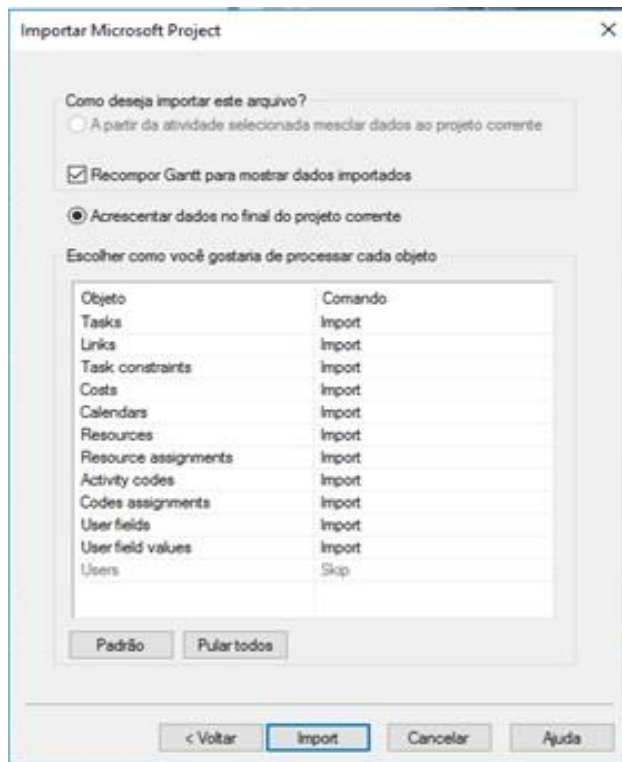
Fonte: (Autoria própria).

Quando se importa um arquivo do Ms Project no Synchro, o *software* dá ao usuário a opção de filtrar as informações que deseja importar (Figura 25), de acordo com seu interesse.

Ao final da importação é exibida a tela mostrada na Figura 26, indicando que o processo de importação do cronograma foi concluído com sucesso.

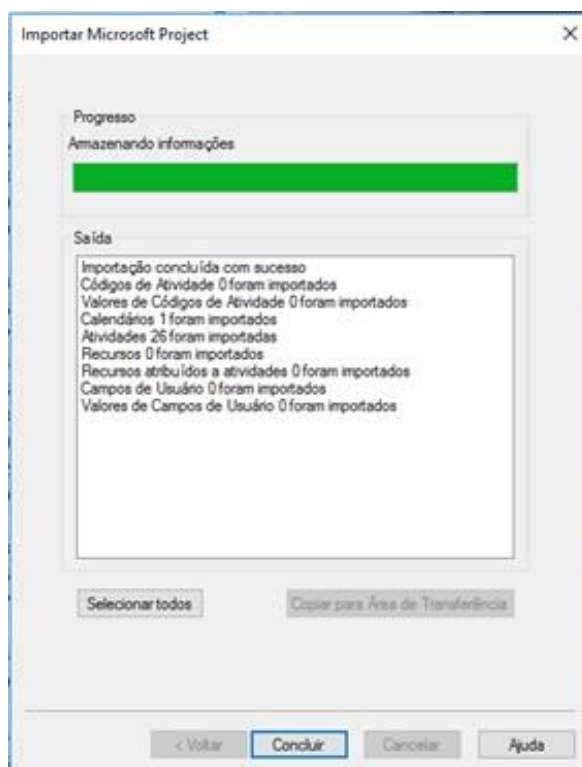
Quando se importa um cronograma no Synchro, o *software* reconhece automaticamente as atividades e cria o diagrama de Gantt correspondente. Ao final do processo de importação, a lista de atividades e o gráfico de Gantt são exibidos na aba “Gantt” do *software*, conforme a Figura 27.

Figura 25: Opções de importação de arquivo do Ms Project no Synchro



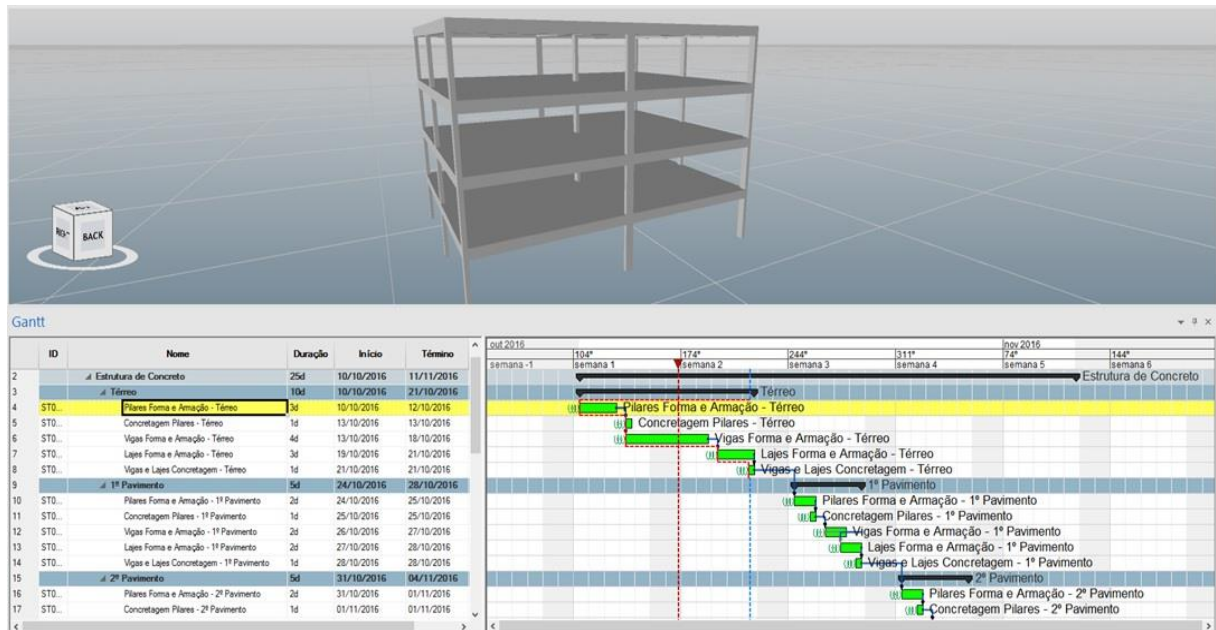
Fonte: (Autoria própria).

Figura 26: Processo de importação de arquivo XML no Synchro



Fonte: (Autoria própria).

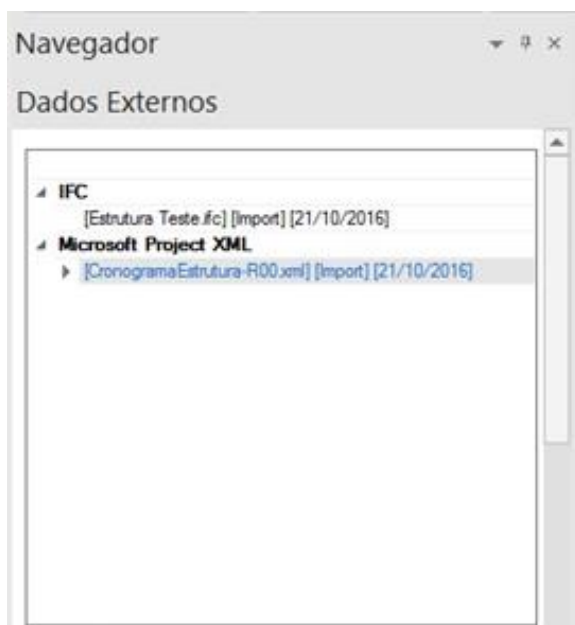
Figura 27: Cronograma em formato XML importado no Synchron



Fonte: (Autoria própria).

Neste ponto, o modelo 3D e o cronograma foram importados no Synchron. Na janela “Navegador”, em “Dados externos”, o usuário pode visualizar todos os arquivos que foram importados ao *software*. Para o caso em questão, tem-se um “IFC” e um “Microsoft Project XML” importados, conforme a Figura 28.

Figura 28: Dados externos importados no *software* Synchron



Fonte: (Autoria própria).

6.5.5 Criação de Recursos

No Synchro, existe o que se chama de “Recursos”. Estes recursos, quando criados, podem ser categorizados em “Humano”, “Material”, “Equipamento” ou “Local”. Quando se importa um modelo 3D no Synchro, o *software* automaticamente reconhece os elementos do modelo e os exibe na aba “Objetos 3D”. No entanto, a fim de que a geometria 3D possa ser relacionada ao cronograma, é necessário que ela seja, primeiramente, atrelada aos “Recursos” do Synchro. Quando se criam Recursos a partir de Objetos 3D do modelo, eles podem ter o mesmo nome do Objeto 3D ou constituir-se, ainda, de vários Objetos agrupados juntos, formando um Recurso. Os Recursos criados a partir dos Objetos 3D são classificados do tipo “Material”, pois não dizem respeito a mão de obra e nem a equipamentos – são puramente geométricos.

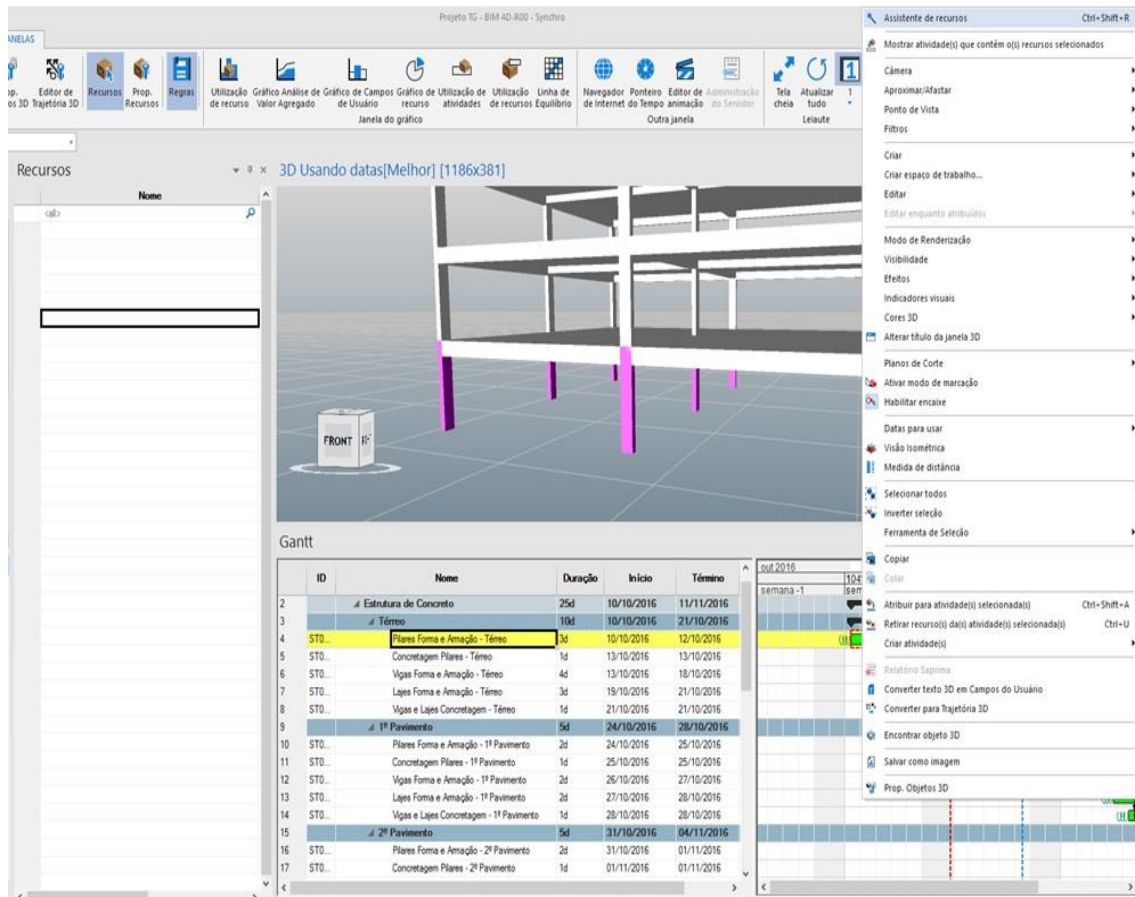
Um recurso é, por definição, uma informação utilizada pelo cronograma. É por este motivo que, a fim de se relacionar os “Objetos 3D” a uma atividade do cronograma, é necessário que se criem Recursos contendo tais objetos. Só assim o usuário poderá associá-los às atividades do cronograma.

No modelo, os Recursos foram criados para cada pavimento. Em cada andar, criou-se Recursos de pilares, vigas e lajes.

Para se agrupar vários objetos em um Recurso, o primeiro a fazer é selecionar os objetos desejados. Em seguida, com o botão direito, seleciona-se “Assistente de Recursos” (Figura 29). Nota-se que, até o momento, a aba “Recursos” está vazia, pois não há recursos criados.

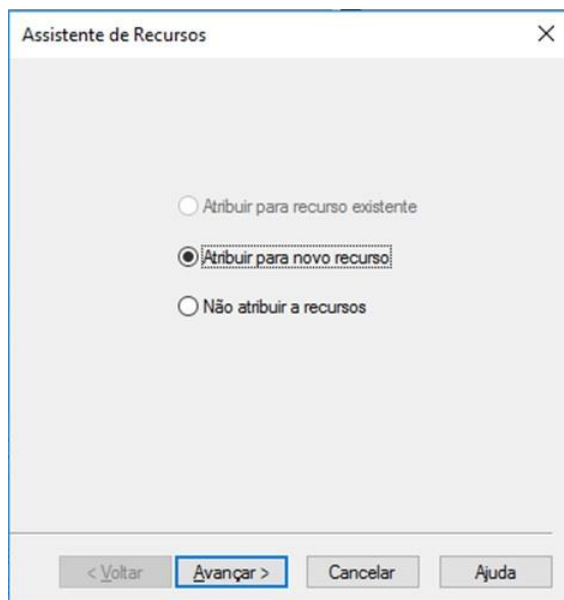
Como ainda não há recursos criados, a opção “Atribuir a recurso existente” está inativa (Figura 30). Deve-se selecionar a opção “Atribuir a novo recurso” a fim de se criar um Recurso com os Objetos 3D selecionados.

Figura 29: Criando Recursos no Synchro



Fonte: (Autoria própria).

Figura 30: Atribuindo Objetos a um novo Recurso

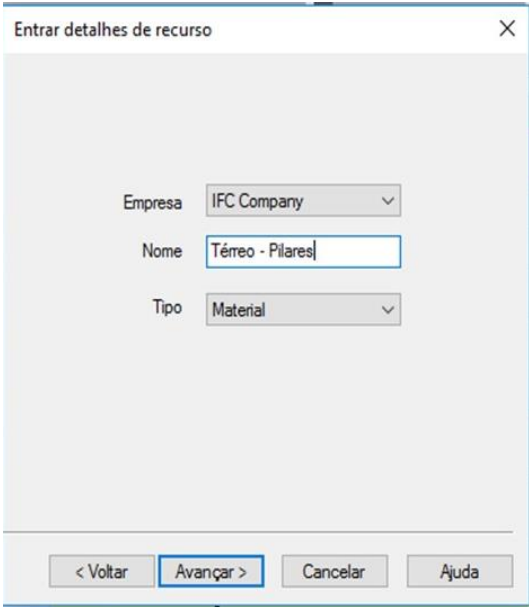


Fonte: (Autoria própria).

O passo seguinte é fornecer maiores informações a respeito do Recurso que está sendo criado. Deve-se inserir o nome da companhia executora (lembrando que um Recurso é, essencialmente, um serviço a ser tratado no cronograma) e o nome do Recurso (Figura 31a), além de sua natureza – Equipamento, Humano, Localização ou Material (Figura 31b).

Figura 31: Detalhes de Recurso

a)



Entrar detalhes de recurso

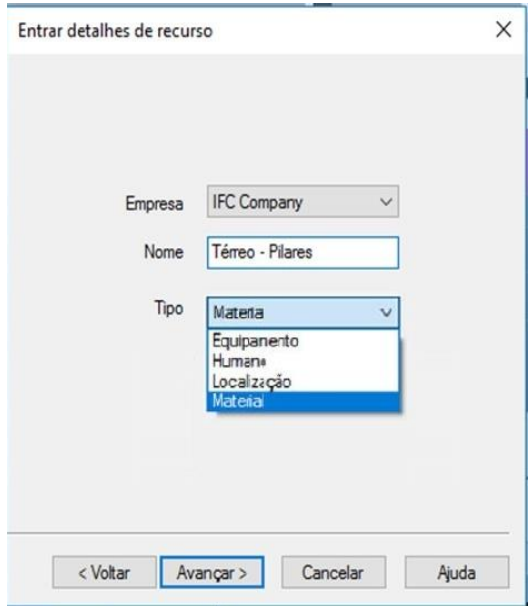
Empresa IFC Company

Nome Térreo - Pilares

Tipo Material

< Voltar Avançar > Cancelar Ajuda

b)



Entrar detalhes de recurso

Empresa IFC Company

Nome Térreo - Pilares

Tipo Materia

Equipamento

Humano

Localização

Material

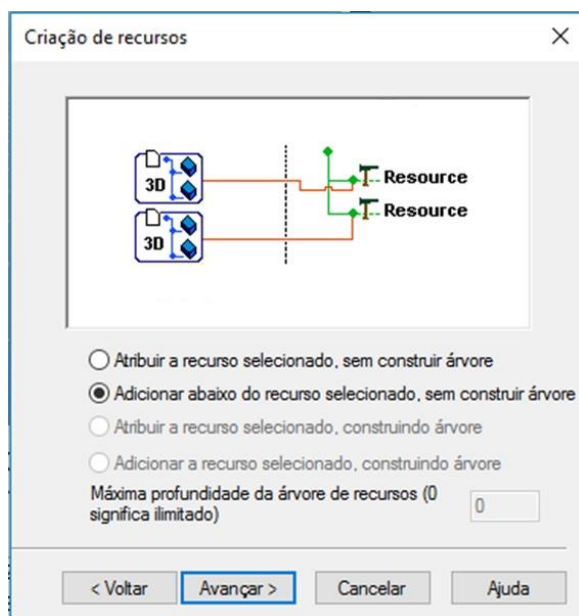
< Voltar Avançar > Cancelar Ajuda

Fonte: (Autoria própria).

A Figura 32 mostra a janela “Criação de recursos”. Quando se cria um Recurso através da seleção de vários Objetos, tem-se a opção de criar um Recurso para cada Objeto ou criar um único Recurso para todos os Objetos. As opções “sem construir árvore” e “construindo árvore”

dizem respeito à importação das informações 3D dos Objetos importados ao Synchrono. Para o modelo em questão, escolheu-se criar um Recurso para cada Objeto 3D, sem herdar as informações 3D do arquivo importado.

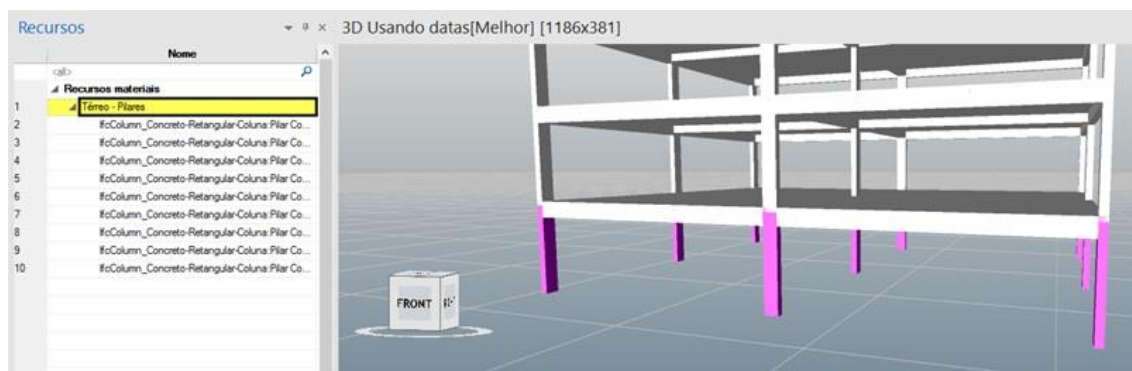
Figura 32: Criação de Recursos



Fonte: (Autoria própria).

O Recurso criado passa a ser exibido na aba “Recursos”, antes vazia. A Figura 33 mostra o Recurso “Térreo - Pilares” criado. É interessante notar que, como adotou-se a opção de se criar um Recurso para cada Objeto, nove Recursos foram criados, um para cada pilar do pavimento térreo. Ao clicar sobre o Recurso, os Objetos que fazem parte dele ficam em evidência na vista 3D, destacados em cor roxa.

Figura 33: Recurso criado

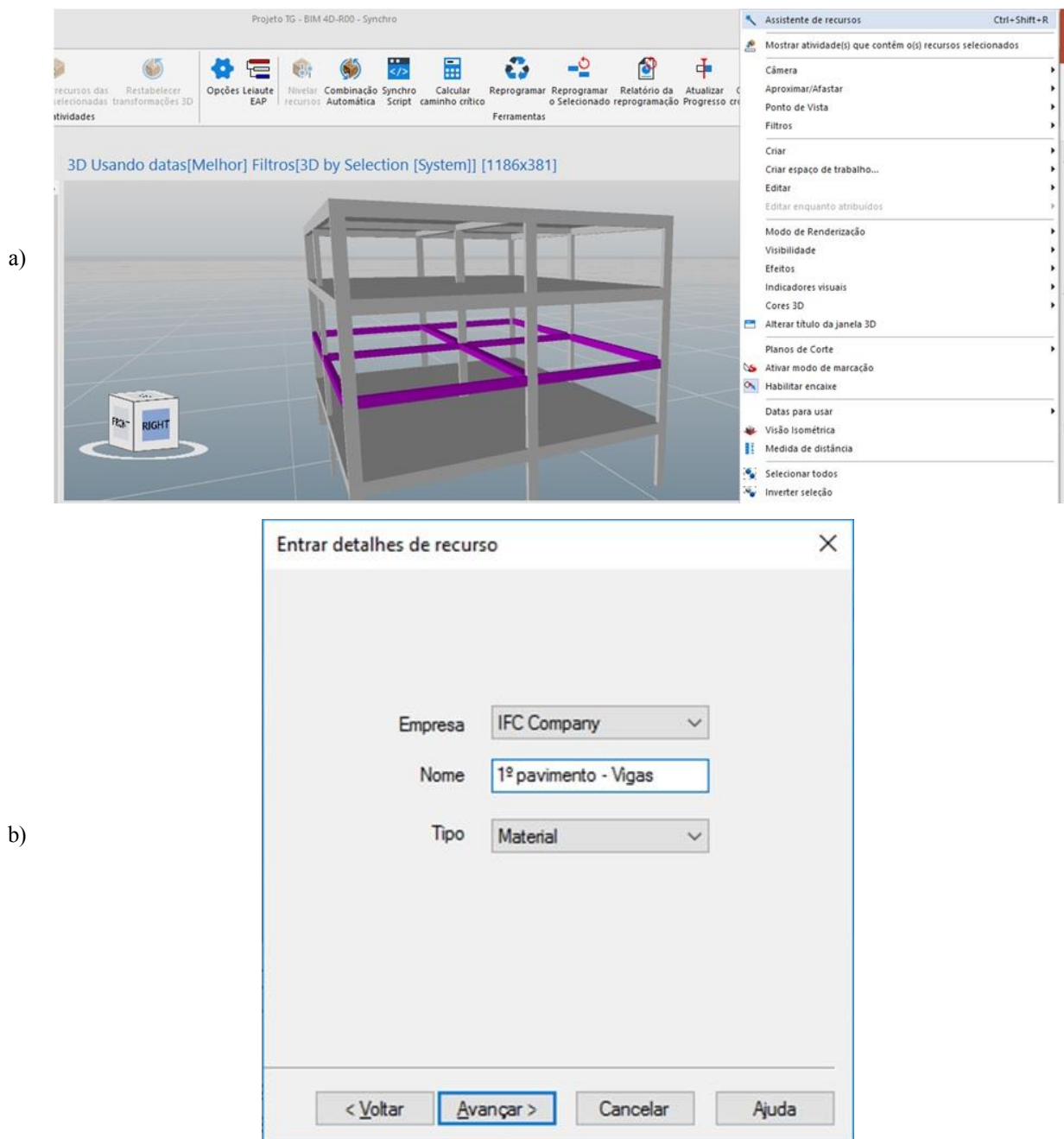


Fonte: (Autoria própria).

O processo foi repetido para a criação de Recursos para as vigas (Figura 34), lajes (Figura 35) e pilares de cada pavimento.

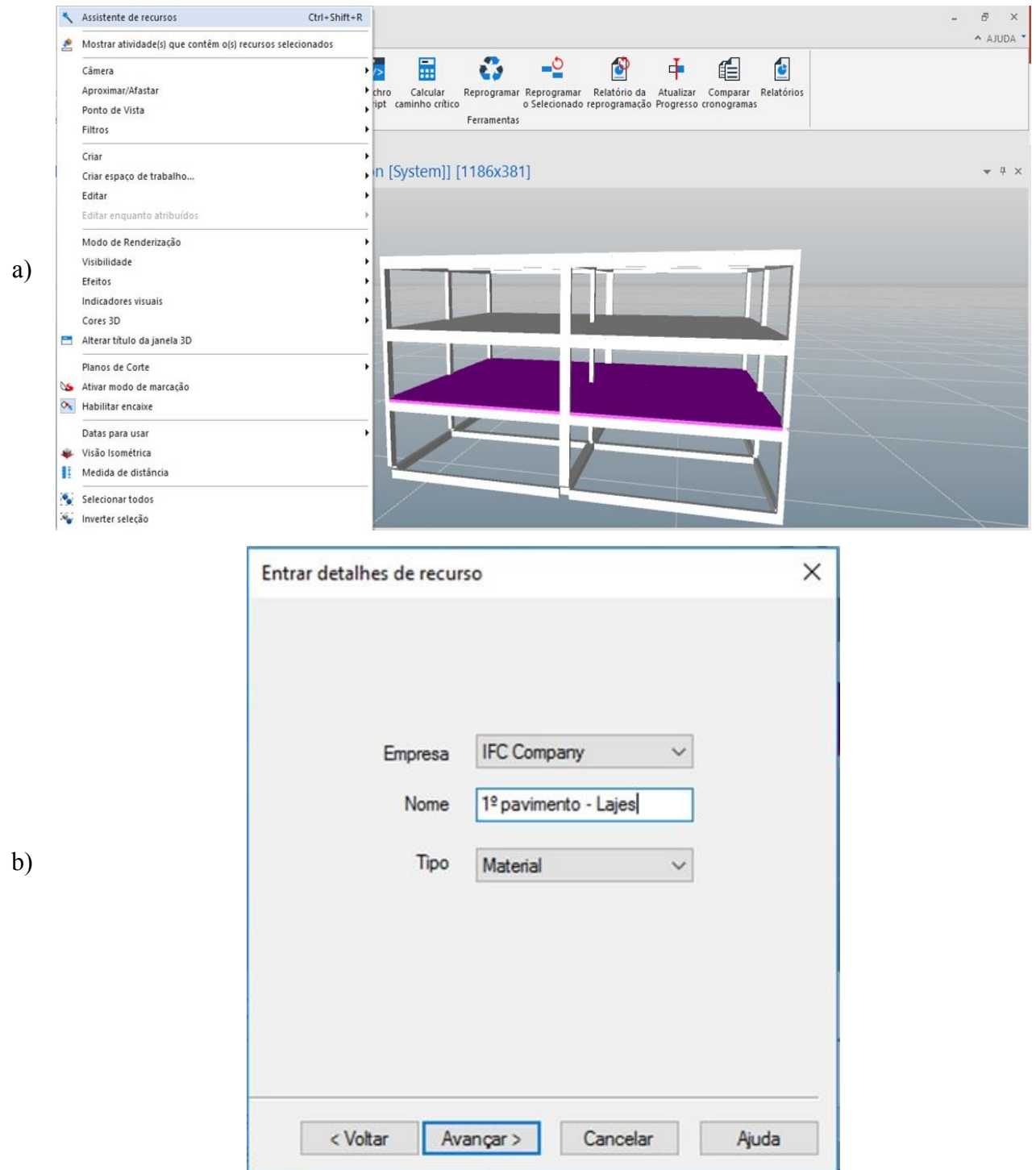
Como se pode perceber na Figura 34, é possível ocultar determinados Objetos no Synchro. Observa-se que as lajes foram ocultadas a fim de que se pudesse identificar as vigas a serem selecionadas. Esta ferramenta dá ao usuário a possibilidade de melhor visualizar um Objeto de acordo com seu interesse.

Figura 34: Criação de Recurso para vigas



Fonte: (Autoria própria).

Figura 35: Criação de Recurso para lajes



Fonte: (Autoria própria).

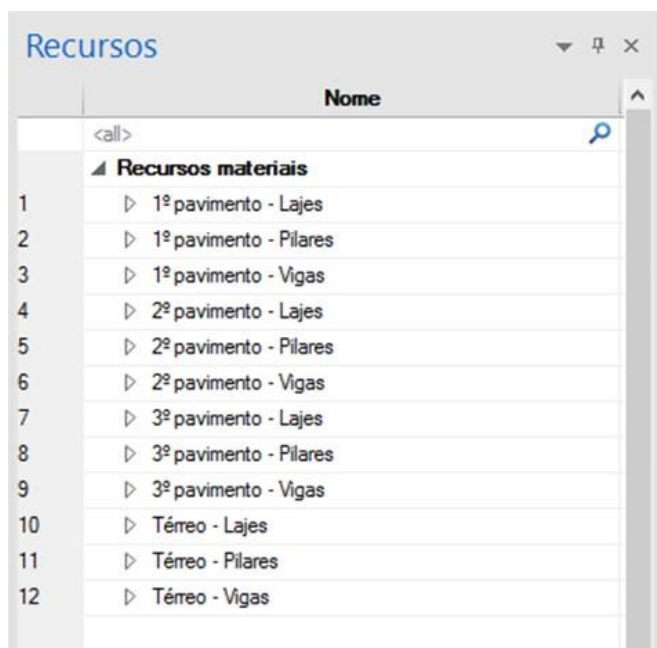
Para o modelo 3D utilizado, foram criados doze Recursos, conforme o Quadro 4. Os recursos criados são exibidos na aba “Recursos” (Figura 36).

Quadro 4 – Recursos criados a partir dos Objetos 3D

PAVIMENTO	RECURSOS CRIADOS
Térreo	Térreo – Pilares
	Térreo – Vigas
	Térreo – Lajes
1º pavimento	1º pavimento – Pilares
	1º pavimento – Vigas
	1º pavimento – Lajes
2º pavimento	2º pavimento – Pilares
	2º pavimento – Vigas
	2º pavimento – Lajes
3º pavimento	3º pavimento – Pilares
	3º pavimento – Vigas
	3º pavimento – Lajes

Fonte: (Autoria própria).

Figura 36: Lista de Recursos criados

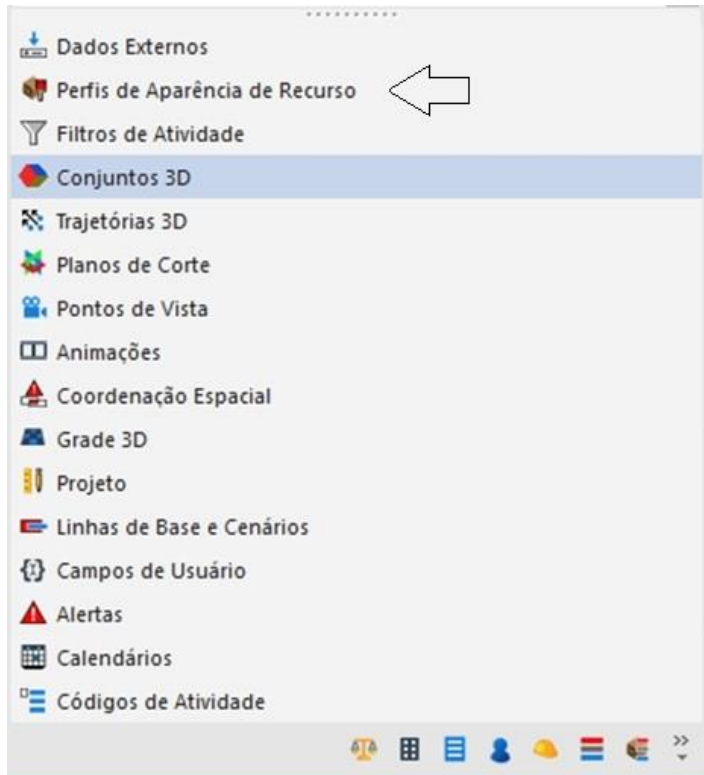


Fonte: (Autoria própria).

6.5.6 Criação de Perfis de Aparência

A etapa seguinte à criação de Recursos é a atribuição das atividades do cronograma aos Recursos criados. No entanto, antes disso, é necessário que se defina o modo de exibição de cada Recurso, a que se chama “Perfil de Aparência de Recurso” (Figura 37).

Figura 37: Perfis de Aparência de Recurso



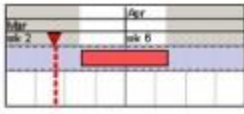
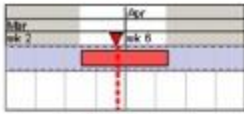
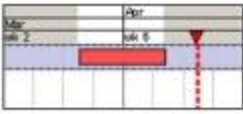
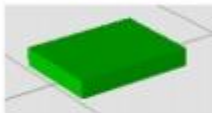
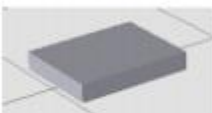
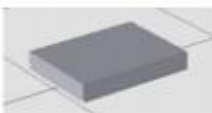
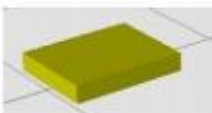
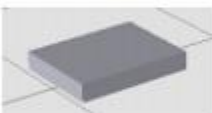
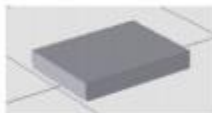
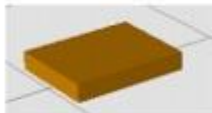
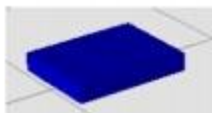
Fonte: (Autoria própria).

O Perfil de Aparência de Recurso define:

- quando o Recurso será visível (antes, durante ou após a execução da atividade)
- a cor em que o Recurso será exibido
- o padrão de crescimento do Recurso em uma simulação

O Synchro possui quatro perfis de aparência pré-definidos, chamados “Perfis de sistema”: instalar, manter, remover, temporário. As três características enumeradas acima são mais facilmente compreendidas através da Figura 38.

Figura 38: Perfis de Aparência *default* do Synchro

PROFILE	FOCUS TIME		
	 Before Task	 During Task	 After Task
INSTALL	 Start Appearance	 Active Appearance	 End Appearance
MAINTAIN	 Start Appearance	 Active Appearance	 End Appearance
REMOVE	 Start Appearance	 Active Appearance	 End Appearance
TEMPORARY	 Start Appearance	 Active Appearance	 End Appearance

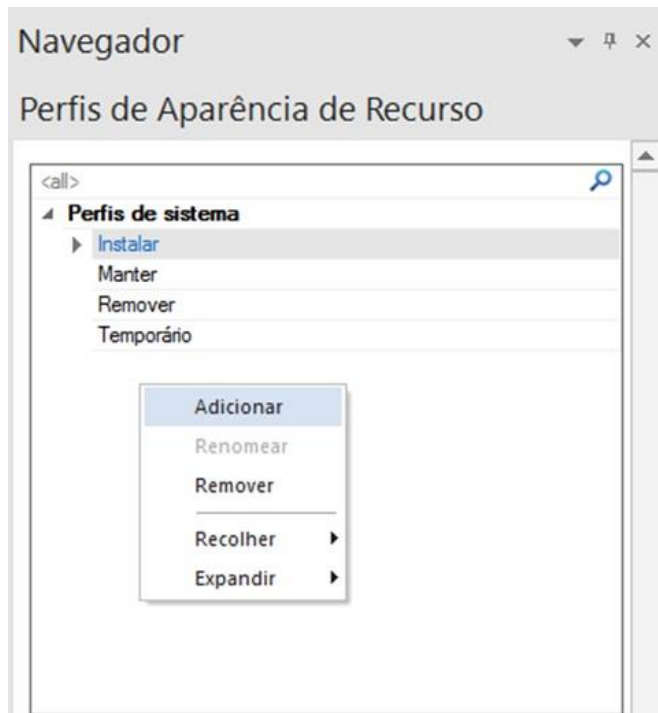
Fonte: (Synchro PRO, 2015).

Entretanto, o Synchro também dá ao usuário a opção de criar seus próprios Perfis de Aparência (Figura 39). É importante dizer que um mesmo Perfil de Aparência pode ser atribuído a mais de um Recurso.

Para o modelo 3D em questão, foram definidos quatro perfis de aparência. Para cada perfil criado, é necessário definir as informações mostradas na Figura 40.

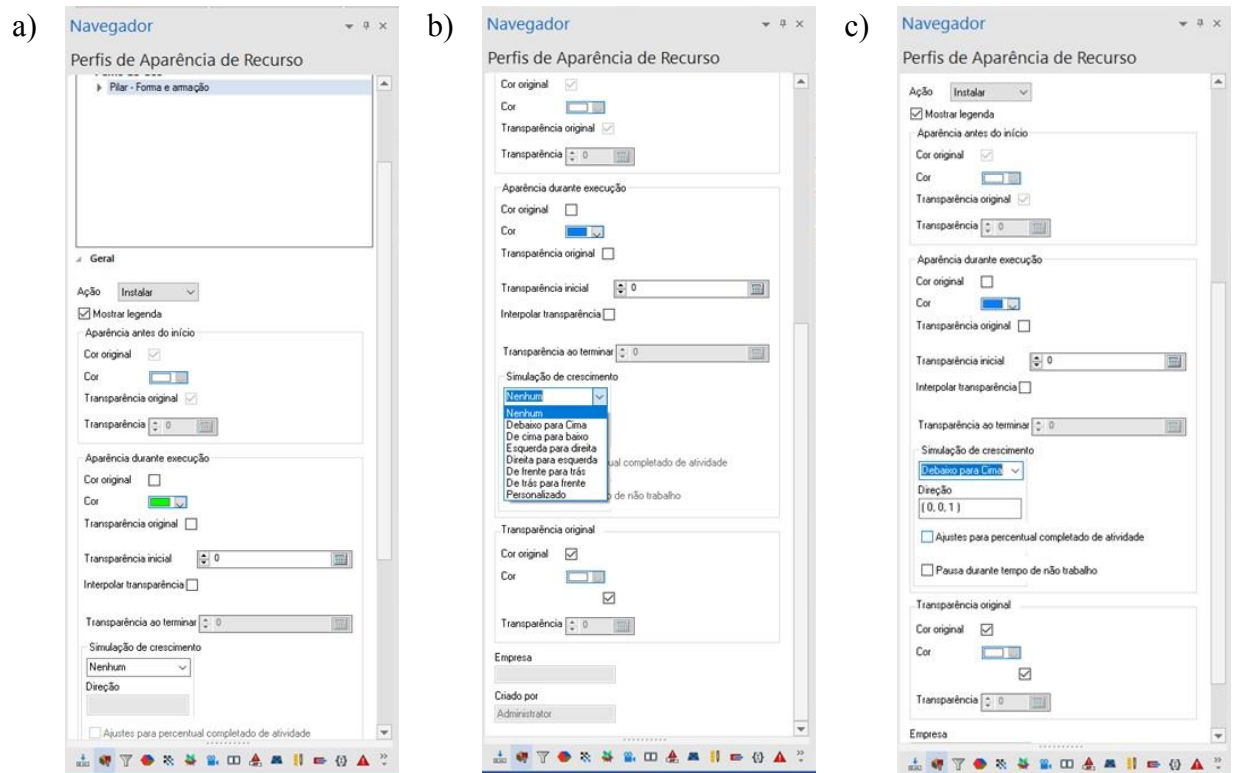
A Figura 41 mostra os Perfis de Aparência criados para o modelo e a maneira como são exibidos na vista 3D.

Figura 39: Criando um perfil de Aparência no Synchro

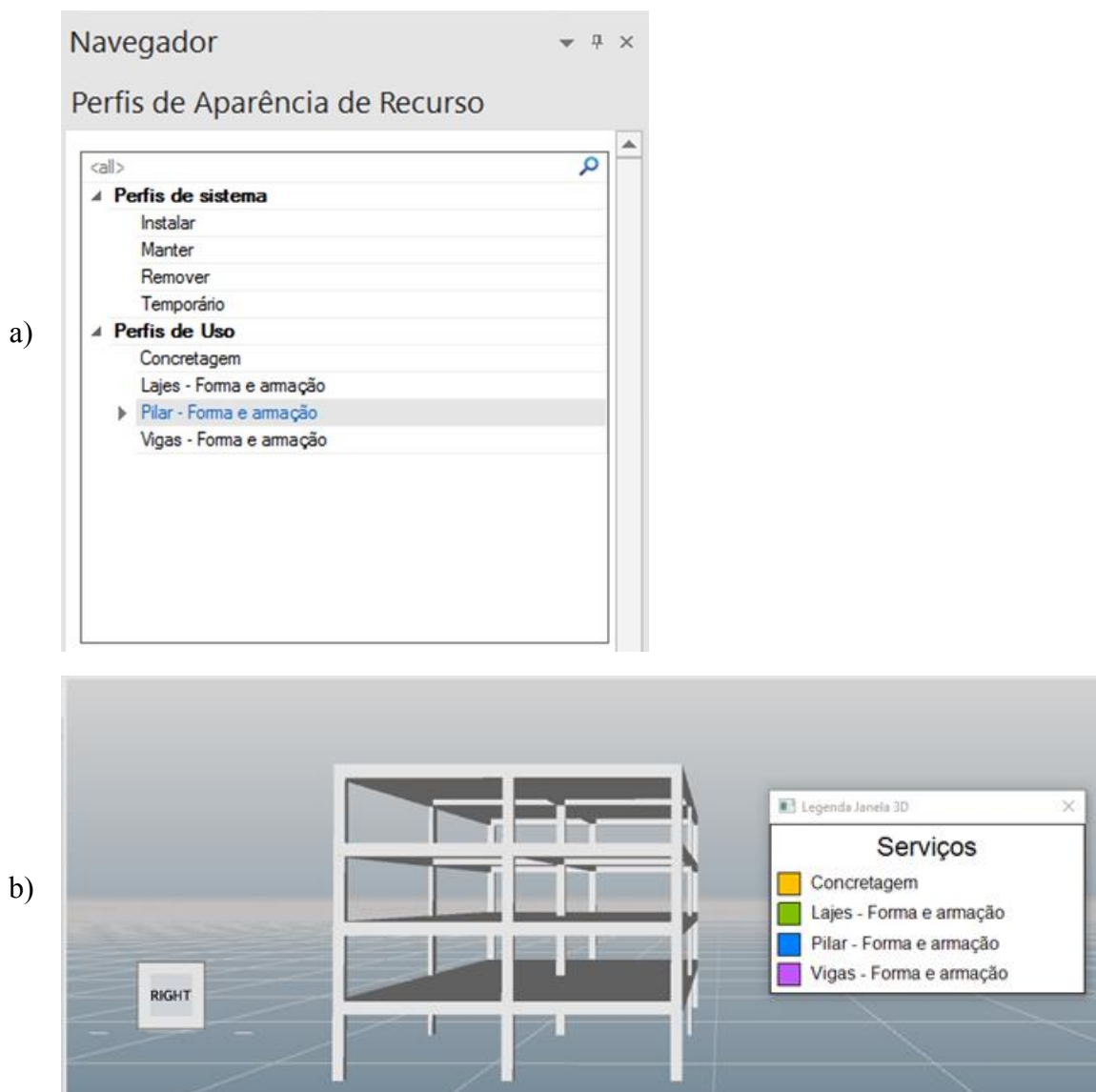


Fonte: (Autoria própria).

Figura 40: Configurações de um Perfil de Aparência



Fonte: (Autoria própria).

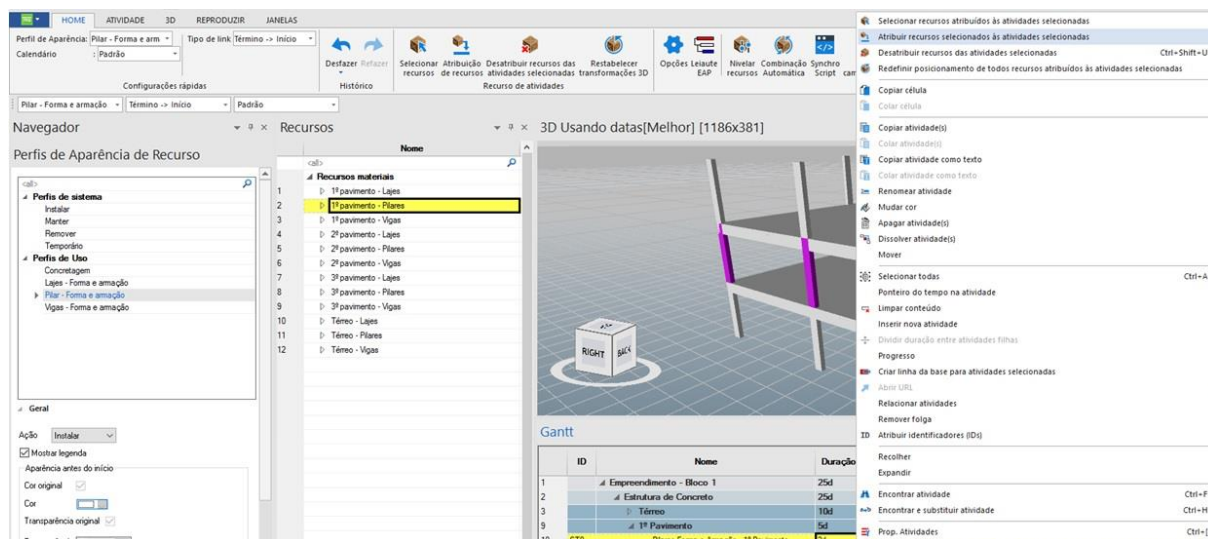
Figura 41: Perfis de Aparência criados

Fonte: (Autoria própria).

6.5.7 Atribuindo um Recurso a uma atividade do cronograma

Agora, é possível relacionar as atividades existentes no cronograma importado do Ms Project aos Recursos criados. Para isso, deve-se selecionar o Recurso desejado, o Perfil de Aparência que será aplicado ao Recurso e a atividade à qual tal Recurso será atribuído, conforme Figura 42, a seguir. Deve-se clicar com o botão direito em cima da atividade do cronograma e escolher a opção “Atribuir recursos selecionados às atividades selecionadas”.

Figura 42: Associando um Recurso a uma atividade do cronograma



Fonte: (Autoria própria).

Sendo assim:

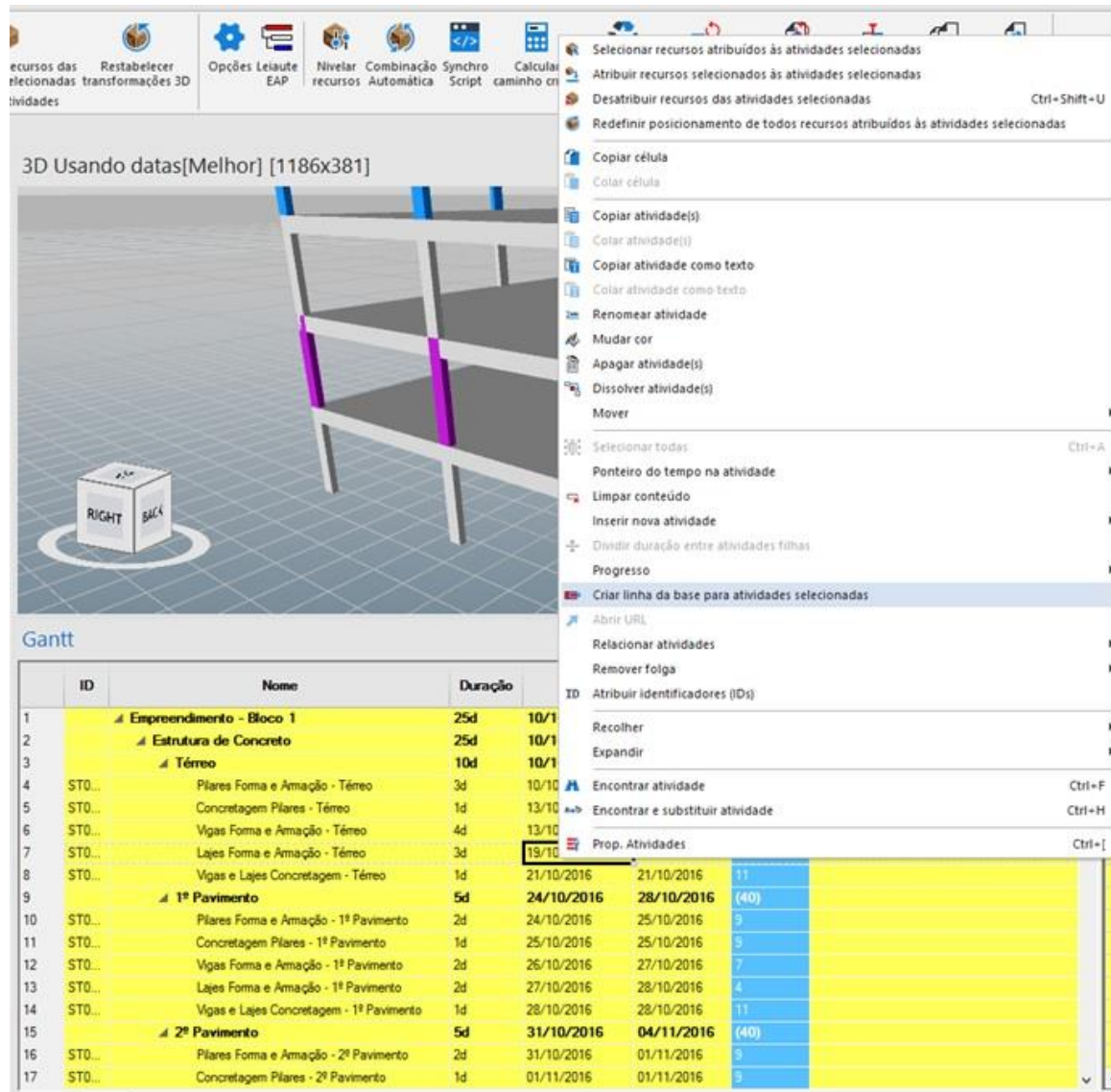
- o Perfil de Aparência “Pilares – Fôrma e Armação” foi atribuído aos Recursos “Térreo – Pilares”, “1º pavimento – Pilares”, “2º pavimento – Pilares” e “3º pavimento – Pilares”.
- o Perfil de Aparência “Vigas – Fôrma e Armação” foi atribuído aos Recursos “Térreo – Vigas”, “1º pavimento – Vigas”, “2º pavimento – Vigas” e “3º pavimento – Vigas”.
- o Perfil de Aparência “Lajes – Fôrma e Armação” foi atribuído aos Recursos “Térreo – Lajes”, “1º pavimento – Lajes”, “2º pavimento – Lajes” e “3º pavimento – Lajes”.
- o Perfil de Aparência “Concretagem” foi atribuído a todos os doze Recursos

Um mesmo Recurso pode ser atribuído a mais de uma atividade do cronograma. Para o modelo em questão, o Recurso “1º pavimento – Vigas”, por exemplo, será atribuído à atividade de “Fôrma e Armação” e à atividade “Concretagem” do cronograma.

A cada uma das atividades do cronograma foi atribuído o respectivo Recurso. Em seguida, criou-se uma Linha de Base para as atividades do cronograma. A linha de base pode ser usada para comparar o "planejado" com o "real" no Synchron. A Linha de Base salva as datas e durações para as tarefas selecionadas, impedindo que sejam modificadas. Quando se cria uma Linha de Base, ela pode ser exibida no gráfico de Gantt numa cor separada.

Para se criar uma Linha de Base no Synchron, basta que se selecionem as atividades desejadas e, com o botão direito, se escolha a opção “Criar linha de base para atividades selecionadas”, conforme Figura 43 a seguir.

Figura 43: Criando Linha de Base no Synchro



Fonte: (Autoria própria).

Em seguida, manualmente, foram inseridas as datas reais de início e término das atividades previstas no cronograma. Esta etapa também pode ser feita automaticamente, desde que o cronograma importado contenha tais informações. Para o modelo em questão, o cronograma importado continha apenas o “planejado”, sem informações sobre o “executado”. Sendo assim, duas novas colunas foram criadas no próprio *software* para inserção das datas de início e término reais (Figura 44).

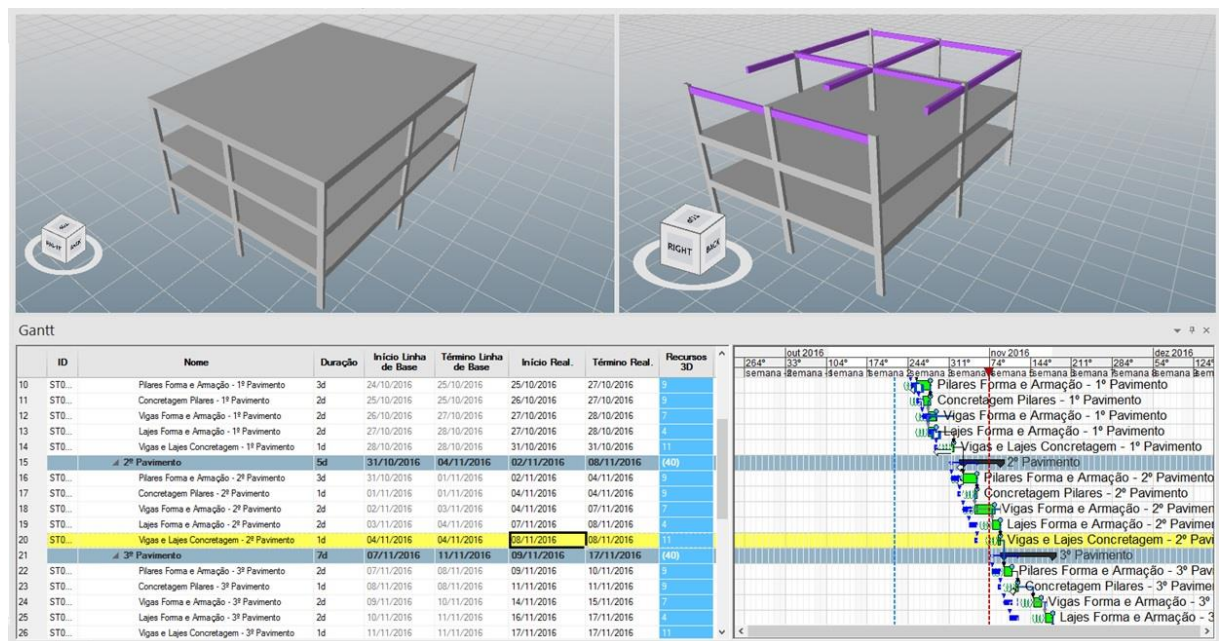
Figura 44: Inserção de novas datas no Synchro

Gantt							
	ID	Nome	Duração	Início Linha de Base	Término Linha de Base	Início Real.	Término Real.
10	ST0...	Pilares Forma e Armação - 1º Pavimento	3d	24/10/2016	25/10/2016	25/10/2016	27/10/2016
11	ST0...	Concretagem Pilares - 1º Pavimento	2d	25/10/2016	25/10/2016	26/10/2016	27/10/2016
12	ST0...	Vigas Forma e Armação - 1º Pavimento	2d	26/10/2016	27/10/2016	27/10/2016	28/10/2016
13	ST0...	Lajes Forma e Armação - 1º Pavimento	2d	27/10/2016	28/10/2016	27/10/2016	28/10/2016
14	ST0...	Vigas e Lajes Concretagem - 1º Pavimento	1d	28/10/2016	28/10/2016	31/10/2016	31/10/2016
15		2º Pavimento	5d	31/10/2016	04/11/2016	02/11/2016	08/11/2016
16	ST0...	Pilares Forma e Armação - 2º Pavimento	3d	31/10/2016	01/11/2016	02/11/2016	04/11/2016
17	ST0...	Concretagem Pilares - 2º Pavimento	1d	01/11/2016	01/11/2016	04/11/2016	04/11/2016
18	ST0...	Vigas Forma e Armação - 2º Pavimento	2d	02/11/2016	03/11/2016	04/11/2016	07/11/2016
19	ST0...	Lajes Forma e Armação - 2º Pavimento	2d	03/11/2016	04/11/2016	07/11/2016	08/11/2016
20	ST0...	Vigas e Lajes Concretagem - 2º Pavimento	1d	04/11/2016	04/11/2016	08/11/2016	08/11/2016
21		3º Pavimento	7d	07/11/2016	11/11/2016	09/11/2016	17/11/2016
22	ST0...	Pilares Forma e Armação - 3º Pavimento	2d	07/11/2016	08/11/2016	09/11/2016	10/11/2016
23	ST0...	Concretagem Pilares - 3º Pavimento	1d	08/11/2016	08/11/2016	11/11/2016	11/11/2016
24	ST0...	Vigas Forma e Armação - 3º Pavimento	2d	09/11/2016	10/11/2016	14/11/2016	15/11/2016
25	ST0...	Lajes Forma e Armação - 3º Pavimento	2d	10/11/2016	11/11/2016	16/11/2016	17/11/2016
26	ST0...	Vigas e Lajes Concretagem - 3º Pavimento	1d	11/11/2016	11/11/2016	17/11/2016	17/11/2016

Fonte: (Autoria própria)

Ao se inserir as novas datas no menu “Gantt” do Synchro, a vista 3D é atualizada e passa a mostrar, em uma tela dividida, a execução planejada e a execução real do projeto, facilitando a visualização do andamento da obra (Figura 45).

Figura 45: Vista 3D “Planejado x Executado”

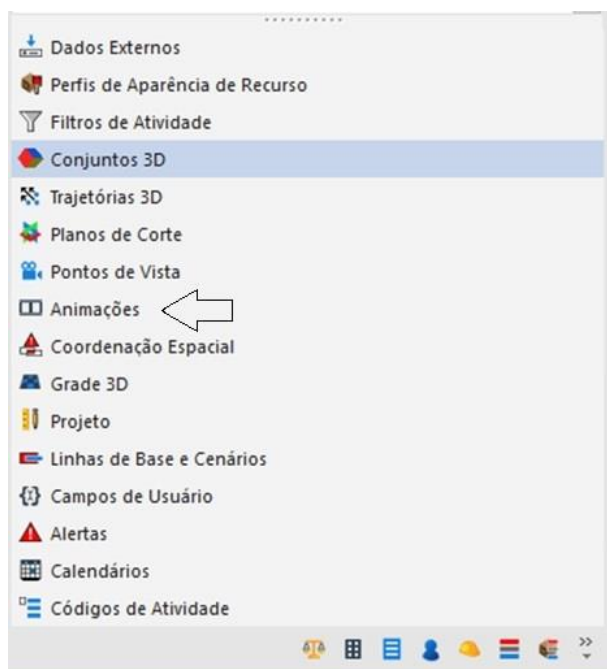


Fonte: (Autoria própria).

6.5.8 Criando uma simulação 4D no software Synchro

Após se ter criado a Linha de Base para as atividades do cronograma, e depois de ter inserido as reais datas de início e término das tarefas, pode-se proceder às simulações 4D para planejamento e controle do projeto (Figura 46).

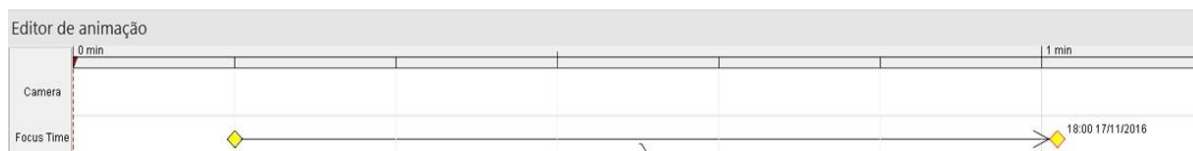
Figura 46: Menu “Animações” do Synchro



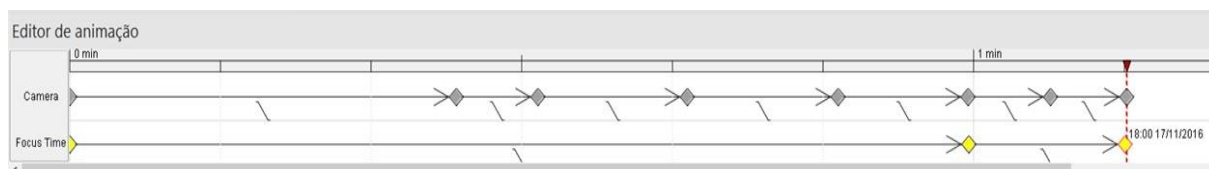
Fonte: (Autoria própria).

Ao se criar uma nova simulação, o Editor de Animação é exibido no canto inferior da tela do Synchro. Nesta etapa, deve ser selecionada a duração total da animação que se deseja criar (Figura 47). Além disso, é possível que, ao longo da simulação, uma determinada atividade seja mostrada de forma mais lenta ou mais rápida que as demais. Para isso, colocam-se, no Editor de Animação, indicadores (representados por losangos amarelos) no início e término da atividade desejada e define-se a duração de tempo que a exibição da tarefa irá durar.

É também nesta etapa que se definem os “Quadros”. Eles correspondem aos posicionamentos da câmera no modelo 3D ao longo da simulação, e são selecionados de maneira a permitir que as atividades desejadas sejam corretamente exibidas (Figura 48).

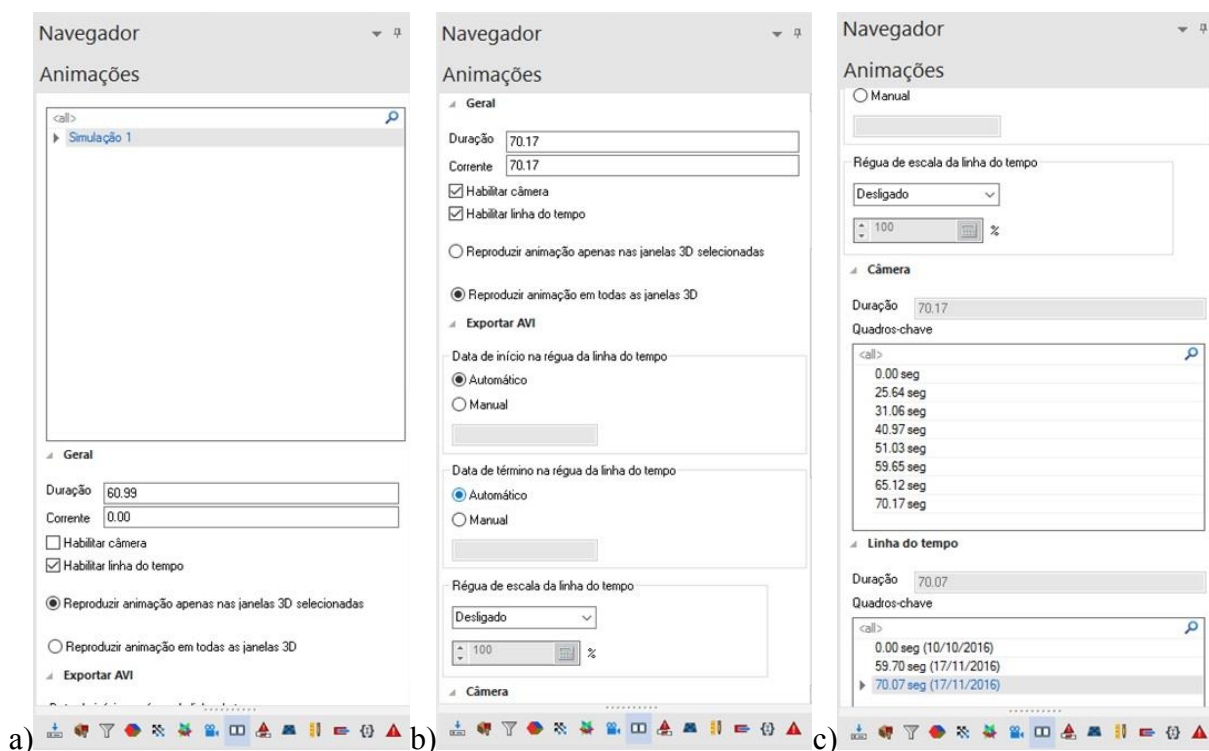
Figura 47: Definindo os intervalos de tempo na simulação do Synchro

Fonte: (Autoria própria).

Figura 48: Posicionamento da câmera na simulação do Synchro (Quadros)

Fonte: (Autoria própria).

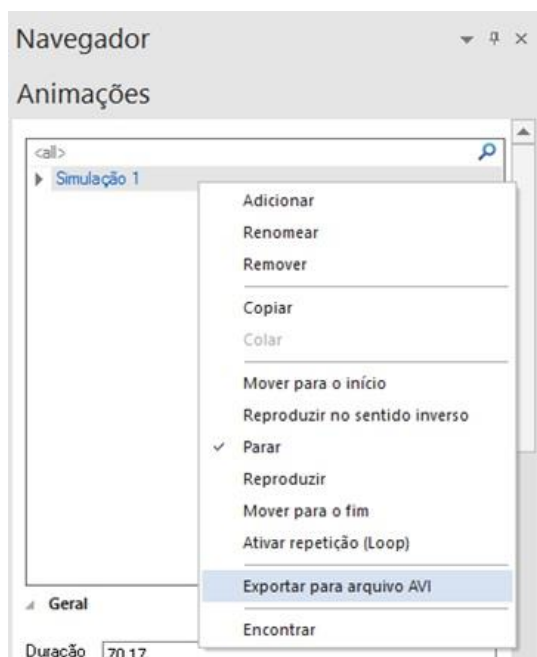
A Figura 49 mostra as configurações selecionadas para a simulação do modelo 3D estudado.

Figura 49: Configurações de simulação no Synchro

Fonte: (Autoria própria).

A simulação criada pode ser exportada para um arquivo em formato de vídeo AVI, conforme mostra a Figura 50.

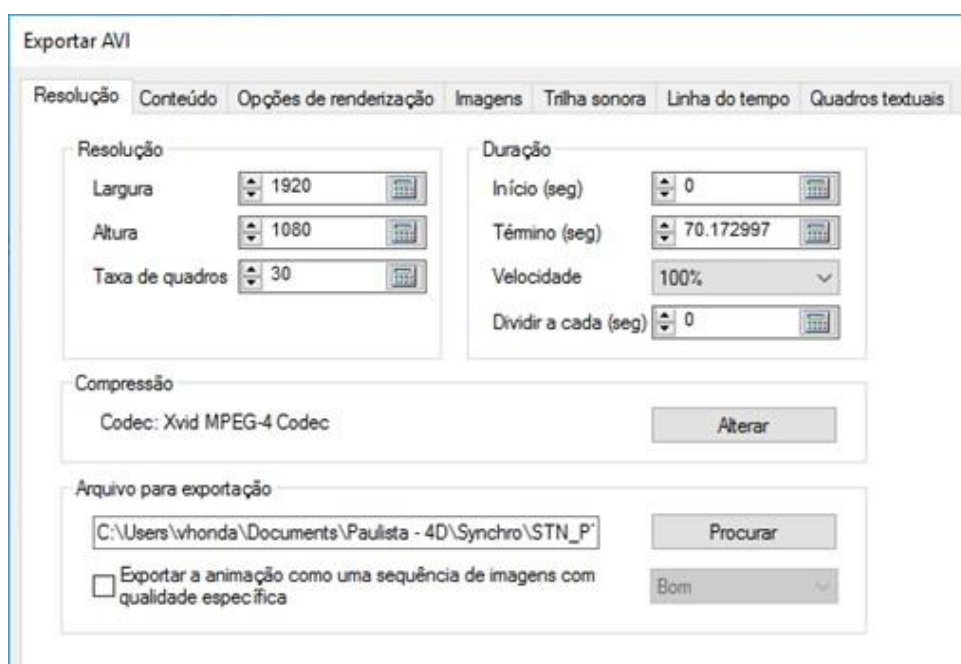
Figura 50: Exportando uma simulação do Synchro em formato AVI



Fonte: (Autoria própria).

A Figura 51 mostra as configurações a serem definidas quanto à resolução do vídeo exportado.

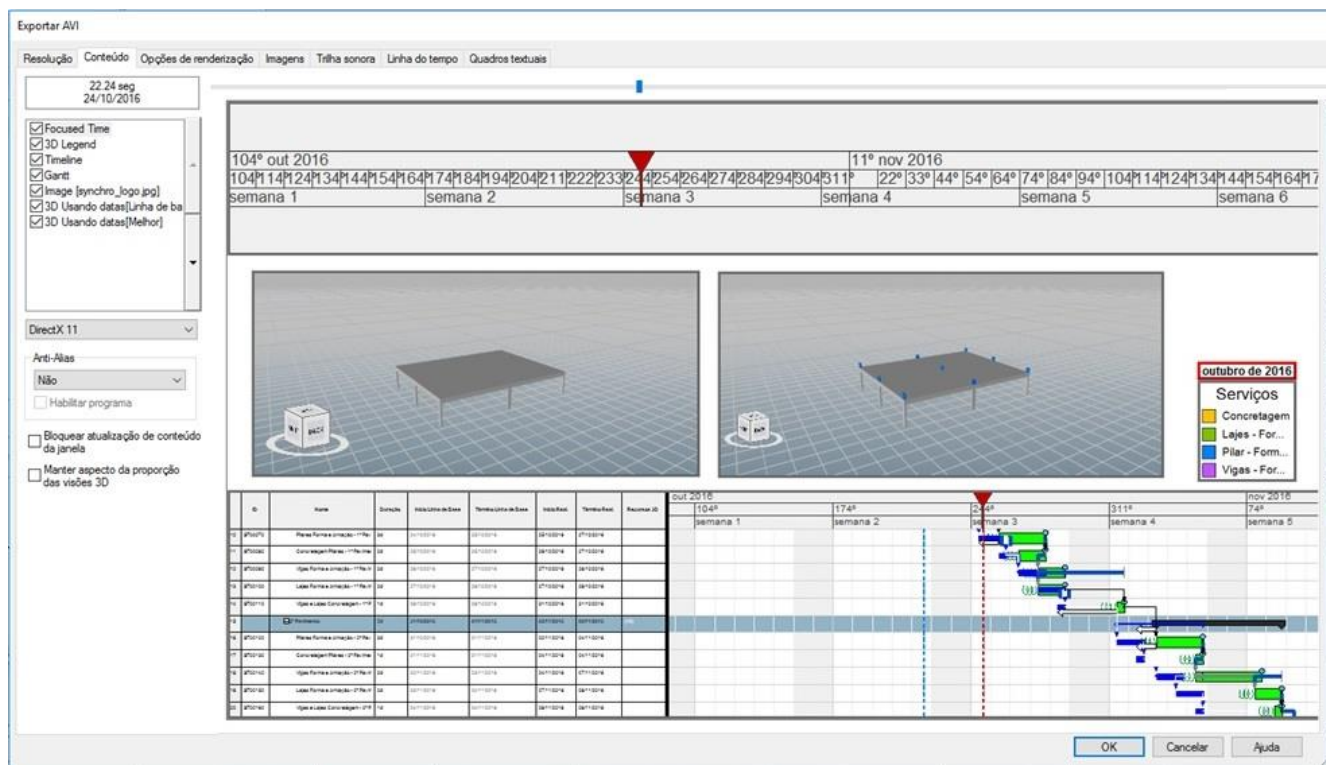
Figura 51: Configurando resolução de simulação exportada em AVI



Fonte: (Autoria própria).

A Figura 52 mostra as configurações a serem definidas quanto ao conteúdo da simulação exportada. Há a possibilidade de se exibir o Gráfico de Gantt, a linha do tempo, as legendas, as vistas 3D, uma imagem de plano de fundo etc. Na imagem, estão dispostos os conteúdos disponíveis para a simulação a ser feita. À medida que os itens à esquerda são selecionados, eles passam a aparecer na tela à esquerda, dando ao usuário uma visão de como ficará a simulação.

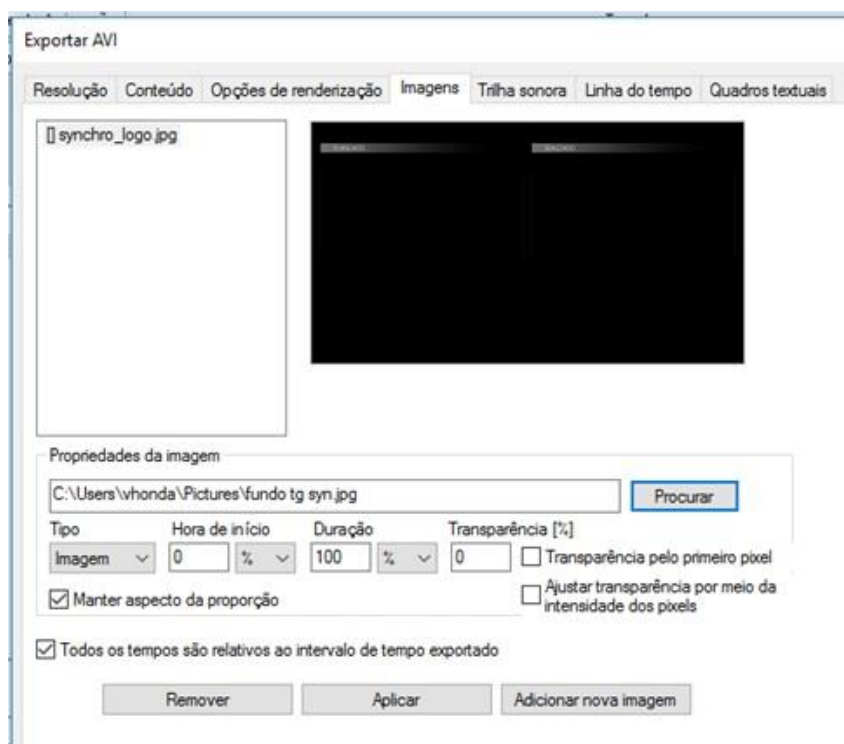
Figura 52: Configurações do conteúdo exportado em simulação do Synchro



Fonte: (Autoria própria).

A Figura 53, a seguir, mostra a seleção de imagem para plano de fundo da simulação. O Synchro dá a possibilidade ao usuário de importar uma imagem salva em seu computador. Dessa maneira, é possível inserir o plano de fundo de uma empresa, por exemplo, ou uma imagem neutra, que foi o caso escolhido para esta simulação.

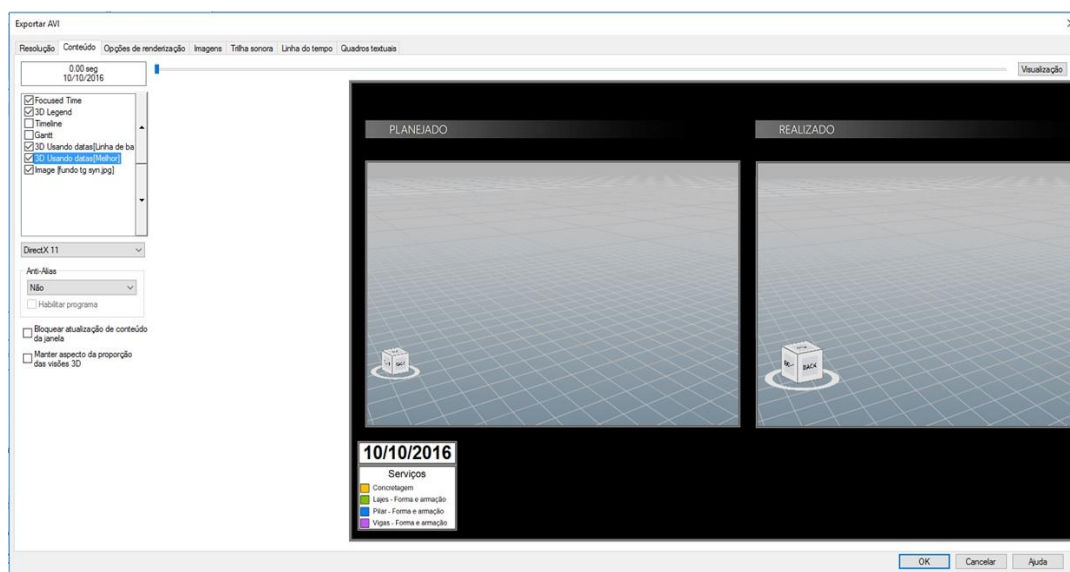
Figura 53: Seleção de imagem para plano de fundo de simulação no Synchro



Fonte: (Autoria própria).

O *layout* final da simulação criada no Synchro é mostrado na Figura 54.

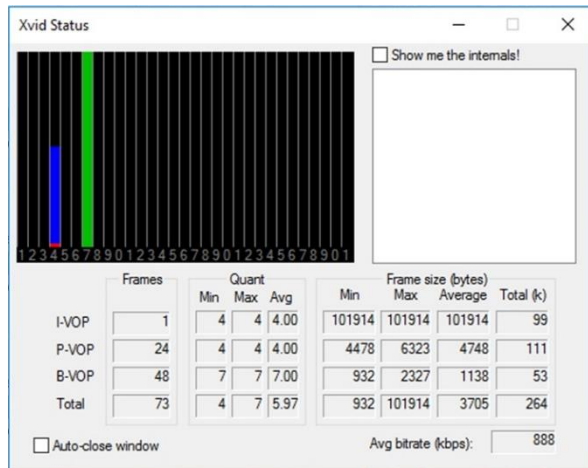
Figura 54: *Layout* final da simulação no Synchro



Fonte: (Autoria própria).

O processo de exportação de animação em formato AVI pode ser acompanhado através da janela de *status* que é exibida no *software* (Figura 55).

Figura 55: Status do processo de exportação de simulação em formato AVI

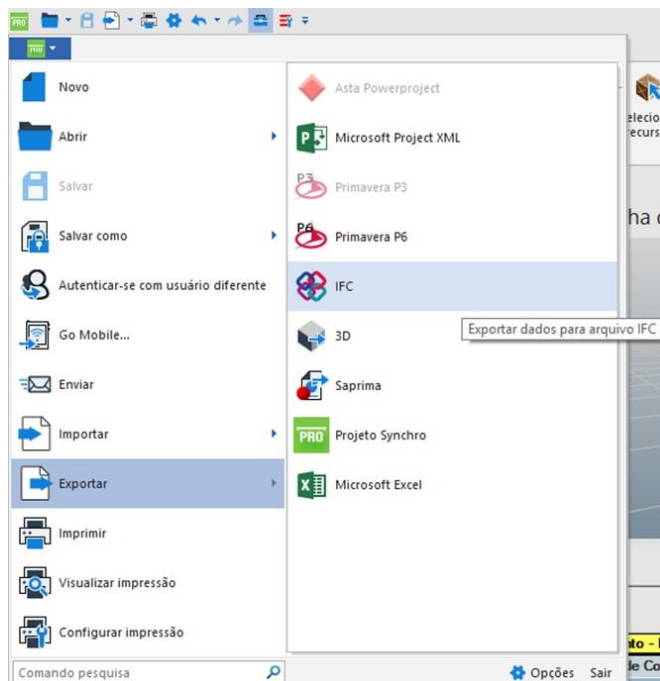


Fonte: (Autoria própria).

6.5.9 Exportação de arquivo em formato IFC

Ao final da exportação da simulação, foi gerado o arquivo em formato IFC (Figura 56), a fim de se proceder à análise da estrutura do arquivo e das relações entre as entidades IFC e o BIM 4D.

Figura 56: Processo de exportação de arquivo IFC



Fonte: (Autoria própria).

6.6 ENTIDADES IFC LIGADAS AO PLANEJAMENTO E CONTROLE (4D)

No arquivo IFC gerado pelo *software* Synchro, foram identificadas 12 entidades ligadas ao 4D. São elas:

- IfcWorkPlan

Um IfcWorkPlan é um conjunto de entidades IfcWorkSchedule. Por ser uma subentidade de IfcWorkControl, o IfcWorkPlan guarda informações a respeito das tarefas (IfcTask) associadas a um cronograma. Um IfcWorkPlan contém informações sobre datas de início, término e folgas das atividades. A Figura 57 mostra a ocorrência do IfcWorkPlan no arquivo IFC estudado.

Figura 57: IfcWorkPlan

```
#3691= IFCSTYLEDITEM(#3443,(#3590),S);
#3692= IFCSTYLEDITEM(#3479,(#3590),S);
#3693= IFCSTYLEDITEM(#3515,(#3590),S);
#3694= IFCSTYLEDITEM(#3551,(#3590),S);
#3695= IFCWORKPLAN('11502D5t59vhr5bkBiLjG4',#5,'Workplan for [C:\\Users\\vhonda\\
...#5= IFCOWNERHISTORY(#4,#2,$,NOCHANGE,$,#4,#2,1477066844);
...#4= IFCPERSONANDORGANIZATION(#3,#1,$);
...#2= IFCAPPLICATION(#1,'5.0.0.1','Synchro','Synchro 5.0.0.1');
...#4= IFCPERSONANDORGANIZATION(#3,#1,$);
...#2= IFCAPPLICATION(#1,'5.0.0.1','Synchro','Synchro 5.0.0.1');
...#3706= IFCDATEANDTIME(#3704,#3705);
...#3704= IFCCAENDARDATE(21,10,2016);
...#3705= IFCLLOCALTIME(14,20,$,$,$);
...#3700= IFCDATEANDTIME(#3698,#3699);
...#3698= IFCCAENDARDATE(10,10,2016);
...#3699= IFCLLOCALTIME(9,0,$,$,$);
#3696= IFCWORKSCHEDULE('3GY2cduIn7fvY8XEtFuyyp',#5,'Works schedule for [C:\\Users
#3697= IFCRELAGGREGATES('3qLxBgzLP13RdiTgR10MOe',#5,$,$,#3695,(#3696));
#3698= IFCCAENDARDATE(10,10,2016);
#3699= IFCLLOCALTIME(9,0,$,$,$);
#3700= IFCDATEANDTIME(#3698,#3699);
```

Fonte: (Autoria própria).

- Ifc WorkSchedule

Representa o cronograma de uma tarefa num WorkPlan. Uma entidade IfcWorkSchedule contém um conjunto de elementos com informações sobre os recursos utilizados pelas atividades do cronograma de determinada tarefa. Além disso, através de seu

supertipo IfcWorkControl, os autores do cronograma podem ser especificados e informações como data de início, data de término e folga total da atividade também podem ser determinadas. No arquivo IFC estudado, há um “Work Plan” criado e um “Work Schedule” associado a ele através do IfcRelAggregates. A Figura 58 mostra o IfcWorkSchedule no arquivo IFC e seus atributos.

Figura 58: IfcWorkSchedule

```
#3690= IFCSTYLEDITEM(#3407, (#3590), $);
#3691= IFCSTYLEDITEM(#3443, (#3590), $);
#3692= IFCSTYLEDITEM(#3479, (#3590), $);
#3693= IFCSTYLEDITEM(#3515, (#3590), $);
#3694= IFCSTYLEDITEM(#3551, (#3590), $);
#3695= IFCWORKPLAN('115O2D5t59vhR5bkBi iG4' #5, 'Workplan for [C:\\Users\\vhonda\\Doc
#3696= IFCWORKSCHEDULE('3GY2cduln7fvY8XettFuy' #5, 'Works schedule for [C:\\Users\\vh
    #5= IFCOWNERHISTORY(#4, #2, $, NOCHANGE, $, #4, #2, 1477066844);
    #4= IFCPERSONANDORGANIZATION(#3, #1, $);
    #2= IFCAPPLICATION(#1, '5.0.0.1', 'Synchro', 'Synchro 5.0.0.1');
    #4= IFCPERSONANDORGANIZATION(#3, #1, $);
    #2= IFCAPPLICATION(#1, '5.0.0.1', 'Synchro', 'Synchro 5.0.0.1');
    #3709= IFCDATEANDTIME(#3707, #3708);
    #3707= IFCCALEDARDATE(21, 10, 2016);
    #3708= IFCLOCALTIME(14, 20, $, $, $);
    #3703= IFCDATEANDTIME(#3701, #3702);
    #3701= IFCCALEDARDATE(10, 10, 2016);
    #3702= IFCLOCALTIME(9, 0, $, $, $);
#3697= IFCRELAGGREGATES('3qLxBgzLP13RdiTgR10MOe', #5, $, $, #3695, (#3696));
#3698= IFCCALEDARDATE(10, 10, 2016);
#3699= IFCLOCALTIME(9, 0, $, $, $);
#3700= IFCDATEANDTIME(#3698, #3699);
```

Fonte: (Autoria própria).

- IfcRelAggregates

O IfcRelAggregates é um tipo especial da relação geral de composição/decomposição IfcRelDecomposes. Esta relação de agregação pode ser aplicadas a todos os subtipos de objeto. No arquivo IFC estudado, o IfcRelAggregates aparece três vezes: para agregar o edifício (IfcBuilding) ao terreno (IfcSite), para agregar os cômodos (IfcBuildingStorey) ao edifício e para agregar o cronograma (IfcWorkSchedule) ao plano de trabalho (IfcWorkPlan). Esta última atribuição é mostrada na Figura 59.

Figura 59: IfcRelAggregates

```
#3693= IFCSTYLEDITEM(#3515,(#3590),$);
#3694= IFCSTYLEDITEM(#3551,(#3590),$);
#3695= IFCWORKPLAN('115O2D5t59vhR5bkBiLjG4',#5,'Workplan for [C:\\Users\\vho
#3696= IFCWORKSCHEDULE('3GY2cduIn7fvY8XettFuyv',#5,'Works schedule for [C:\\
#3697= IFCRELAGGREGATES('3qLxBgzLP13RdiTgR10MOe',#5,$,$,#3695,(#3696));
... #5= IFCOWNERHISTORY(#4,#2,$,NOCHANGE,$,#4,#2,1477066844);
... #3695= IFCWORKPLAN('115O2D5t59vhR5bkBiLjG4',#5,'Workplan for [C:\\Users\\
... #3696= IFCWORKSCHEDULE('3GY2cduIn7fvY8XettFuyv',#5,'Works schedule for [
#3698= IFCCALENDARDATE(10,10,2016);
#3699= IFCLOCALTIME(9,0,$,$,$);
#3700= IFCDATEANDTIME(#3698,#3699);
#3701= IFCCALENDARDATE(10,10,2016);
#3702= IFCLOCALTIME(9,0,$,$,$);
#3703= IFCDATEANDTIME(#3701,#3702);
```

Fonte: (Autoria própria).

- IfcCalendarDate

A entidade IfcCalendarDate guarda informações a respeito de uma data do calendário. Ela representa um dia num mês de determinado ano, por meio de seus atributos *Day*, *Month* e *Year*. A Figura 60 mostra uma ocorrência da entidade IfcCalendarDate no arquivo IFC analisado.

Figura 60: IfcCalendarDate

```
#3695= IFCWORKPLAN('115O2D5t59vhR5bkBiLjG4',#5,'Worl
#3696= IFCWORKSCHEDULE('3GY2cduIn7fvY8XettFuyv',#5,'
#3697= IFCRELAGGREGATES('3qLxBgzLP13RdiTgR10MOe',#
#3698= IFCCALENDARDATE(10,10,2016);
#3699= IFCLOCALTIME(9,0,$,$,$);
#3700= IFCDATEANDTIME(#3698,#3699);
#3701= IFCCALENDARDATE(10,10,2016);
#3702= IFCLOCALTIME(9,0,$,$,$);
#3703= IFCDATEANDTIME(#3701,#3702);
#3704= IFCCALENDARDATE(21,10,2016);
#3705= IFCLOCALTIME(14,20,$,$,$);
#3706= IFCDATEANDTIME(#3704,#3705);
```

Fonte: (Autoria própria).

- IfcLocalTime

A entidade IfcLocalTime representa um momento de tempo num relógio de 24 horas. Seus atributos são: hora, minuto e segundo, sendo que os dois últimos são informações

opcionais. É importante salientar que IfcLocalTime (Figura 61) diz respeito à hora indicada no relógio, e não à hora solar, já que, em algumas localidades, o horário do relógio é diferente da hora solar devido à ocorrência do chamado horário de verão.

Figura 61: IfcLocalTime

```
#3695= IFCWORKPLAN('115O2D5t59vhR5bkBiLjG4',#5,'Workplan for [C:\\Users\\vhonda\\Documents
#3696= IFCWORKSCHEDULE('3GY2cduIn7fvY8XettFuyyp',#5,'Works schedule for [C:\\Users\\vhonda\\I
#3697= IFCRELAGGREGATES('3qLxBgzLP13RdiTgR10MOe',#5,$,$,#3695,(#3696));
#3698= IFCCAENDARDATE(10,10,2016);
#3699= IFCLOCALTIME(9,0,$,$,$);
#3700= IFCDATEANDTIME(#3698,#3699);
#3701= IFCCAENDARDATE(10,10,2016);
#3702= IFCLOCALTIME(9,0,$,$,$);
#3703= IFCDATEANDTIME(#3701,#3702);
#3704= IFCCAENDARDATE(21,10,2016);
#3705= IFCLOCALTIME(14,20,$,$,$);
#3706= IFCDATEANDTIME(#3704,#3705);
#3707= IFCCAENDARDATE(21,10,2016);
#3708= IFCLOCALTIME(14,20,$,$,$);
#3709= IFCDATEANDTIME(#3707,#3708);
```

Fonte: (Autoria própria).

- IfcDateAndTime

IfcDateAndTime (Figura 62) representa um momento de um determinado dia. Tem como atributos um IfcCalendarDate e um IfcLocalTime.

Figura 62: IfcDateAndTime

```
#3701= IFCCAENDARDATE(10,10,2016);
#3702= IFCLOCALTIME(9,0,$,$,$);
#3703= IFCDATEANDTIME(#3701,#3702);
#3704= IFCCAENDARDATE(21,10,2016);
#3705= IFCLOCALTIME(14,20,$,$,$);
#3706= IFCDATEANDTIME(#3704,#3705);
#3707= IFCCAENDARDATE(21,10,2016);
#3708= IFCLOCALTIME(14,20,$,$,$);
#3709= IFCDATEANDTIME(#3707,#3708);
#3710= IFCTASK('0uUNrXLczCJBBP73q_YhIE',#5,'Empreendimento -
```

Fonte: (Autoria própria).

Figura 66: IfcRelAssignsTasks

```
#3715= IFCCALEDARDATE(17,11,2016);
#3716= IFCLLOCALTIME(18,0,$,$,$);
#3717= IFCDATEANDTIME(#3715,#3716);
#3718= IFCRELASSIGNSTASKS('0fBQ4sr319PAOWYRDEAH5',#5,$,$,($3710),$3696,#3711);
... #5= IFCOWNERHISTORY(#4,#2,$,NOCHANGE,$,#4,#2,1477066844);
... #3710= IFCTASK('0uUNrXLczCJBPP73q_YhIE',#5,'Empreendimento - Bloco 1','1',$,'1B79136B-
... #3696= IFCWORKSCHEDULE('3GY2cdUln7fvY8XEttFuyP',#5,'Works schedule for [C:\\Users\\
... #3711= IFCSCHEDULETIMECONTROL('2HioAW1ln7twjSyBtUP$NX',#5,$,$,$,$,$,$,#3714,$,$,$,
#3719= IFCTASK('3fuy5co3z0r8L3h_Lzj_g',#5,'Estrutura de Concreto','1.1',$,'7F218F54-E967-4AD:
#3720= IFCSCHEDULETIMECONTROL('1TxIT$GP6FBzasGzVZ0rR',#5,$,$,$,$,$,$,#3723,$,$,$,#3721
#3721= IFCCALEDARDATE(10,10,2016);
```

Fonte: (Autoria própria).

- IfcRelNests

Assim como o IfcRelAggregates, o IfcRelNests é um tipo especial da relação geral de composição/decomposição IfcRelDecomposes. O IfcRelNests (Figura 67) trata da decomposição de um dado elemento em subitens deste mesmo elemento. Para o arquivo IFC estudado, o IfcRelNests foi utilizado para se decompor um IfcTask em outros IfcTask.

Figura 67: IfcRelNests

```
#3803= IFCLLOCALTIME(9,0,$,$,$);
#3804= IFCDATEANDTIME(#3802,#3803);
#3805= IFCRELASSIGNSTASKS('2MSW_KAkn2phJwONNTavlt',#5,$,$,($3791),$3696,#3792);
#3806= IFCRELNESTS('0eorMzgpj0eRkqbBtabZxV',#5,$,$,$3728,($3737,$3749,$3761,$3776,$3791));
... #5= IFCOWNERHISTORY(#4,#2,$,NOCHANGE,$,#4,#2,1477066844);
... #3728= IFCTASK('0oI8mdtYz7PP8tDjnZL12',#5,'T\\X\\E9rreo','1.1.1',$,'FBF2AF8C-11D9-40C5-8B5F-851
... #3737= IFCTASK('3EPPslx_XFZ8lrXSjDGj7o',#5,'Pilares Forma e Arma\\X\\E7\\X\\E3o - T\\X\\E9rreo','1.1.1:
... #3749= IFCTASK('1cvUUIYqzANRDn8RLgC59n',#5,'Concretagem Pilares - T\\X\\E9rreo','1.1.1.2',$,'ST0C
... #3761= IFCTASK('38Sd$1kr9DTupWNcYz3XR5',#5,'Vigas Forma e Arma\\X\\E7\\X\\E3o - T\\X\\E9rreo','1.1
... #3776= IFCTASK('2IZ0a8I9TCKui35ohsN304',#5,'Lajes Forma e Arma\\X\\E7\\X\\E3o - T\\X\\E9rreo','1.1.1,
... #3791= IFCTASK('0sbSHj_jH3mBTAcPdizimt',#5,'Vigas e Lajes Concretagem - T\\X\\E9rreo','1.1.1.5',$,'
#3807= IFCTASK('1IEwnp5eH9K9d$zss9VAuR',#5,'1\\X\\BA Pavimento','1.1.2',$,'AEF2BE25-5BF7-4FDF-91E'
#3808= IFCSCHEDULETIMECONTROL('0em7xmDsv7eRH7pRTX3_UW',#5,$,$,$,$,$,$,$,#3811,$,$,$,$3814,14
#3809= IFCCALEDARDATE(25,10,2016);
```

Fonte: (Autoria própria).

- IfcRelSequence

Essa relação lida com a concatenação dos processos ao longo do tempo. A sequência é, por definição, a relação entre dois processos. O RelatedProcess é o sucessor de um

RelatingProcess, que é o antecessor. O intervalo de tempo é atribuído a uma sequência e o tipo de sequência define o modo pelo qual este intervalo de tempo se aplica à sequência. Em outras palavras, em uma relação “FINISH_FINISH”, as duas tarefas se concluirão juntas. Entretanto, numa relação “FINISH_START” a tarefa predecessora deve ser finalizada antes que a outra possa ser iniciada.

O IfcRelSequence (Figura 68) é definido como uma relação de um para um. Isto é, atribui uma atividade predecessora a uma atividade sucessora.

Figura 68: IfcRelSequence

```
#4070= IFCRELSEQUENCE('21fPPTypfB8x$HPIIUGHb',#5,$,$,#3876,#3901,-0,.,FINISH_START.);
#4071= IFCRELSEQUENCE('1MuCdOVY1EHe7iIfMP2EQw',#5,$,$,#3901,#3916,-0,.,FINISH_FINISH.);
#4072= IFCRELSEQUENCE('3IzBrrdfn0fRnG7yU8E6YX',#5,$,$,#3916,#3931,-0,.,FINISH_START.);
#4073= IFCRELSEQUENCE('0$5nUbAs9EI8swPkvx$0XN',#5,$,$,#3931,#3946,86400,.,START_START.);
#4074= IFCRELSEQUENCE('1kCL5NxPv5yQ$ISEcKuHHq',#5,$,$,#3946,#3961,-0,.,FINISH_FINISH.);
#4075= IFCRELSEQUENCE('2XgwSy65n5rQI6gst4QA2I',#5,$,$,#3961,#3986,-0,.,FINISH_START.);
#4076= IFCRELSEQUENCE('3wj_UeZAPFOvVLX4YNMJQI',#5,$,$,#3986,#4001,-0,.,FINISH_FINISH.);
#5= IFCOWNERHISTORY(#4,#2,$,.,NOCHANGE,,$,#4,#2,1477066844);
#3986= IFCTASK('0ApMeUNL19FfiJuiNEqK9O',#5,'Pilares Forma e Arma\X\E7\X\E3o - 3\X\BA Pavimento',
#4001= IFCTASK('1Ue_foYz9CgFW5BL2nIFkA',#5,'Concretagem Pilares - 3\X\BA Pavimento','1.1.4.2',,$,'ST00
#4077= IFCRELSEQUENCE('0hM3UWJjL0DefUDVA_wVQ',#5,$,$,#4001,#4016,-0,.,FINISH_START.);
#4078= IFCRELSEQUENCE('1OrSrpfvL1Xg3B0IUaFbA',#5,$,$,#4016,#4031,86400,.,START_START.);
#4079= IFCRELSEQUENCE('1P_DpxPEL62gk9oKFFtG5s',#5,$,$,#4031,#4046,-0,.,FINISH_FINISH.);
#4080= IFCRELASSIGNSTOPPROCESS('2$2cVYUY99v8c913pUtAsL',#5,$,$,(#1805,#1841,#1877,#1913,#1949,#198
```

Fonte: (Autoria própria).

- IfcRelAssignsToProcess

Segundo a definição da buildingSMART, IfcRelAssignsToProcess é a entidade que atribui um objeto a um processo. Aplicando o conceito para o caso que está sendo estudado, pode-se dizer que o IfcRelAssignsToProcess (Figura 69) atribui um ou mais elementos – pilares, vigas ou lajes – à tarefa a ser executada (IfcTask).

Figura 69: IfcRelAssignToProcess

```

#4081= IFCRELASSIGNSTOPPROCESS('1iNfIK205EtQjsMlmgRAGX',#5,$,$,($1805,#1841,#1877,#1913,#1949,#1
#4082= IFCRELASSIGNSTOPPROCESS('1D46IEfAL4ZeVXKg4UiiNs',#5,$,$,($2577,#2641,#2677,#2741,#2805,#28
#4083= IFCRELASSIGNSTOPPROCESS('0ckLWvawv3uxSPc vWDops',#5,$,$,($1517,#1553,#1589,#1625),#3776
#4084= IFCRELASSIGNSTOPPROCESS('0Rm8EXnC5E3xVCYe3ZxUGp',#5,$,$,($2577,#2641,#2677,#2741,#2805,
    #5= IFCOWNERHISTORY(#4,#2,$,NOCHANGE,$,$,4,2,1477066844);
    #2577= IFCBEAM('3b8f1OQC1EpflK5DZzGTXy',#5,'Concreto-Viga retangular:Viga Concreto - 25 x 60:27:
    #2641= IFCBEAM('2DnW7knmD1JuxAOBdhilJL',#5,'Concreto-Viga retangular:Viga Concreto - 25 x 60:27:
    #2677= IFCBEAM('1Q_yBWjynC5e2xTW3P4ey5',#5,'Concreto-Viga retangular:Viga Concreto - 25 x 60:27:
    #2741= IFCBEAM('281XHzCTr02Pp5KOjggSVC',#5,'Concreto-Viga retangular:Viga Concreto - 50 x 50:27:
    #2805= IFCBEAM('0zAprQ8y187e3SdJgIK6ni',#5,'Concreto-Viga retangular:Viga Concreto - 25 x 60:27310
    #2869= IFCBEAM('12KA9nWLj9L9LPjUJ4XITd',#5,'Concreto-Viga retangular:Viga Concreto - 50 x 50:2731
    #2933= IFCBEAM('3RDj2aC1D4tuwXulewr0P4',#5,'Concreto-Viga retangular:Viga Concreto - 25 x 60:2731
    #1517= IFCSLAB('2E$PePw6nBuQeofEGP09EN',#5,'Laje de funda\X\E7\X\E3o:Laje - 20 cm:273124_(#698:
    #1553= IFCSLAB('2uJyIUCfBwRo8d6ytWFWd',#5,'Laje de funda\X\E7\X\E3o:Laje - 20 cm:273142_(#7123)
    #1589= IFCSLAB('0Hww$66gf4Ave08pwq6XGg',#5,'Laje de funda\X\E7\X\E3o:Laje - 20 cm:273133_(#705
    #1625= IFCSLAB('2erPCa7717tBJ_PG1CfZPK',#5,'Laje de funda\X\E7\X\E3o:Laje - 20 cm:273115_(#6909)_
    #3791= IFCTASK('0sbSHj_jH3mBTAcPdizimt',#5,'Vigas e Lajes Concretagem - T\X\E9rreo','1.1.1.5',#,'STO
#4085= IFCRELASSIGNSTOPPROCESS('2MNWgfVBJ0peRPEu08RkqI',#5,$,$,($3293,#3329,#3365,#3401,#3437,#
#4086= IFCRELASSIGNSTOPPROCESS('3S0cs7bw98hf7LS9Gv3M0G',#5,$,$,($3293,#3329,#3365,#3401,#3437,#

```

Fonte: (Autoria própria).

7 COMENTÁRIOS ACERCA DOS RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos desde a modelagem em Revit até a simulação feita em Synchro, juntamente ao cronograma desenvolvido em Ms Project, foram satisfatórios e trouxeram informações interessantes e dados consistentes para o fechamento deste trabalho. Pode-se dizer que *softwares* BIM 4D são importantes ferramentas de apoio ao trabalho de gerenciadores de obras, pois auxiliam e facilitam as tarefas de planejamento e controle de projetos. A possibilidade de aliar-se informações 3D de um empreendimento à variável tempo, conceito que denomina-se por BIM 4D, gera um olhar muito mais amplo sobre todo o projeto e permite que se visualize, de forma clara e objetiva, o andamento das obras através de simulações. Com esta ferramenta fica fácil confrontar as atividades programadas às atividades executadas, inferindo-se decisões quanto à reprogramação de atividades, por exemplo.

Por meio da análise do arquivo IFC exportado no Synchro, pode-se dizer que esta linguagem é plenamente capaz de representar informações ligadas ao planejamento e controle de uma obra, por meio de suas entidades ligadas ao BIM 4D. Estas entidades, que foram explicitadas ao longo deste trabalho, armazenam corretamente as informações que lhe são confiadas e traduzem fielmente os dados contidos no projeto que deu origem ao arquivo IFC gerado.

Entretanto, é importantíssimo dizer que, para que se possa fazer uso das simulações disponíveis em *softwares* BIM 4D como o Synchro, por exemplo, é imprescindível que haja total harmonia entre modelo e o cronograma.

O maior problema enfrentado hoje em dia pelas empresas gerenciadoras da construção civil é justamente o fato de que os cronogramas fornecidos são, na grande maioria dos casos, incompatíveis à real execução da obra. Em outras palavras, os cronogramas fornecidos aos gerenciadores não refletem verdadeiramente o desenvolvimento de atividades que se dará em campo. Isto acontece, muitas vezes, porque o cronograma é feito por um determinado grupo de profissionais e a execução da obra, por outro grupo. Estes grupos, em geral, não se comunicam entre si e o resultado disto é um cronograma discordante da execução das atividades. Em outros casos, ainda, o responsável pelo cronograma não se baseia no modelo para elaboração do cronograma, levando à desarmonia entre modelo 3D e cronograma.

Na elaboração de um cronograma, é preciso ficar atento a alguns fatores a fim de que ele seja uma ferramenta útil e segura, sob a qual os gerenciadores da obra poderão se apoiar e dela extrair os melhores resultados e informações possíveis.

- **Cronograma fiel à sequência de atividades:** O ideal é que os profissionais responsáveis pela execução do projeto – como as construtoras, por exemplo – participem da elaboração do cronograma, a fim de que ele seja o mais fiel possível à sequência de atividades que serão desenvolvidas. Um cronograma não fiel às etapas execução da obra não é confiável e pode, até mesmo, tornar-se inútil.
- **Modelo deve respeitar as restrições de execução:** Ao se modelar o projeto em 3D, é importante que se leve em conta o fato de que este modelo, um dia, sairá do papel e será executado. É devido a isto que o modelo deve respeitar as restrições de execução. Ao se fazer o modelo de um prédio de dez pavimentos, por exemplo, os pilares não podem ser modelados como um só elemento desde o térreo até a cobertura, pelo simples fato de não ser possível executá-los de uma só vez, na prática. É necessário, então, que os pilares sejam modelados andar por andar, seguindo a sequência de execução e sendo, assim, fiéis às condições reais de execução.
- **Cronograma deve respeitar as restrições de execução:** Da mesma forma, o cronograma deve seguir as condições de execução do projeto. Numa obra que conta com pequena quantidade de mão de obra, por exemplo, não se pode inserir no cronograma um grande volume de serviço diário, pois a mão de obra será insuficiente para executar tais atividades. É por isso que o rendimento da equipe, bem como dos equipamentos, deve ser levado em conta. É nesse contexto que entram o planejamento e gerenciamento da mão-de-obra. As condições de logística também devem ser consideradas, respeitando-se o prazo de entrega de materiais e de preparo e fornecimento de serviços pré-fabricados como lajes, reservatórios, esquadrias, coberturas etc. Todas estas informações, quando levadas em conta, fazem com que o cronograma executado responda de forma mais exata às condições de execução.
- **Cronograma pouco detalhado:** Um cronograma pouco detalhado não é interessante aos gerenciadores de projeto, pois não é suficiente para representar as atividades que devem ser relacionadas ao modelo. Por exemplo, um cronograma que abranja a execução de alvenaria de vedação, mas que não leve em conta o tempo necessário para instalação de esquadrias, pode não ser interessante aos gerenciadores. Ou ainda, um cronograma que abranja a concretagem sequencial dos elementos estruturais, mas que não leve em conta o tempo prévio necessário para fechamento de fôrmas e colocação das armaduras, pode não ser interessante aos gerenciadores. Além disso, um cronograma que abranja a concretagem das lajes de um edifício, mas que não considere o tempo prévio necessário

para execução de escoras, fechamento de fôrmas, colocação e ponteamto de malhas e armadura negativa, pode não ser interessante aos gerenciadores.

- **Cronograma muito detalhado:** Da mesma maneira, um cronograma muito detalhado também pode não ser interessante aos gerenciadores. O fato de o cronograma ser muito minucioso e abranger muitas etapas, faz com que diversas informações contidas nele não possam ser aproveitadas no modelo, pelo fato de o modelo não possuir, sequer, tanto detalhamento. Desta maneira, determinadas atividades do cronograma não serão relacionadas a nenhum elemento do modelo. Em síntese, se o cronograma elaborado não for fiel ao modelo, respeitando suas restrições de execução e nível de detalhamento, ele pode vir a tornar-se uma ferramenta inútil às empresas gerenciadoras, por não refletir a realidade da obra.

Outro comentário importante a ser feito é a respeito da reorganização das equipes de trabalho. O coordenador de projetos é o profissional responsável pela gestão dos trabalhos de construtores e projetistas durante as fases de concepção e desenvolvimento de um empreendimento: ele tem a responsabilidade de garantir a compatibilização dos projetos, organizando as demandas de diversos profissionais e empresas envolvidos na realização da obra (GEROLLA, 2012). Com a introdução do BIM nos escritórios de arquitetura e construtoras, estas empresas passaram a buscar profissionais capazes de coordenar a implantação e operação da metodologia e a integração das equipes multidisciplinares de projeto. Essa passou a ser a função do gerente BIM, que combina a coordenação de projeto e a coordenação do produto – no caso, os modelos BIM.

O volume de informações que o BIM produz é enorme. O gerente BIM passa a assumir o controle dessas informações, que tipo de dados extrair e inserir – e como fazê-lo –, além de concentrar o conhecimento para depois retransmitir aos demais. É fundamental, portanto, que um gerente BIM tenha boa experiência na gestão e coordenação de projetos. Também é desejável que o profissional entenda a execução de uma obra, tendo acompanhado a construção total de um empreendimento para que ele possa associar a visão da obra com a de projeto (ROCHA, 2013).

O gerente BIM participa das decisões de todas as áreas envolvidas no projeto e interage com profissionais da área de incorporação e produto, coordenadores de projeto, equipe de compatibilização, coordenadores de obra e de orçamentos do próprio cliente ou terceirizados, além dos responsáveis pelos projetos de outras disciplinas. O ideal é que o gerente BIM também trabalhe mais efetivamente nos canteiros de obra para melhorar o entendimento dos detalhes dos projetos e das rotinas de construção, o que ainda acontece de forma tímida no Brasil.

8 CONCLUSÃO

A tecnologia BIM surgiu para auxiliar o setor da Construção Civil. Buscando otimizar tempo, mão-de-obra, equipamentos e materiais, o BIM prega a criação de um modelo central integrado que contenha as informações a respeito de um projeto, durante todas as fases de seu ciclo de vida. Os resultados mais importantes do BIM são a visualização prévia de conflitos e inconformidades de projeto, além da melhor comunicação entre as partes intervenientes do projeto e partilha da informação. O formato de arquivo IFC surgiu, mais tarde, como complemento a esta ideia, através da criação de uma linguagem comum aos aplicativos BIM do mercado, facilitando a interoperabilidade e o intercâmbio de dados.

A bibliografia nacional referente ao IFC ainda é muito escassa: quase não há publicações confiáveis que abordem o tema. Esta foi uma dificuldade encontrada para desenvolver este trabalho e, ao mesmo tempo, o maior fator motivador para a realização do mesmo. Espera-se, com a conclusão deste trabalho, que ele possa auxiliar os interessados em estudar este formato de arquivo, principalmente se relacionado ao BIM 4D.

A bibliografia consultada para o desenvolvimento deste trabalho foi o conteúdo do portal *online* da buildingSMART. Desenvolvedora do formato de arquivo IFC, ela explicita a linguagem e dá todas as informações a respeito deste padrão, ainda em desenvolvimento. Embora as informações sejam trazidas de forma organizada, a literatura não é óbvia e, além disso, o vocabulário é em inglês, o que dificulta ainda mais o entendimento da linguagem.

Além da dificuldade em se encontrar bibliografias que tratem o tema, outro impasse à realização deste trabalho foi a obtenção de licenças de *softwares* BIM que exportem arquivos IFC. Sabe-se que as licenças para *softwares* têm alto custo. Além disso, determinados *softwares* exigem máquinas potentes com configurações adequadas para operar sem problemas. Os computadores domésticos deixam a desejar neste quesito. Por isso, a parceria com a empresa DOX foi fundamental para execução deste trabalho. A empresa disponibilizou seu escritório e suas máquinas para que as modelagens e exportações de arquivos IFC fossem feitas, fornecendo suporte, também, no acesso a normas ABNT, que porventura fossem necessárias para o desenvolvimento do trabalho.

Outro impasse à realização deste trabalho foi a identificação de um *software* BIM 4D que exporte arquivos IFC. Primeiramente, o *software* Navisworks (Autodesk) havia sido escolhido para o desenvolvimento deste trabalho, e as etapas de importação do modelo Revit e de um cronograma feito em Ms Project foram feitas. Em seguida, associaram-se os elementos

do modelo a cada uma das atividades do cronograma, e procedeu-se às simulações. Entretanto, ao final de todo este processo, foi constatado que o Navisworks não exporta arquivos em formato IFC. Embora ele aceite a importação de arquivos neste formato – haja visto que o modelo feito em Revit foi exportado em IFC e, posteriormente, importado no Navisworks –, ele não realiza a exportação de arquivos no formato universal de arquivo IFC. Desta forma, migrou-se para o *software* Synchro, que possibilitou a geração e análise do arquivo IFC do 4D gerado para o projeto.

Este é um assunto que leva a uma questão ainda não resolvida: o uso posterior do arquivo IFC voltado ao 4D. É possível que, daqui a alguns anos, sejam encontradas novas finalidades para este documento gerado. Até o momento, se desconhece a utilização deste tipo de arquivo por algum outro *software*. Poderia-se dizer que o BIM 5D utiliza as informações obtidas através do BIM 4D. Esta informação não seria totalmente falsa se o BIM 5D tratasse de orçamentação. Como ele trata apenas de quantitativos, as informações relativas às datas de realização das tarefas não são interessantes ao BIM 5D. Na verdade, a quinta dimensão do BIM necessita mais das informações vindas do BIM 3D do que daquelas vindas do 4D.

O presente trabalho propôs-se a estudar detalhadamente a arquitetura do formato de arquivo IFC, a fim de compreender sua estrutura. Dividido em quatro camadas, o IFC opera de maneira hierárquica: as entidades se relacionam entre si, referenciando-se umas às outras, porém nunca desobedecendo a hierarquia existente.

O arquivo IFC foi desenvolvido para ser capaz de representar os elementos de um empreendimento, desde sua concepção até a fase final. Por isso, possui um acervo muito extenso: a versão atual conta com 766 definições de entidades, além dos tipos definidos, enumerações, conjuntos de propriedades, entre outros.

Embora a linguagem IFC seja muito extensa e complexa, o presente trabalho atingiu os objetivos para os quais foi proposto. A estrutura IFC foi compreendida, e suas entidades ligadas ao 4D foram identificadas.

Durante o desenvolvimento deste trabalho, a fim de se gerar o arquivo IFC a ser analisado, foi realizada a modelagem de um edifício fictício no *software* Revit que, em seguida, foi exportado em IFC e aberto no Synchro. Toda a etapa de modelagem do projeto, bem como a criação de um cronograma no Ms Project e o passo-a-passo das atividades no Synchro que levaram à exportação do arquivo IFC desejado, foram explicitados ao longo deste trabalho. Sendo assim, ele servirá como material de apoio a quem desejar compreender melhor a utilização do *software* Synchro, que possui muitas funcionalidades interessantes e pode ser uma ótima ferramenta para auxiliar o planejamento e controle de obras.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. **Técnicas de Planejamento e Controle**. FURG - CTI: Rio Grande, 2009. 310p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E-1557-09**: Standard Classification for Building Elements and Related Sitework UNIFORMAT II. 2005. 54 p.
- ANDRADE, M. L. V. X., RUSCHEL, R.C. **Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC**. Gestão & Tecnologia de Projetos [ISSN 19811543]. Vol 4, nº 2, Novembro de 2009. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/viewFile/50960/55046>>. Acesso em: 13 ago. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965**: Sistema de classificação da informação da construção. Rio de Janeiro, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 10006**: Gestão da qualidade - Diretrizes para a qualidade no gerenciamento de Projetos. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-10.006-Gest%C3%A3o-da-Qualidade-diretrizes-para-a-qualidade-no-gerenciamento-de-projetos.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2016.
- BARBOSA, A. C. M. **A metodologia BIM 4D e BIM 5D aplicada a um caso prático: Construção de uma ETAR na Argélia**. 2014. 157 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior de Engenharia do Porto. Porto, Portugal, 2014. Disponível em: <http://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/5571/1/DM_AnaBarbosa_2014_MEC.pdf>. Acesso em: ago. 2016.
- BATCHELER, B.; HOWELL, I. **Building Information Modeling two years later: Huge potential, some success and several limitations**. [S.l.]: Newforma, 2005. Disponível em: <http://www.laiserin.com/features/bim/newforma_bim.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2016.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Educação profissional: Referenciais curriculares nacionais da educação profissional de nível técnico. Área profissional: construção civil**. Brasília: MEC, 2000. 36 p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/constciv.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2016.
- CARDIAL, R. **Primeiros passo no Navisworks**. 2014. Disponível em: <<http://autocad-revit-arquitetura.typepad.com/revitplus/2014/02/primeiros-passos-no-navisworks.html>>. Acesso em: 17 ago. 2016.
- CARDOSO, F. H. **Incentivo do estado e desenvolvimento: uma análise sobre o crescimento da área da construção civil**. 2013. 9 f. Centro de Letras e C.H. – CLCH. Departamento de Ciências Sociais. Semana de Ciências Sociais. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013. Disponível em: <<http://www.uel.br/eventos/semanacsoc/pages/arquivos/GT%208/Cardoso%20Fernando%20Henrique%20-%20Artigo.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2016.
- CATELANI, W. S. **Implantação do BIM para construtoras e incorporadoras: Parte 1- Fundamentos BIM**. Brasília, DF: CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2016.

120 p. Disponível em: <http://cbic.org.br/arquivos/CBIC_Disseminacao_BIM_parte_1.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2016.

CSI. **MasterFormat**. Disponível em: < <http://www.csinet.org/Home-Page-Category/Formats/MasterFormat.aspx>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

_____. **Unifformat**. Disponível em: < <http://www.csinet.org/Home-Page-Category/Formats/UniFormat.aspx> >. Acesso em: 20 ago. 2016.

DIETRICH, G. L. V. **A história do CAD**. 2014. Disponível em < <http://blog.render.com.br/cad/a-historia-do-cad/>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção**. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483 p.

ESTEVES, A. **A metodologia BIM aplicada à preparação de obra**. Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto. (Dissertação de Mestrado), 2012. Disponível em: <http://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/7343/1/DM_ArmandoEstevesSilva_2012_MEC.pdf>. Acesso em: ago. 2016.

FARIA, R. Construção Integrada. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini n. 127, out. 2007. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/127/artigo286443-1.aspx>>. Acesso em: 30 ago. 2016.

FARIA, R. Cronograma físico-financeiro. **Revista Equipe de Obra**, São Paulo: Pini 35 ed, maio 2011. Disponível em: < <http://equipededeobra.pini.com.br/construcao-reforma/35/cronograma-fisico-financeiro-213994-1.aspx>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

GEROLLA, G. Coordenador de projetos. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini n. 190, nov. 2012. Disponível em: < <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/190/artigo288014-1.aspx> >. Acesso em: out. 2016.

HAMED, L. **BIM do 3D ao 7D**, 2015. Disponível em: <<https://hashtagbim.wordpress.com/2015/10/12/bim-do-3d-ao-7d/>>. Acesso em: 30 ago. 2016.

HARRIS J. **Integration of BIM and Business Strategy**. Northwestern University, Evanston, IL: McCormick School of Engineering and Applied Science, 2010. Disponível em: <https://www.wbdg.org/pdfs/integratebim_harris.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2016.

HONDA, V. Y. **Avaliação do software Autodesk Revit 2016 para quantificação por meio da modelagem da informação da construção**. 2016. 110 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016. Disponível em: < <http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/139291/000865627.pdf?sequence=1>>. Acesso em: ago. 2016.

INTERNATIONAL ALLIANCE FOR INTEROPERABILITY. **Industry Foundation Classes: IFC2x Edition 3 Technical Corrigendum 1**. 1999-2007. Disponível em: < <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x3/TC1/html/>>. Acesso em: ago. 2016.

JUSTI, A. R. **Autodesk Revit Building 9.0**. Rio de Janeiro: Brasport, 2007.

LIEBICH, T. **IFC 4: the new buildingSMART standard**. [S.l.]: buildingSMART, 2013. Disponível em: <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases/ifc4-release/buildingSMART_IFC4_WhatisNew.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2016.

LIEBICH, T. **IFC Object Model Architecture Guide**. Virginia, Estados Unidos da América: (IAI) International Alliance of Interoperability, 1999. 9 p. Disponível em: <http://iaiweb.lbl.gov/Resources/IFC_Releases/IFC_Release_2.0/FINAL_Documents/IFC_R2_ObjectModelArchitectureGuide_US.PDF>. Acesso em: 13 ago. 2016.

LINHARES, J. L. **Elaboração de projetos**. 2010. 4 p. Disponível em: <<http://www.feesc.org.br/site/files/projetos.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

LINO, J. C.; AZENHA, M.; LOURENÇO, P. **Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas**. Encontro Nacional BETÃO ESTRUTURAL, 10 p. Porto, 2012. Disponível em: <http://paginas.fe.up.pt/~be2012/Indice/BE2012/pdf-files/076_Artigo.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2016.

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 325 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-08072014-124306/publico/TESE_LEONARDO_MANZIONE.pdf>. Acesso em: ago. 2016.

MATTOS, A. D. **BIM 3D, 4D, 5D e 6D**. 2014. Blogs PINI. Disponível em: <<http://blogs.pini.com.br/posts/Engenharia-custos/bim-3d-4d-5d-e-6d-335300-1.aspx>>. Acesso em: 13 ago. 2016.

MCPHEE, A. **What is this called LOD**. 2013. Disponível em: <<http://practicalbim.blogspot.com.br/2013/03/what-is-this-thing-called-lod.html>>. Acesso em: 01 ago. 2016.

NAKAMURA, J. Construtoras apostam no BIM 4D para melhorar assertividade do planejamento de obras. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, n. 213, dez. 2014. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/213/artigo335226-1.aspx>>. Acesso em: 30 ago. 2016.

PALAORO, M. J. **Entenda o universo chamado BIM**. Graphics, 2016. Disponível em: <<http://www.portalgraphics.com.br/farol/portalgraphics/servicos/bricscad/detalhes-bricscad/entenda-o-universo-chamado-bim/69>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

PEREIRA, R. M. S. **Sistemas de classificação na construção**. Síntese comparada de métodos. Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto. (Dissertação de Mestrado), 2013. Disponível em: <https://sigarra.up.pt/feup/pt/pub_geral.show_file?pi_gdoc_id=353290>. Acesso em: 20 ago. 2016.

PINHAL, P. **O que As Built?** Colégio de arquitetos, 2014. Disponível em: <<http://www.colegiodearquitetos.com.br/dicionario/author/pinhal/>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

PROCHNOW, M.; SCHAFFER, W.B. **Pequeno manual para elaboração de projetos**. Rio do Sul: Ed. UFRS, 1999. Disponível em: < http://www.fucam.org.br/Elaboracao_de_Projetos.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2016.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK)**. 5ed. Penssylvania, 2013. Disponível em: < <http://baixadorlivre.blogspot.com.br/2014/08/guia-pmbok-5-edicao-em-portugues-2013.html>>. Acesso em: ago. 2016.

RENDEIRO, J. E. **O BIM na engenharia**. Plataforma BIM, 2013. Disponível em: <<http://www.plataformabim.com.br/2013/04/o-bim-na-engenharia.html>>. Acesso em: ago. 2016.

ROCHA, A. P. Gerente BIM. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini n. 191, fev. 2013. Disponível em: < <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/191/gerente-bim-profissional-e-o-responsavel-pelo-aprimoramento-da-285986-1.aspx> >. Acesso em: out. 2016.

ROSSO, S.M. 2011. **Softwares BIM**: Conheça os programas disponíveis, seu custo, principais características e segredos. Disponível em: < <http://www.au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/208/artigo224333-2.aspx>>. Acesso em 17 ago. 2016.

SABINO, G. **Para que serve o Ms Project?**. 2015. Disponível em: < <http://www.radardeprojetos.com.br/2015/09/para-que-serve-o-ms-project.html>>. Acesso em: 17 ago. 2016.

SAKAMORI, M. M. **Modelagem 5D (BIM)**: Processo de orçamentação com estudo sobre controle de custo e valor agregado para empreendimentos de construção civil. 2015. 178 p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

SANTOS, A. P. L.; ANTUNES, C. E.; BALBINOT, G. B. **Levantamento de quantitativos de obras**: comparação entre o método tradicional e experimentos em tecnologia BIM. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, Florianopolis, v. 6, n. 12, p. 134- 155, 2014.

SILVA, J. M. S. **Princípios para o desenvolvimento de Projetos com recurso a ferramentas BIM - Avaliação de melhores práticas e proposta de regras de modelação para projetos de estruturas**. Porto: Faculdade de Engenharia do Porto, 2013. Disponível em: <https://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/images/Jorge_Silva_-_2012-2013_-_Princ%C3%ADpios_para_o_Desenvolvimento_de_Projetos_com_Recurso_a_Ferramentas_BIM.pdf>. Acesso em: ago. 2016.

SOARES, J. **A metodologia BIM-FM aplicada a um caso prático**. Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2013. Disponível em: <http://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/4715/1/DM_JoelSoares_2013_MEC.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2016.

STEEL, J.; DROGEMULLER, R.; TOTH, B. **Model interoperability in building information modelling**. Software & Systems Modeling, v.11, n.1, p.99-109, 2012. Disponível em: < <https://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:236886/biminterop.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2016.

SUCHOCKI, M. **BIM para construção - A hora da verdade para engenharia e construção**: Desafios e oportunidades para o setor da AEC. São Paulo: Autodesk, [2016]. 13p.

SYNCHRO SOFTWARE LTD. **Synchro PRO Basic Training 2015**. 115p.

TJELL, J. **Building Information Modeling (BIM) - in Design Detailing with Focus on Interior Wall Systems**. Copenhagen: Technical University of Denmark. (Dissertação de Mestrado), 2010. Disponível em: < <http://www.leanconstruction.dk/media/9094/Building%20Information%20Modeling%20-%20BIM.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2016

ANEXO I – GRUPOS DE PROCESSOS DO GERENCIAMENTO DE PROJETOS

Áreas de conhecimento	Grupo de processos de iniciação	Grupo de processos de planejamento	Grupo de processos de execução	Grupo de processos de monitoramento e controle	Grupo de processos de encerramento
Gerenciamento da integração do projeto	- Desenvolver o termo de abertura do projeto	- Desenvolver o plano de gerenciamento do projeto	- Orientar e gerenciar o trabalho do projeto	- Monitorar e controlar o trabalho do projeto - Realizar o controle integrado de mudanças	- Encerrar o projeto ou fase
Gerenciamento do escopo do projeto		- Planejar o gerenciamento do escopo - Coletar os requisitos - Definir o escopo - Criar a EAP		- Validar o escopo - Controlar o escopo	
Gerenciamento do tempo do projeto		- Planejar o gerenciamento do cronograma - Definir as atividades - Sequenciar as atividades - Estimar os recursos das atividades - Estimar as durações das atividades - Desenvolver o cronograma		- Controlar o cronograma	
Gerenciamento dos custos do projeto		- Planejar o gerenciamento dos custos - Estimar os custos - Determinar o orçamento		- Controlar os custos	
Gerenciamento da qualidade do projeto		- Planejar o gerenciamento da qualidade	- Realizar a garantia da qualidade	- Controlar a qualidade	
Gerenciamento dos recursos humanos do projeto		- Planejar o gerenciamento dos recursos humanos	- Contratar ou mobilizar a equipe do projeto - Desenvolver a equipe do projeto - Gerenciar a equipe do projeto		
Gerenciamento das comunicações do projeto		- Planejar o gerenciamento das comunicações	- Gerenciar as comunicações	- Controlar as comunicações	
Gerenciamento dos riscos do projeto		- Planejar o gerenciamento dos riscos - Identificar os riscos - Realizar a análise qualitativa dos riscos - Realizar a análise quantitativa dos riscos - Planejar respostas aos riscos		- Controlar os riscos	
Gerenciamento das aquisições do projeto		- Planejar o gerenciamento das aquisições	- Conduzir as aquisições	- Controlar as aquisições	- Encerrar as aquisições
Gerenciamento das partes interessadas do projeto	- Identificar as partes interessadas	- Planejar o gerenciamento das partes interessadas	- Gerenciar o engajamento das partes interessadas	- Controlar o engajamento das partes interessadas	

Fonte: PMI (2013)

ANEXO II – SOFTWARES IFC COMPATÍVEIS

Domínio	Nome do <i>software</i>
Architecture	4M IDEA Architecture, AutoCAD Architecture, ViCADo.arc, NTItools Arkitekt (Revit plug-ins), cadwork wood, Vectorworks Architect, Digital Project, ArchiCAD, Allplan Architecture, VisualARQ, DDS-CAD Architect, Bentley speedikon V8i (SELECTseries4), Revit Architecture, IFC-to-RDF Web Service, SPIRIT, EliteCAD AR, AutoScheme, Renga Architecture, AECOsim Building Designer V8i, BricsCAD, ARCHLine.XP
Building Performance Energy Analysis and Simulation	IDA ICE, RIUSKA, Simergy, OpenStudio, IES-VE
Building Services	PipeDesigner 3D, CADduct, CADie Sähäkkä, 4M FineSANI, DDS-CAD MEP, AutoCAD MEP, Design Master HVAC, Design Master Plumbing, Design Master Electrical, DuctDesigner 3D, Benchmark, CADs Planner Electric, MagiCAD, Revit MEP, CADmep+, 4M FineELEC, 4M FineHVAC, Raumtool 3D, Plancal nova, AECOsim Building Designer V8i
Construction Management	GALA Construction <i>Software</i> , Dprofiler, IFC Takeoff for Microsoft Excel, Synchro Professional, CostOS BIM Estimating, BIMProject evolution, DDS-CAD construction, Navisworks, ISY Calcus, Vico Office Suite, CostX, SuperPlan, Tekla BIMsight, EcoDomus PM, AutoBID SheetMetal, PriMus-IFC, Asta Powerproject BIM, Golden Takeoff (TAS), RIB iTWO, ArtrA
Data Server	Bimsync, Constructivity Model Server, EDMserver, BIM Collaboration Hub, cBIM Manager, BIMserver, ActiveFacility, IfcWebServer, ACTIVE3D Build Server, Business Collaborator CDE, Trimble Connect, ArchiBIM Server, CESABIM, GliderBIM, BIM Track, IFChub, Aconec, Adoddle
Development Tools	bysync Viewer API, ECCO Toolkit, IFCsvr ActiveX Component, simplebim.Developer, IFC Engine DLL, ifc-dotnet, IFC SDK, HOOPS Exchange, ST-Developer, IfcOpenShell, IFC Toolbox, IfcGears, BSPro, Open IFC Tools, bimsync REST API, xBIM Toolkit

Domínio	Nome do software
Facility Management	FaMe, MORADA, ArtrA, ACTIVE3D Facility Server, TRIRIGA Facilities, EcoDomus FM, DaluxFM, Real Estate, openMAINT, performa Asset Managemet System, Bentley Facilities V8i
General Modeling	Ziggurat, Constructivity Model Editor, ggRhinoIFC, SolidWorks Premium, FreeCAD, Solid Edge, SketchUp
Geographic Information System	ArcGIS Desktop, FME, Bentley Map V8i
Model Viewer	Bimsync, Dalux Building View, Constructivity Model Viewer, IFC2SKP plugin, Nemetschek IDC Viewer, DDS-CAD BIM-Enhancer, IFC File Analyzer, DDS-CAD Viewer, Solibri Model Checker, BIMReview evolution, Dalux BIM Checker, FZK Viewer, IFC Quick Browser, Simplebim, Autovue 3D Professional, Tetra4D Converter, StruWalker, IFC Engine Viewer, Solibri Model Viewer, RxView, ArchiBIM Viewer, ArchiBIM Analyzer, performa Manager, performa Urbanscape, NaviTouch, BIM Vision, MicroStation V8i, MicroStation View V8i, MicroStation PowerDraft V8i, Bentley Navigator V8i, Revu
Other	IFCCompressor, BIMTag, Space Layout Editor for Microsoft Visio, Onuma System, dRofus, Solibri Model Optimizer, BIMsurfer WebGL viewer, IFC Model Exchange for Microsoft Visio, IFC BIM Validation Service, ROOMEX, AEC3 BimServices, SmartPlant Interop Publisher, performa codeChecker, Causeway BIM Management, performa Integrity checker, Flow / MassMotion, BIMseek
Structural	SteelVis, Advance Concrete, NTItools Konstruksjon (Revit plug-ins), Tilt-Werks, AVEVA Boca Steel, Revit Structure, Advance Design, Allplan Engineering, Tekla Structures, Advance Steel, StruCad, SDS/2, RSTAB, CsiBridge, 4M STRAD, FEM-Design, AxisVM, STRAKON, InfoCAD, SPACE GASS, Bentley Structural Modeler V8i, SOFiSTiK Structural Desktop (SSD), ViCADOing, ScaleCAD, SAP 2000, Scia Engineer, ETABS, RFEM, CAD/QST, Tricalc, CYPECAD, SAFI 3D, AECOSim Building Designer V8i

Fonte: Autoria própria

ANEXO III – SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO UNIFORMAT

NÍVEL 1		NÍVEL 2		NÍVEL 3	
		Grupos de elementos		Elementos individuais	
A	Infraestrutura	A10	Fundações	A1010	Fundações comuns
				A1020	Fundações especiais
				A1030	Lajes inclinadas
		A20	Construção do subsolo	A2010	Escavação de subsolo
				A2020	Paredes cortina de subsolo
B	Envoltória	B10	Superestrutura	B1010	Construção de piso
				B1020	Construção de cobertura
		B20	Fechamento externo	B2010	Paredes externas
				B2020	Janelas externas
				B2030	Portas externas
		B30	Cobertura	B3010	Acabamentos da cobertura
				B3020	Aberturas da cobertura
C	Interiores	C10	Construções internas	C1010	Vedações
				C1020	Portas internas
				C1030	Acessórios
				C2010	Construção de escada
				C2020	Acabamentos da escada
				C3010	Acabamento de paredes
				C3020	Acabamentos de piso
				C3030	Acabamentos de forro
D	Serviços	D10	Transporte	D1010	Elevadores
				D1020	Escadas rolantes
		D20	Sistemas hidráulicos	D2010	Fixação de tubulações
				D2020	Distribuição doméstica de água
				D2030	Esgoto sanitário
				D2040	Drenagem de águas pluviais
				D2090	Outros sistemas hidráulicos
		D30	Sistemas de climatização	D3010	Suprimento de energia
				D3020	Sistemas de geração de calor
				D3030	Sistemas de refrigeração
				D3040	Sistemas de distribuição
				D3050	Terminais
				D3060	Controles e instrumentação
				D3070	Testes e balanceamento
				D3090	Outros sistemas
		D40	Proteção contra incêndio	D4010	Sprinklers
				D4020	Tubulações
				D4030	Sistemas especiais de proteção
				D4090	Outros sistemas
		D50	Sistemas elétricos	D5010	Distribuição elétrica
				D5020	Iluminação e cabeamento

				D5030	Comunicações e segurança
				D5090	Outros sistemas elétricos
E	Equipamentos e mobiliário	E10	Equipamentos	E1010	Equipamentos comerciais
				E1020	Equipamentos institucionais
				E1030	Equipamentos de veículos
				E1090	Outros equipamentos
		E20	Mobiliário	E2010	Mobiliários fixos
				E2020	Mobiliários removíveis
F	Construção especial e demolições	F10	Construção especial	F1010	Estruturas especiais
				F1020	Construções integradas
				F1030	Sistemas de construções especiais
				F1040	Sistemas de instalações especiais
				F1050	Controles especiais e instrumentação
		F20	Demolição seletiva	F2010	Demolição de elementos do edifício
				F2020	Demolição de elementos perigosos
G	Canteiro de obras	G10	Preparação do canteiro	G1010	Limpeza do terreno
				G1020	Demolições
				G1030	Terraplenagem
				G1040	Remoção de resíduos perigosos
		G20	Melhorias do canteiro	G2010	Acessos
				G2020	Estacionamento
				G2030	Acessos para pedestres
				G2040	Desenvolvimento do canteiro
				G2050	Paisagismo
		G30	Utilidades civis e mecânicas	G3010	Suprimento e distribuição de água
				G3020	Sistemas de esgoto sanitário
				G3030	Captação de águas de chuva
				G3040	Distribuição de aquecimento
				G3050	Distribuição de resfriamento
				G3060	Distribuição de combustível
				G3090	Outras utilidades
		G40	Utilidades elétricas do canteiro	G4010	Distribuição elétrica
				G4020	Iluminação do canteiro
				G4030	Comunicações e segurança
				G4090	Outras utilidades elétricas
		G50	Outras construções	G5010	Túneis
				G5090	Outros sistemas e equipamentos

Fonte: ASTM E-1557-09 apud HONDA (2016)¹

¹AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E-1557-09**: Standard Classification for Building Elements and Related Sitework UNIFORMAT II. 2005. 54 p. apud HONDA, V. Y. **Avaliação do software Autodesk Revit 2016 para quantificação por meio da modelagem da informação da construção**. 2016. 110 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

ANEXO IV – SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO MASTERFORMAT

GRUPO	SUBGRUPO	DIVISÃO	ESPECIFICAÇÃO
Compras e Requisitos Contratantes		00	Compras e requisitos contratantes
Especificações	Requerimentos Gerais	01	Requisitos gerais
	Construção de Instalações	02	Condições existentes
		03	Concreto
		04	Alvenaria
		05	Metais
		06	Madeira, plásticos e compósitos
		07	Proteção térmica quanto a umidade
		08	Aberturas
		09	Acabamentos
		10	Especificidades
		11	Equipamentos
		12	Móveis
		13	Construção especial
		14	Equipamento de transporte

		15	Reservado
		16	Reservado
		17	Reservado
		18	Reservado
		19	Reservado
	Instalações de serviço	20	Reservado
		21	Extinção de incêndios
		22	Canalização
		23	AVAC
		24	Reservado
		25	Automação integrada
		26	Elétrica
		27	Comunicações
		28	Segurança e proteção eletrônica
		29	Reservado
	Localização de Obras e Infraestrutura	30	Reservado
		31	Terraplenagem
		32	Melhoria externa

		33	Utilidades
		34	Transporte
		35	Construção naval e fluvial
		36	Reservado
		37	Reservado
		38	Reservado
		39	Reservado
	Equipamentos	40	Processo de integração
		41	Processamento de materiais e manuseio de equipamentos
		42	Processo de aquecimento, refrigeração e secagem
		43	Processo e manipulação de líquidos, purificação e equipamentos de armazenamento
		44	Equipamento de controle de poluição
		45	Fábrica de equipamentos específicos do setor
		46	Reservado
		47	Reservado
		48	Geração de energia elétrica
		49	Reservado