

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Eduardo José Conte

**TECNOLOGIA BIM: APLICAÇÃO NO CONTROLE DA
EXECUÇÃO DE OBRAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Porto Alegre
dezembro 2014

EDUARDO JOSÉ CONTE

**TECNOLOGIA BIM: APLICAÇÃO NO CONTROLE DA
EXECUÇÃO DE OBRAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheiro Civil

Orientador: Eduardo Luis Isatto

Porto Alegre
dezembro 2014

EDUARDO JOSÉ CONTE

**TECNOLOGIA BIM: APLICAÇÃO NO CONTROLE DA
EXECUÇÃO DE OBRAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 14 de dezembro de 2014

Prof. Eduardo Luis Isatto
Dr. pelo PPGE/UFRGS
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Dra. pelo PPGA/UFRGS
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Profa. Luciani Lorenzi (UFRGS)
Doutora em Engenharia pela UFRGS

Raquel Hoffmann Reck (NEX Group)
Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Eduardo Luis Isatto (UFRGS)
Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Nadir e Noely (*in memoriam*), que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Eduardo Luis Isatto, orientador deste trabalho, pela atenção dada em todas as etapas, estimulando constantemente o questionamento sobre os métodos a serem utilizados e a abrangência dos resultados, instigando a minha curiosidade sobre o tema e fornecendo material sempre que necessário.

Agradeço à Profa. Carin Maria Schmitt, coordenadora deste trabalho, pelas críticas sempre pontuais e úteis sobre o trabalho, as quais não só contribuíram para a concepção deste, mas também para organização e construção de trabalhos futuros.

Agradeço aos meus pais, Nadir e Noely (*in memoriam*), os quais me apoiaram sempre, dando suporte aos meus estudos mesmo nos momentos mais difíceis.

Agradeço ao meu irmão Ricardo, e amigos próximos, por estarem ao meu lado e sempre incentivarem-me a seguir o caminho certo.

Agradeço a todos colegas e professores que de alguma forma me forneceram material para o trabalho e contribuíram para que este pudesse ser realizado.

Conhece-te a ti mesmo e conhecerás o universo
e os deuses.

Sócrates

RESUMO

O atual cenário do setor construtivo vive um momento de transição entre a tecnologia convencional de projetos construtivos através de programas que operam em plataforma CAD (*Computer Aided Design*), e a utilização de modelos de edificações tridimensionais “inteligentes” que operam em plataforma BIM (*Building Information Modelling*). Este trabalho aborda especificamente a compatibilização do controle de execução de obras e a tecnologia de modelagem em BIM, por meio de estudo da melhor forma de representar este controle através do modelo BIM de um edifício residencial multifamiliar de 8 andares já concluído. Foram exploradas as formas de representação dos diversos tipos de pacotes de curto prazo realizados durante a execução da obra e o modelo BIM do edifício, sendo este representado através do formato IFC (*Industry Foundation Class*), que é o formato de arquivo de interoperabilidade livre entre programas BIM, também denominado OpenBIM. Para a realização deste trabalho, fez-se uso da tecnologia de modelagem em 4D, a qual permitiu a conexão dos pacotes de trabalho de curto prazo ao modelo BIM em formato IFC, possibilitando demonstrar a evolução do cronograma físico da obra de forma visual, com o uso de animação gráfica, onde o status de evolução de cada tarefa foi destacado pelo uso de diferentes cores. Além de indicar as diferentes formas de associação entre os pacotes de trabalho de curto prazo e os objetos do modelo, o estudo aponta diversas dificuldades que podem ocorrer neste processo. Também são sugeridas diretrizes para este tipo de modelagem, descrevendo as etapas do processo e apontando os cuidados necessários ao longo do processo de concepção do modelo BIM até sua representação na simulação 4D.

Palavras-chave: Compatibilização do Controle com o Modelo BIM (*Building Information Modelling*). IFC (*Industry Foundation Class*).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas da pesquisa.....	17
Figura 2 – Planilha do <i>last planner</i> definida para a semana.....	27
Figura 3 – Planilha de <i>last planner</i> revisada ao final da semana.....	29
Figura 4 – Tempo de uso da tecnologia BIM pelos construtores em diversos países.....	31
Figura 5 – Percentual de construtores com alto/muito alto nível de implementação do BIM.....	32
Figura 6 – Porcentagem de construtores em cada nível de engajamento com BIM.....	33
Figura 7 – Retorno de investimento do BIM percebido pelos construtores brasileiros....	34
Figura 8 – Imagem externa do modelo BIM do edifício selecionado.....	44
Figura 9 – Vista do pavimento tipo do modelo BIM selecionado para o trabalho.....	44
Figura 10 – Vista superior do pavimento tipo do modelo BIM do edifício em estudo.....	45
Figura 11 – Extração de um modelo BIM em formato IFC com o Revit.....	47
Figura 12 – Extração de um modelo personalizado para o Navisworks, no SimpleBIM.	48
Figura 13 – Grupos de objetos criados para o modelo do edifício (parte 1).....	66
Figura 14 – Grupos de objetos criados para o modelo do edifício (parte 2).....	67
Figura 15 – Diferentes formatos de arquivo da EAP suportados pelo Navisworks, no processo de importação.....	68
Figura 16 – Definição da categoria de cada pacote de trabalho.....	69
Figura 17 – Processo de vinculação dos pacotes de trabalho aos grupos de objetos.....	70
Figura 18 – Grupos de objetos referentes as lajes, com nome idêntico as atividades.....	71
Figura 19 – Pacotes de trabalho da atividade “Cobertura”, vinculados a diferentes grupos.....	72
Figura 20 – Indicação do local em que está sendo executada a tarefa no edifício, por meio da simulação.....	74
Figura 21 – Fluxograma de informações relativas ao caminho percorrido pelo modelo BIM durante o processo.....	76
Figura 22 – Modelo no Revit, com as escadas (foram ocultadas as paredes para facilitar a visualização).....	77
Figura 23 – Modelo no SimpleBIM, sem as escadas (foram ocultadas as paredes para facilitar a visualização).....	78
Figura 24 – Modelo no SimpleBIM, com todas as telhas.....	79
Figura 25 – Modelo no Navisworks, sem parte das telhas (destacadas em verde as restantes).....	80
Figura 26 – Telhado localizado dentro do 6º pavimento (alvenarias ocultadas do modelo, para facilitar visualização).....	81

Figura 27 – Lajes do 8º pavimento e cobertura modeladas dentro da mesma localização (6º pavimento).....	82
Figura 28 – Nomenclatura da alvenaria sem significado explícito.....	83
Figura 29 – Passos para a representação.....	86

QUADROS

Quadro 1 – Atividades selecionadas para a vinculação ao modelo.....	48
Quadro 2 – EAP do projeto.....	50

LISTA DE SIGLAS

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

BIM – *Building Information Modelling*

CAD – *Computer Aided Design*

CAPEX – *Capital Expenditure*

CII – *Construction Industry Institute*

COAA – *Construction Owners Association of Alberta*

CPM – *Critical Path Method*

EPC – *Engineering, Procurement, Construction*

EAP – Estrutura Analítica de Projeto

IAI – *International Alliance for Interoperability*

IFC – *Industry Foundation Class*

IWP – *Installation Work Packages*

PERT – *Project Evaluation and Review Technique*

PPC – Percentual do Planejamento Concluído

PVC – Cloreto de Polivinila

VCM – *Virtual Construction Model*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 DIRETRIZES DA PESQUISA.....	15
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA.....	15
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	15
2.2.1 Objetivo principal.....	15
2.2.2 Objetivos secundários.....	15
2.3 PRESSUPOSTO.....	16
2.4 DELIMITAÇÕES.....	16
2.5 LIMITAÇÕES.....	16
2.6 DELINEAMENTO.....	16
3 PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL E O PAPEL DO PLANEJAMENTO E CONTROLE EM SUA REDUÇÃO.....	19
3.1 PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	19
3.1.1 Classificação e razões para medir as perdas.....	20
3.1.2 Perdas por <i>making-do</i>.....	21
3.2 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA OBRA.....	23
3.2.1 Etapas do planejamento.....	23
3.2.1.1 Preparação do processo.....	23
3.2.1.2 Planejamento de longo prazo.....	24
3.2.1.3 Planejamento de médio prazo.....	25
3.2.1.4 Planejamento de curto prazo.....	26
3.3 FERRAMENTAS DE CONTROLE.....	27
4 TECNOLOGIA BIM.....	30
4.1 DEFINIÇÃO.....	30
4.2 BIM NO BRASIL.....	30
4.3 CONTROLE DA EXECUÇÃO NO MODELO BIM.....	34
4.4 SOFTWARES DE MODELAGEM 4D.....	36
4.4.1 Vico Software.....	36
4.4.2 Autodesk.....	36
4.4.3 Bentley.....	38
4.4.4 Datacubist.....	40
4.5 INTEROPERABILIDADE E O IFC.....	41
5 ESTUDO DE CASO.....	43

5.1 SELEÇÃO DO CASO.....	43
5.2 DEFINIÇÃO DOS SOFTWARES UTILIZADOS.....	45
5.3 PREPARAÇÃO DO MODELO BIM E PACOTES DE TRABALHO PARA VINCULAÇÃO.....	46
5.3.1 Preparação do modelo BIM.....	46
5.3.2 Arranjo dos pacotes de trabalho.....	47
5.4 VINCULAÇÃO DO MODELO BIM AOS PACOTES DE TRABALHO.....	65
5.4.1 Definição do agrupamento dos objetos do modelo BIM.....	65
5.4.2 Vinculação dos agrupamentos de objetos as tarefas da EAP.....	67
5.5 REPRESENTAÇÃO DO CONTROLE DAS ATIVIDADES ATRAVÉS DO MODELO.....	72
5.6 ANÁLISE CRÍTICA DO TRABALHO.....	75
5.6.1 Interoperabilidade entre programas.....	75
5.6.2 Importância da precisão da modelagem no processo de representação.....	80
5.6.3 Análise da representação dos pacotes de trabalho no modelo.....	84
5.6.3.1 Impacto do conhecimento prévio dos processos executivos.....	84
5.6.3.2 Propostas de melhorias na visualização da simulação.....	85
6 DIRETRIZES PARA O PROCESSO DE REPRESENTAÇÃO.....	86
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	88
REFERÊNCIAS.....	89

1 INTRODUÇÃO

O Brasil está passando por uma fase de intensificação nos investimentos na construção civil, que inclui exemplos como a construção e modernização de estádios para eventos como a Copa do Mundo de futebol de 2014 e o anúncio da continuação de programas de habitação como Minha Casa, Minha vida, para 2015, além da recente execução da rodovia federal BR-448 (Rodovia do Parque) em nosso Estado. Obras desta envergadura costumam ter alto grau de complexidade, exigindo aplicação de tecnologias avançadas para atingir os objetivos de custos, prazos e qualidade predefinidos. Dentre as ferramentas disponíveis para tais fins, pode ser citada a aplicação de um planejamento adequado, com o controle da execução, além da introdução da modelagem BIM (*Building Information Modeling*) nos processos.

Isatto et al. (2000, p. 78-79) citam:

Pode-se definir três grandes níveis hierárquicos na gestão de processos:

- a) **longo prazo:** refere-se ao planejamento de caráter tático relativo a toda etapa de produção. [...];
- b) **médio prazo:** também tem um caráter tático, servindo de elo entre o planejamento de longo e de curto prazo. [...];
- c) **curto prazo:** relacionado ao dia a dia da obra. Envolve a definição detalhada das atividades a serem realizadas, seus recursos e momento de execução.

No planejamento e controle da produção no curto prazo, uma das ferramentas utilizadas é o *last planner* que, de acordo com os Isatto et al. (2000, p. 122), “[...] [tem] o objetivo de formalizar o curto prazo, através da utilização de uma planilha relativamente simples, através da qual se pode avaliar a eficácia do planejamento operacional e registrar as causas do não cumprimento das tarefas programadas.”.

No que refere a tecnologia BIM, segundo Eastman et al. (c2011, p. 1, tradução nossa):

Pode-se construir digitalmente um ou mais modelos virtuais precisos para um empreendimento. Eles ajudam o projeto através de suas fases, permitindo uma melhor análise e controle em relação aos processos manuais. Além do mais, quando completos, estes modelos gerados por processo computacional contêm a geometria e dados precisos para ajudar a construção, fabricação e atividades de intervenção dentro da construção realizada.

A partir disso, pode-se concluir que a utilização deste tipo de recurso facilita a compreensão e análise da construção, sendo possível melhor visualização e controle do projeto como um todo.

Ao passo que o BIM vem sendo introduzido como ferramenta para evolução na concepção e execução de projetos, são levantados questionamentos sobre aperfeiçoamentos necessários para que seus recursos sejam plenamente utilizados. Um dos pontos fundamentais para que isto venha a ocorrer é a interoperabilidade entre os programas de modelagem tridimensional. Para tanto, um formato-padrão de arquivos, o IFC (*Industry Foundation Class*), foi criado por empresas interessadas no BIM, visando unificar um padrão de formato, possibilitando aos usuários a criação, edição e compartilhamento de dados independente do programa a ser utilizado. Na prática, o IFC está ainda em fase de desenvolvimento, e apresenta algumas lacunas quanto a sua operação. O presente trabalho se propõe a identificar as possíveis formas de associação e representação de informações do controle de execução da obra ao modelo BIM/IFC da edificação, bem como as possíveis lacunas quanto a utilização deste formato de arquivo.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: quais as formas de associação e representação adequadas, no modelo BIM/IFC do projeto estudado, para realização do controle da execução da edificação?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundário e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal do trabalho é a identificação das possíveis formas de associação e representação de informações do controle de execução da obra ao modelo BIM/IFC da edificação.

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) a identificação de eventuais limitações do formato IFC no que diz respeito a representação das informações do controle de execução da obra;
- b) o diagnóstico de possíveis problemas de interoperabilidade entre diferentes softwares BIM.

2.3 PRESSUPOSTO

O trabalho teve por pressuposto que é possível fazer a conexão entre controle de execução de atividades e modelo BIM, visto que já existem *softwares* que fornecem ferramentas para tanto, como por exemplo, o Autodesk Navisworks.

2.4 DELIMITAÇÃO

A delimitação do trabalho foi a utilização do arquivo em formato IFC.

2.5 LIMITAÇÃO

O trabalho limitou-se a aplicação do controle em um único modelo, de um edifício residencial multifamiliar de 8 andares.

2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 1, e são descritas nos próximos parágrafos:

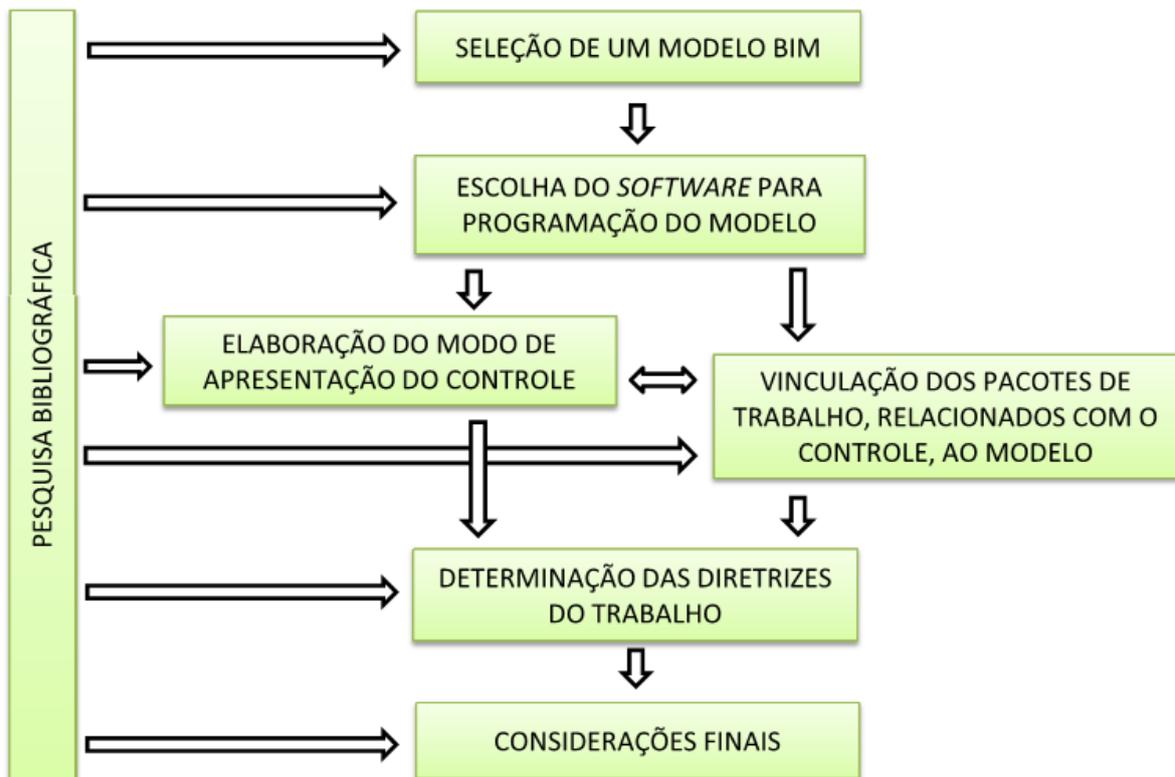
- a) pesquisa bibliográfica;
- b) escolha do caso a ser analisado;
- c) escolha do software para análise de programação do modelo;
- d) elaboração do modo de apresentação do controle;
- e) vinculação dos pacotes de trabalho, relacionados com o controle, ao modelo;
- f) determinação das diretrizes do trabalho;
- g) considerações finais.

A **pesquisa bibliográfica** tem como objetivo o embasamento teórico do controle de execução de obras, tecnologia de modelagem em BIM e como vincular o controle ao modelo, através do

uso de arquivos no formato IFC. Dentre os materiais estudados, destacam-se dissertações relativas a como evitar perdas na construção civil e ao mapeamento de pacotes de trabalho de curto prazo em obras, além da análise de programas computacionais e sites contendo informações sobre a edição de modelos BIM. Ela foi necessária durante todas as fases do trabalho visando à aplicação correta dos conceitos aos procedimentos.

Já a **escolha do caso a ser analisado** envolveu a pesquisa de possíveis obras que poderiam ser utilizadas para a execução do estudo. A obra a ser escolhida deveria estar concluída ou em fase final de execução, e ter disponíveis os dados de controle de execução, mais especificamente os pacotes de trabalho de curto prazo. Era desejável a existência prévia de um modelo BIM da edificação, embora este aspecto pudesse ser contornado pela elaboração do modelo da edificação pelo próprio pesquisador, a partir dos projetos existentes.

Figura 1 – Etapas da pesquisa



(fonte: elaborada pelo autor)

Em seguida, principalmente através de pesquisa em sites relacionados com BIM foi realizada a **escolha do software para edição do modelo**. Os resultados dessa procura levaram a

utilização do Navisworks Manage, da Autodesk, o qual está disponível de forma gratuita para os estudantes da UFRGS por até 3 anos no site da empresa. Além disso, ele possibilita a utilização de tecnologia de simulação 4D.

Após a definição do modelo, as próximas etapas envolvidas foram a **elaboração do modo de apresentação do controle** e a **vinculação dos pacotes de trabalho, relacionados com controle, ao modelo**. A primeira consistiu no estudo da estrutura de linguagem de programação do modelo BIM, detectando as possibilidades de edição e inserção de informações dentro do modelo. Já a segunda, ao passo que foram descobertos meios de representação, consistiu na inserção dos pacotes de trabalho no modelo e demonstração do controle dos mesmos através do modo de apresentação do controle pré-determinado. Estas duas atividades aconteceram em paralelo, visto que para testar as possíveis formas de representação do controle, foram utilizados alguns dos pacotes de trabalho planejados ou identificados no decorrer da obra. O processo se repetiu até que foi descoberta a melhor forma de atingir o objetivo do trabalho apresentado anteriormente.

Após o estabelecimento da melhor forma de representação do controle da execução no modelo BIM do edifício, foram estabelecidas as **diretrizes do trabalho**, quando são descritos todos os procedimentos necessários para atingir os objetivos do projeto. Em seguida, foram comentadas as **considerações finais** do trabalho.

O capítulo 3 descreve as perdas na construção civil, explicando sua origem e o como afetam custos e qualidade das obras. Visando apresentar soluções para diminuir estas perdas, o mesmo capítulo ainda apresenta o planejamento e controle da execução de obras, descrevendo como estes auxiliam no controle de desperdícios, através da utilização de ferramentas como as planilhas de *last planner*.

Já o capítulo 4 disserta sobre o BIM, apresentando seus benefícios e limitações, além de dados que conferem um potencial *status* de crescimento quanto sua utilização na construção civil. Além disso, é apresentado também o conceito da interoperabilidade entre *softwares* BIM, através da padronização do formato de arquivo em IFC.

3 PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL E O PAPEL DO PLANEJAMENTO E CONTROLE EM SUA REDUÇÃO

Este capítulo visa introduzir o conceito de perdas na construção civil, e como o planejamento e o controle de execução as influenciam. Concomitante a isso, serão descritas ferramentas que auxiliam neste processo.

3.1 PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

As perdas podem ser classificadas como um desperdício de qualquer espécie, por exemplo, em mão de obra e materiais. Tem como consequência elevados custos e baixo padrão de qualidade. (FORMOSO et al., 1997, p. [1]). Já em Isatto et al. (2000, p. 27), este é o conceito de perdas:

Na construção enxuta, o conceito de perdas está fortemente associado à noção de agregar valor e não está limitado apenas ao consumo excessivo de materiais. Assim, as perdas estão relacionadas ao consumo de recursos de qualquer natureza, tais como materiais, mão de obra, equipamentos e capital, acima da quantidade mínima necessária para atender os requisitos dos clientes internos e externos

Segundo Formoso et al. (1997, p. [1-2]), para se entender o conceito de perdas deve se ter em mente como são classificadas as atividades. Estas podem ser de conversão, que é quando de fato ocorre o beneficiamento de uma matéria-prima em produto, e atividades de fluxo, que é relativa à inspeção, estoque e movimentação de materiais. Isto não quer dizer que necessariamente uma atividade de conversão sempre gere valor, visto que esta pode ser executada da forma incorreta, sendo necessário realizar a atividade novamente. Para maximizar o aproveitamento das atividades, devem ser reduzidas ao máximo possível as atividades de fluxo, visto que estas não agregam diretamente valor ao material. Isto nem sempre é possível, visto que algumas destas, como treinamento de mão de obra, são necessárias para garantir a boa execução das tarefas.

3.1.1 Classificação e razões para medir as perdas

Quanto aos tipos de perdas, tanto Isatto et al. (2000, p. 27-28) como Formoso et al. (1997, p. [(1)-2]) as definem como:

- a) **perdas inevitáveis** (ou perda natural): correspondem a um nível aceitável de perdas, que é identificado quando o investimento necessário para sua redução é maior que a economia gerada. O nível de perdas considerado inevitável pode variar de empresa para empresa e mesmo de obra para obra, dentro de uma mesma empresa, dependendo do patamar de desenvolvimento da mesma;
- b) **perdas evitáveis**: ocorrem quando os custos de ocorrência são substancialmente maiores que os custos de prevenção. São consequência de um processo de baixa qualidade, no qual os recursos são empregados inadequadamente.

Formoso et al. (1997, p. 3-4) ainda classificam as perdas da seguinte forma:

- a) perdas por superprodução: refere-se às perdas que ocorrem devido à produção em quantidades superiores às necessárias, como, por exemplo: produção de argamassa em quantidade superior à necessária para um dia de trabalho, excesso de espessura de lajes de concreto armado;
- b) perdas por substituição: decorrem da utilização de um material de valor ou características de desempenho superiores ao especificado, tais como: utilização de argamassa com traços de maior resistência que a especificada, utilização de tijolos maciços no lugar de blocos cerâmicos furados;
- c) perdas por espera: relacionadas com a sincronização e o nivelamento dos fluxos de materiais e as atividades dos trabalhadores. Podem envolver tanto perdas de mão de obra quanto de equipamentos, como, por exemplo, paradas nos serviços originadas por falta de disponibilidade de equipamentos ou de materiais;
- d) perdas por transporte: as perdas por transporte estão associadas ao manuseio excessivo ou inadequado dos materiais e componentes em função de uma má programação das atividades ou de um layout ineficiente, como, por exemplo: tempo excessivo despendido em transporte devido a grandes distâncias entre estoques e o guincho, quebra de materiais devido ao seu duplo manuseio ou ao uso de equipamento de transporte inadequado;
- e) perdas no processamento em si: têm origem na própria natureza das atividades do processo ou na execução inadequada dos mesmos. Decorrem da falta de procedimentos padronizados e ineficiências nos métodos de trabalho, da falta de treinamento da mão de obra ou de deficiências no detalhamento e construtividade dos projetos. São exemplos deste tipo de perdas: quebra de paredes rebocadas para viabilizar a execução das instalações; quebra manual de blocos devido à falta de meios-blocos;
- f) perdas nos estoques: estão associadas à existência de estoques excessivos, em função da programação inadequada na entrega dos materiais ou de erros na orçamentação, podendo gerar situações de falta de locais adequados para a deposição dos mesmos. Também decorrem da falta de cuidados no armazenamento dos materiais. Podem resultar tanto em perdas de materiais quanto de capital, como por exemplo: custo financeiro dos estoques, deterioração

do cimento devido ao armazenamento em contato com o solo e ou em pilhas muito altas;

- g) perdas no movimento: decorrem da realização de movimentos desnecessários por parte dos trabalhadores, durante a execução das suas atividades e podem ser geradas por frentes de trabalho afastadas e de difícil acesso, falta de estudo de *layout* do canteiro e do posto de trabalho, falta de equipamentos adequados, etc. São exemplos deste tipo de perda: tempo excessivo de movimentação entre postos de trabalho devido à falta de programação de uma sequência adequada de atividades; esforço excessivo do trabalhador em função de condições ergonômicas desfavoráveis;
- h) perdas pela elaboração de produtos defeituosos: ocorrem quando são fabricados produtos que não atendem aos requisitos de qualidade especificados. Geralmente, originam-se da ausência de integração entre o projeto e a execução, das deficiências do planejamento e controle do processo produtivo; da utilização de materiais defeituosos e da falta de treinamento dos operários. Resultam em retrabalhos ou em redução do desempenho do produto final, como, por exemplo: falhas nas impermeabilizações e pinturas, descolamento de azulejos;
- i) outras: existem ainda tipos de perdas de natureza diferente dos anteriores, tais como roubo, vandalismo, acidentes, etc.

Já Isatto et al. (2000, p. 29-30) propõe quatro razões para se medir as perdas:

- a) **visibilidade:** a medição das perdas permite avaliar a eficiência alcançada pelo sistema de produção na utilização de recursos. Desta forma, obtém-se visibilidade em relação aos processos de produção, identificando os seus pontos fortes e fracos e estabelecendo prioridades para melhorias. Sobretudo, pode-se identificar situações nas quais existem oportunidades de melhorias, que podem levar a um aumento no grau de competitividade da empresa;
- b) **controle:** a empresa pode utilizar indicadores de perdas para definir padrões de desempenho dos seus processos, a partir dos quais os mesmos podem ser controlados. A medição de perdas passa, então, a ser utilizada para a identificação de desvios e também para acompanhar a evolução do próprio desempenho da empresa ao longo do tempo;
- c) **melhoria:** à medida que as empresas decidem intervir nos processos, os indicadores de perdas podem ser utilizados para estabelecer metas de melhorias, a partir de médias setoriais ou de *benchmarks* obtidos em outras empresas. Neste caso, é possível avaliar o impacto das ações de melhoria sobre o desempenho do processo;
- d) **motivação:** as medições têm o potencial de contribuir efetivamente na motivação e envolvimento das pessoas com o desenvolvimento de melhorias, pois permite ao indivíduo um retorno quanto ao desempenho do processo no qual está envolvido e ao seu próprio desempenho.

3.1.2 Perdas por *making-do*

Dentre as fontes de perdas em obras, para este trabalho, as perdas por *making-do* servem de base para o estudo do controle de execução de atividades através do modelo BIM.

Segundo Koskela (2004, p. [1], tradução nossa):

Making-do como desperdício refere-se a uma situação onde uma tarefa é iniciada sem todos os recursos necessários, ou a execução de uma tarefa é continuada embora a disponibilidade de ao menos um recurso padrão cessou. O termo recurso não se refere apenas a materiais, mas a todos os outros recursos como maquinário, ferramentas, mão de obra, condições externas, instruções etc. Especialmente em situações de produção onde existem vários fluxos de entrada incertos para a tarefa, *making-do* é um fenômeno comum, e requer atenção explícita.

Em uma análise conceitual, *making-do* é o oposto de *buffer*. Nos *buffers*, materiais estão aguardando para serem processados. No *making-do*, o tempo de espera de um tipo de material – ou outros recursos – é negativo; o processamento é iniciado antes de o material ter chegado. Entretanto, ambas as formas de desperdício são usadas para acomodar os impactos da variabilidade na produção. *Making-do* é aplicado especialmente para manter uma alta taxa de utilização ou para evitar derrapagens do calendário de planejamento. Desta forma, *making-do* é mais uma penalidade devida a variabilidade, e deve ser adicionado para o arsenal conceitual da análise da produção baseada na teoria das filas.

Segundo o Koskela (2004, p. 3-4, tradução nossa), o *making-do* tem três motivações principais:

- a) a crença de que se uma atividade começa mais cedo, também terminará mais rapidamente, mesmo que não se tenham todos os recursos necessários para seu início;
- b) o desejo de iniciar de qualquer forma a tarefa, visando manter a execução alinhada com o planejamento, e assim atingir as metas previstas pela gerência;
- c) a falta de confiabilidade na listagem dos recursos necessários para execução da tarefa.

As consequências do *making-do* podem ser técnicas e comportamentais. Quanto a parte técnica, leva ao aumento dos tempos de espera, causando uma redução da produtividade e aumento de custos. Além disso, pode-se dizer que o *making-do* também ocasiona um aumento da complexidade no controle da execução, da falta de qualidade e de retrabalhos (RONEN¹, 1992 apud KOSKELA, 2004, p. 4-5, tradução nossa). Ainda é citada por Koskela (2004, p. 5, tradução nossa) a falta de segurança ocasionada pelo *making do*.

Koskela (2004, p. 7-8, tradução nossa) enfatiza que existem soluções para se eliminar o *making-do*, as quais convergem para ideia de que o importante é a criação de sistema de planejamento de curto prazo em que se tenha a ideia clara de que as atividades não podem

¹ RONEN, B. The complete kit concept. **International Journal of Production Research**, Tel Aviv, v. 30, n. 10, p. 2457-2466, 1992.

iniciar sem a disponibilidade de todo seus recursos. Apesar disso, conclui que também não se pode afirmar a necessidade de sua eliminação por completo.

3.2 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA OBRA

Nesta seção, parte-se da prerrogativa de que “[...] [o] planejamento pode ser definido como um **processo gerencial** que envolve o estabelecimento de **objetivos** e a determinação dos **procedimentos necessários** para atingi-los, sendo eficaz somente quando realizado **em conjunto com o controle.**” (ISATTO et al., 2000, p. 75). Sendo assim, são definidos planejamento e controle da obra simultaneamente, visando apresentar os aspectos fundamentais e vantagens das suas aplicações, com objetivo de reduzir as perdas na construção civil.

3.2.1 Etapas do planejamento

A seguir são descritas as etapas de planejamento e como são divididas.

3.2.1.1 Preparação do processo

Visando a realização do planejamento de uma determinada obra, a preparação desse processo, segundo Isatto et al. (2000, p. 81):

[...] envolve a definição de procedimentos e padrões de processo de planejamento e controle, tais como: escopo de cada nível hierárquico, frequência de replanejamento em cada nível, formato de planos, indicadores a serem coletados, papel dos diferentes intervenientes, ajustes no fluxo de informações que respaldará o processo.

Ainda nesta etapa são feitas outras definições dos processos da produção dentre as quais podem ser citadas o estabelecimento de padrões de planejamento, como por exemplo, a fragmentação das atividades, a identificação de restrições e o estudo do plano de ataque, através da definição dos fluxos de trabalho e materiais dentro da obra (ISATTO et. al., 2000, p. 81).

3.2.1.2 Planejamento de longo prazo

De acordo com Isatto et al. (2000, p. 82-84):

O planejamento de longo prazo tem como principal produto o plano mestre (*master plan*). Neste nível são definidos os ritmos em que deverão ser executados os principais processos de produção. Dependendo do nível de incerteza envolvido na obra, pode haver a necessidade de atualizar o plano mestre ao longo da obra. As principais atividades envolvidas nesta etapa do processo são as seguintes:

- a) **coletar informações:** as informações necessárias para a geração do plano mestre no início da obra são provenientes principalmente da etapa de preparação do processo de planejamento. Ao se revisar o plano mestre durante a obra, é necessário contar também com informações provenientes dos níveis inferiores de planejamento, principalmente do planejamento de médio prazo;
- b) **preparar o plano:** várias técnicas podem ser utilizadas para gerar o plano mestre, sendo as principais o diagrama de Gantt, as redes de precedência (CPM ou PERT) de atividades, e a linha de balanço. [...].

O plano mestre possui um forte vínculo com o planejamento financeiro da empresa. [...]. Algumas vezes é necessário modificar o plano mestre, de forma a tornar favorável o fluxo de despesas da obra, [...].

A partir do plano mestre, elabora-se também a programação dos recursos denominados Classe 1, cuja compra, aluguel e/ou contratação deve ser realizada a partir do planejamento de longo prazo. Caracterizam-se, geralmente, por longo ciclo de aquisição e pela baixa repetitividade deste ciclo (por exemplo, elevadores, placas cerâmicas). O lote de compra, geralmente, corresponde ao total da quantidade de recursos a serem utilizados.

O planejamento de longo prazo deve englobar também no planejamento do canteiro de obras, que tem grande impacto na incidência de perdas, [...].

- c) **difundir o plano mestre:** o plano mestre deverá ser apresentado em um ou mais formatos, em função da necessidade de seus usuários. Normalmente a difusão da informação ocorre não somente através do envio de documentos ou cartazes, mas também verbalmente através da realização de reuniões. Algumas empresas realizam reuniões com os principais usuários do plano mestre no início da obra e sempre que existam alterações substanciais no mesmo.

Concluindo este conceito, “[...] em geral, o plano mestre conta com um número bastante elevado de atividades, [...]. Assim, é necessário preparar o plano e seus possíveis desdobramentos em diferentes formatos, que facilitem a obtenção das informações necessárias para cada um destes usuários.” (ISATTO et al., 2000, p. 84).

3.2.1.3 Planejamento de médio prazo

Sobre o planejamento de médio prazo, os Isatto et al. (2000, p. 84-85) o definem:

O planejamento de médio prazo constitui-se num segundo nível de planejamento tático, que faz a vinculação entre o plano mestre e os planos operacionais. Neste nível, o planejamento tende a ser móvel, sendo por esta razão denominado de *look ahead planning* (“planejamento olhando para frente”). Os serviços definidos no plano mestre são detalhados e segmentados nos lotes em que deverão ser executados, de acordo com a divisão da obra em zonas de trabalho.

É comum haver muitas variações entre os procedimentos adotados por diferentes empresas neste nível de planejamento. Em obras de incorporação o ciclo de replanejamento é tipicamente bi ou trimestral, sendo os planos atualizados mensalmente. Por outro lado, em obras muito rápidas ou com elevado grau de incerteza o ciclo do planejamento de médio prazo pode ser semanal.

[...], ao se gerar o plano de médio prazo, faz-se uma avaliação da disponibilidade financeira para o período correspondente a este horizonte de planejamento. Caso não haja recursos suficientes, muda-se a programação de recursos prevista pelo plano mestre.

As principais atividades envolvidas nesta etapa do processo são as seguintes:

- a) **coletar informações:** o plano de longo médio é gerado a partir do plano mestre e também de informações retroalimentadas do gerenciamento operacional;
- b) **preparar plano de médio prazo:** este plano em geral é elaborado através de um gráfico de Gantt ou através de um desdobramento do diagrama de precedência de atividades. A cada ciclo de replanejamento de médio prazo deve-se também reestudar o fluxo de materiais da obra, fazendo os reajustes de *layout* necessários à medida que a obra evolui.

A partir do plano de médio prazo, elabora-se a programação dos recursos Classe 2, cuja programação de compra, aluguel e/ou contratação deverá ser realizada a partir do planejamento tático de médio prazo. Caracterizam-se, geralmente, por um ciclo de aquisição inferior a 30 dias e por uma média frequência de repetição deste ciclo (por exemplo, tijolos, tubos de PVC). Os lotes de compra são, geralmente, frações da quantidade total do recurso.

- c) **difundir o plano:** os planos devem ser difundidos num formato adequado aos seus usuários, entre os quais se destaca o setor de suprimentos.

A realização do planejamento de médio prazo é tipicamente de responsabilidade da gerência da obra. Em cada ciclo de replanejamento são geradas informações, muitas vezes sob a forma de relatórios, que dão transparência à alta direção da empresa quanto ao andamento da obra. É através desta retroalimentação que se garante consistência entre os vários níveis de planejamento.

3.2.1.4 Planejamento de curto prazo

Finalizando os níveis hierárquicos de planejamento, o de curto prazo é definido por Isatto et al. (2000, p. 85-87):

O planejamento de curto prazo ou operacional tem o papel de orientar diretamente a execução da obra. Em geral é realizado em ciclos semanais, sendo caracterizado pela atribuição de recursos físicos (mão de obra, equipamentos e ferramentas) às atividades programadas no plano de médio prazo, bem como o fracionamento dessas atividades em lotes menores, que são designados por tarefas. Em obras muito rápidas ou nas quais existe muita incerteza associada ao processo de produção (por exemplo, reformas em hospitais) o ciclo de planejamento de curto prazo pode ser diário.

O planejamento neste nível deve ter forte ênfase no engajamento das equipes com as metas estabelecidas, sendo por isto denominado na bibliografia de *commitment planning* (planejamento de comprometimento). Tal engajamento pode ser obtido através da realização de reuniões semanais, as quais ocorrem na própria obra, contando, em geral, com a participação do gerente da obra, mestre de obras, subempreiteiros e líderes de equipes. Estas reuniões fecham o ciclo de planejamento e controle através da avaliação das equipes de produção quanto ao cumprimento de metas no período anterior e do planejamento no período seguinte.

A elaboração do plano inicia pela listagem de todas as tarefas que possuem recursos (material, mão de obra e equipamentos) disponíveis para serem realizadas no período. Faz-se a distribuição dessas tarefas as equipes de trabalho, por ordem de prioridade, de forma a constituir os pacotes de trabalho semanais a serem atribuídos a cada equipe. Este procedimento é denominado de produção protegida (*shielding production*), uma vez que protege a produção contra as incertezas relacionadas à disponibilidade dos recursos físicos. [...].

As principais atividades envolvidas no planejamento de curto prazo são as seguintes:

- a) **coletar informações:** as principais informações que servem de suporte para a elaboração do plano de curto prazo são o plano de médio prazo e o plano de curto prazo do ciclo anterior. É importante também que se tenham informações sobre os fluxos de materiais na obra, de forma a identificar se alguns dos problemas detectados nos ciclos anteriores estão relacionados a deficiências destes fluxos;
- b) **preparar plano de curto prazo:** [...], pode-se utilizar uma ferramenta *last planner* para a geração do plano. Em geral, o mestre de obras elabora uma primeira versão que é revisada pelo gerente da obra antes da reunião semanal. Existe uma categoria de recursos, denominada Classe 3, cuja programação deve ser realizada em ciclos relativamente curtos, via de regra semelhantes ao ciclo de planejamento. Estes são os recursos cuja compra é realizada a partir do controle de estoque da obra e do almoxarifado central (se houver), considerando níveis de estoque mínimo, ou de acordos de entregas intermitentes com fornecedores. Caracterizam-se, geralmente, por pequeno ciclo de aquisição e pela alta repetitividade deste ciclo. Os lotes de aquisição (compra ou transferência) são, geralmente, muito pequenos em relação a quantidade total utilizada ao longo do período de produção;
- c) **difundir o plano:** este plano deve ser difundido para toda a obra assim como as avaliações periódicas realizadas a partir do indicador PPC e do gráfico de causas do não cumprimento do planejamento [...]. A programação de recursos Classe 3

deverá ser difundida para o setor de suprimentos, para que o mesmo tenha condições de repor os estoques no prazo previsto.

3.3 FERRAMENTAS DE CONTROLE

Isatto et al. (2000, p. 94-122) apresentam diversas ferramentas criadas para controlar a produção da obra. São descritos em detalhes, por exemplo, o diagrama de processos, que visam demonstrar o fluxo de materiais e componentes no decorrer da produção, e cartões de produção, os quais são utilizados para determinar a produção de operários ou equipes durante um intervalo de tempo pré-determinado.

Visando o objetivo do trabalho, a ferramenta que fornece diretamente informações necessárias para representação do controle da produção e qualidade através de um modelo BIM é a planilha de *last planner*, a qual também é descrita em detalhes pelos mesmos autores.

O *last planner* constitui-se de uma planilha simples (exemplificada na figura 2), a qual tem por objetivo o planejamento e controle da execução de atividades da obra em nível operacional. Esta ferramenta, geralmente, apresenta dados relativos a quem deve executar cada tarefa que consta na planilha, quando estas atividades deverão ser feitas, além de apresentar a razão de fazê-las, avaliando também a eficácia na realização das mesmas (ISATTO et al., 2000, p. 122).

Figura 2 – Planilha do *last planner* definida para a semana

Planejamento de Curto Prazo									
Obra 02/1999		Semana 22						PPC = %	
Etapa	Equipe	S	T	Q	Q	S	S	OK?	Problemas
01. Revest. interno apto. 203	REV01	x	x	x	x				
02. Revest. quarto solt. apto. 204	REV01					x	x		
03. Revest. int. apto 202	REV02	x	x	x	x	x	x		
04. Alvenaria int. apto. 401	ALV01	x	x	x	x	x	x		
Tarefas reserva	Alvenaria circ. 4 pavto.								
	Revest. quarto csl apto. 204								

(fonte: ISATTO et al.,2000)

De acordo com os Isatto et al. (2000, p. 123), dentre as vantagens do *last planner* está o fato de que esta ferramenta é importante para executar as atividades de acordo com as datas e sequência predeterminadas. Além disso, auxilia a previsão de eventuais problemas referentes a mão de obra e falta de materiais, por exemplo, facilitando assim o aumento da eficiência.

Para que haja um real incremento da previsão do que foi planejado, são necessárias algumas medidas, como a realização de reuniões de planejamento operacional com o intuito de fortalecer o compromisso das equipes com a execução das atividades planejadas e negociar eventuais discórdias entre equipes, além da escolha apenas de atividades as quais tenham todos os recursos disponíveis para serem executadas de forma adequada (*shielding production*) e verificação dos imprevistos durante a semana que impediram as tarefas de serem concluídas como planejado, propondo ações corretivas. (ISATTO et al., 2000, p. 124)

Para que se haja o emprego correto do *last planner*, os mesmos autores indicam que deve haver um sequenciamento adequado e definição clara das atividades a serem executadas, um dimensionamento correto de equipes e também verificar se existem todos recursos estão disponíveis para execução das tarefas.

O índice de conferência da eficiência do planejamento de uma planilha *last planner* (exemplificada na figura 3) é chamado de PPC (Percentual do Planejamento Concluído), o qual indica o percentual de quanto foi concluído em relação ao que foi planejado para ser executado. Como nem sempre o planejamento condiz totalmente com a realidade, são adicionadas algumas tarefas reservas, visando assegurar que não haja equipes paradas e nem atrasos nos trabalhos em caso de problemas na obra. Estas tarefas extras não participam do cálculo do PPC (ISATTO et al., 2000, p. 125).

Figura 3 – Planilha de *last planner* revisada ao final da semana

Planejamento de Curto Prazo									
Obra 02/1999		Semana 22					PPC = 50 %		
Etapa	Equipe	S	T	Q	Q	S	S	OK?	Problemas
01. Revest. interno apto. 203	REV01	<u>x</u>	<u>x</u>	<u>x</u>	<u>x</u>	<u> </u>	<u> </u>	√	
02. Revest. quarto solt. apto. 204	REV01					x	<u>x</u>	50%	atraso tarefa 01
03. Revest. int. apto 202	REV02	<u>x</u>	<u>x</u>	<u>x</u>	<u>x</u>	<u>x</u>	<u>x</u>	√	
04. Alvenaria int. apto. 401	ALV01	<u>x</u>	<u>x</u>	<u>x</u>	<u>x</u>	<u>x</u>	<u>x</u>	90%	faltou operário (José)
Tarefas reserva	Alvenaria circulação do 4 pavto.							√	
	Revestimento do quarto casal apto. 204								
Legenda: x – planejado <u> </u> - executado									

(fonte: ISATTO et al., 2000)

4 TECNOLOGIA BIM

4.1 DEFINIÇÃO

Segundo Eastman et al. (c2011, p. 16, tradução nossa):

[...] BIM é definida como uma tecnologia de modelagem e grupo de processos de produção associados para produzir, comunicar e analisar **modelos de construção**. Modelos de construção são caracterizados por:

- a) componentes da construção que são representados através de representações digitais (objetos) que carregam gráficos computacionais e dados de atributos que os identificam para aplicativos de softwares, assim como regras de parametrização que permitem que eles sejam manipulados de modo inteligente;
- b) componentes que incluem dados que descrevem como eles se comportam, como os necessários para análises e processos de trabalho, por exemplo, levantamento quantitativo de materiais, especificações e análise energética;
- c) dados consistentes e não redundantes de tal modo que mudanças nos dados de componentes são representadas em todas as vistas do componente e encaixes dos quais ele faz parte;
- d) dados coordenados de tal modo que todas as vistas do modelo são representadas de modo coordenado.

Ainda de acordo com Eastman et al. (c2011, p. 17, tradução nossa):

A tecnologia BIM move a indústria além da atual automação de tarefas de projeto e centralização de processo em papel (CAD 3D, animação, bases de dados conectadas, planilhas e desenhos em CAD 2D) em direção a um fluxo de trabalho integrado e interoperável onde estas tarefas são encaixadas em um processo que maximiza a capacidade de computação, comunicação em rede, e agregação de dados em informação e conhecimento.

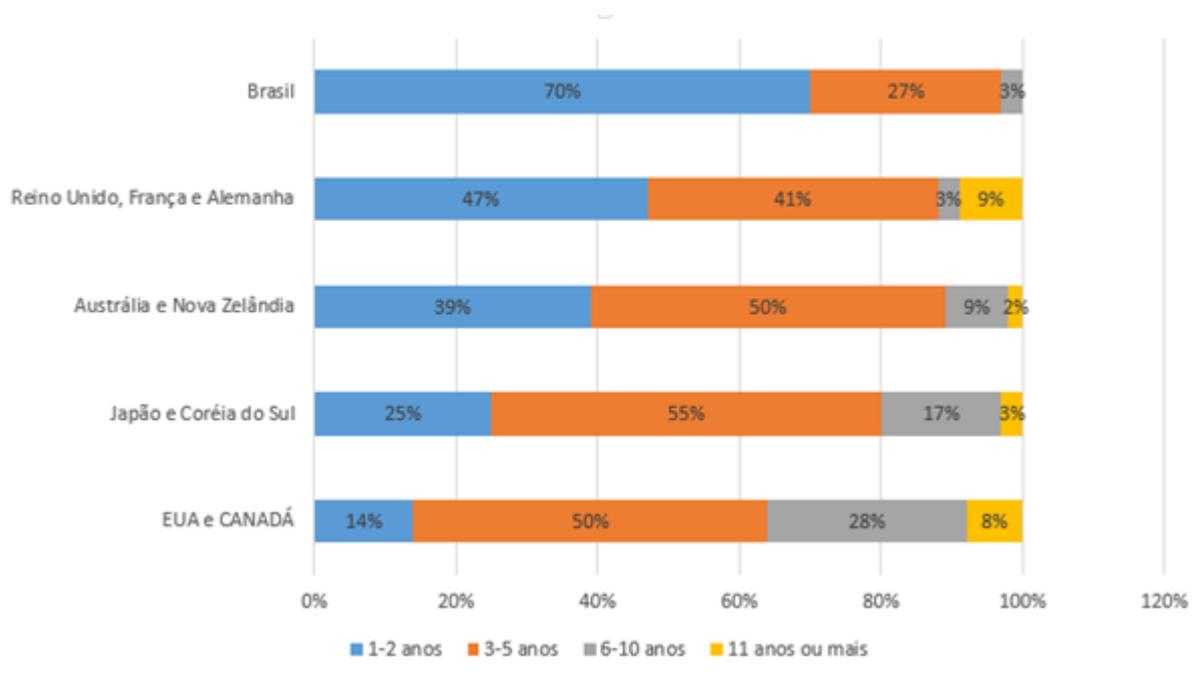
4.2 BIM NO BRASIL

Apesar de mostrar um enorme potencial inovador em relação às tecnologias tradicionais, como CAD e planilhas, o uso da modelagem em BIM está apenas começando, no Brasil. Ao menos é o que aponta o último relatório *SmartMarket* da editora McGraw Hill Construction, publicado este ano, o qual indica, através de entrevistas com construtores de alguns países (40

brasileiros), um panorama sobre o uso do BIM e opiniões dos usuários a respeito de determinados aspectos.

Na figura 4, é apresentado um gráfico referente ao tempo de uso do BIM em países desenvolvidos. A cor azul indica construtores que tem de 1 a 2 anos de aplicação da modelagem, cor alaranjada entre 3 e 5, cinza entre 6 e 10 e os que tem mais de 11 anos de uso da tecnologia BIM estão representados pela cor amarela. Nota-se que, comparando com outros países analisados, o Brasil é o menos “experiente”, indicando que a aplicação deste tipo de modelagem é ainda restrita em relação ao seu poder de alcance.

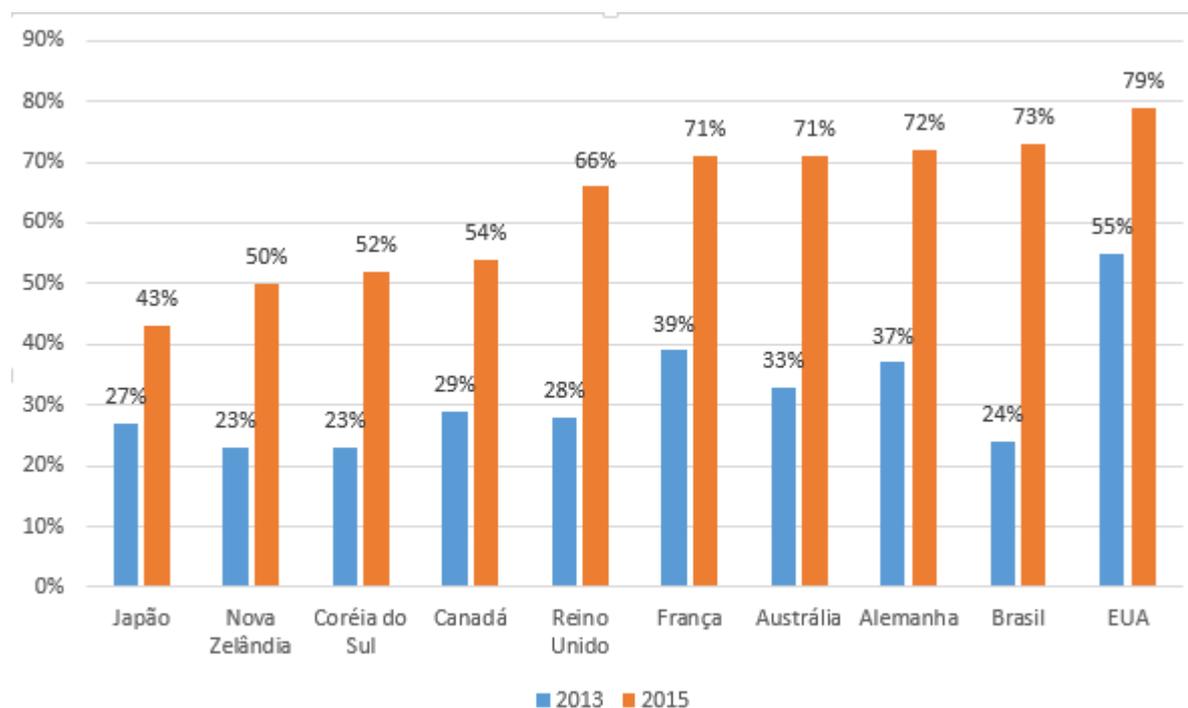
Figura 4 – Tempo de uso da tecnologia BIM em diversos países



(fonte: adaptado de BERNSTEIN, c2014)

Este alcance é demonstrado através do gráfico a seguir (figura 5), o qual apresenta o percentual de construtores que tem alto/muito alto nível de implementação do BIM no ano de 2013 (em azul), e a expectativa para 2015 (cor de laranja). Por meio deste ainda verifica-se que o Brasil possui um prognóstico de percentual de crescimento grande em relação aos demais países.

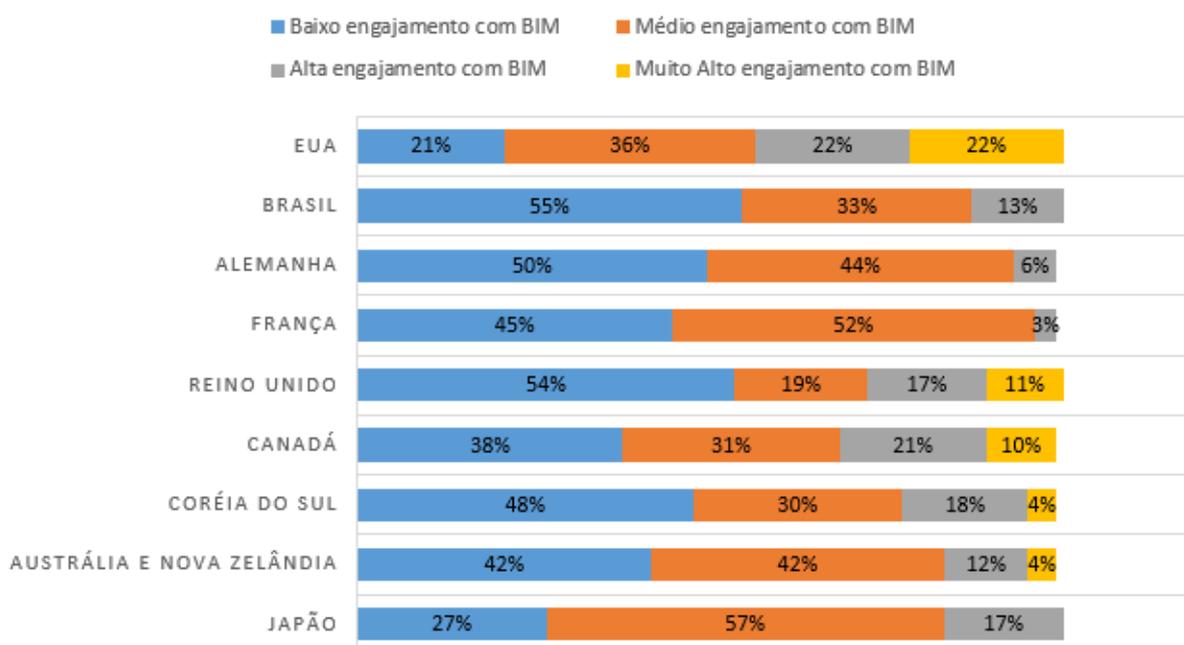
Figura 5 – Percentual de construtores com um alto/muito alto nível de implementação do BIM



(fonte: adaptado de BERNSTEIN, c2014)

No mesmo relatório, foi criado um índice de engajamento com o BIM para cada empreiteiro, com o objetivo de estimar o nível comprometimento de cada entrevistado através de uma pontuação baseada no número de anos que cada um já usou BIM, no nível que cada empreiteiro atribui suas habilidades com esta modelagem e o percentual de projetos envolvendo BIM em que cada um está envolvido. Na figura 6, é apresentado o resultado, o qual reforça a ideia de que o conhecimento sobre BIM é ainda limitado em relação ao seu potencial dentro do país. As cores azul, alaranjado, cinza e amarelo representam, respectivamente, baixo, médio, alto e muito alto nível de engajamento com o BIM.

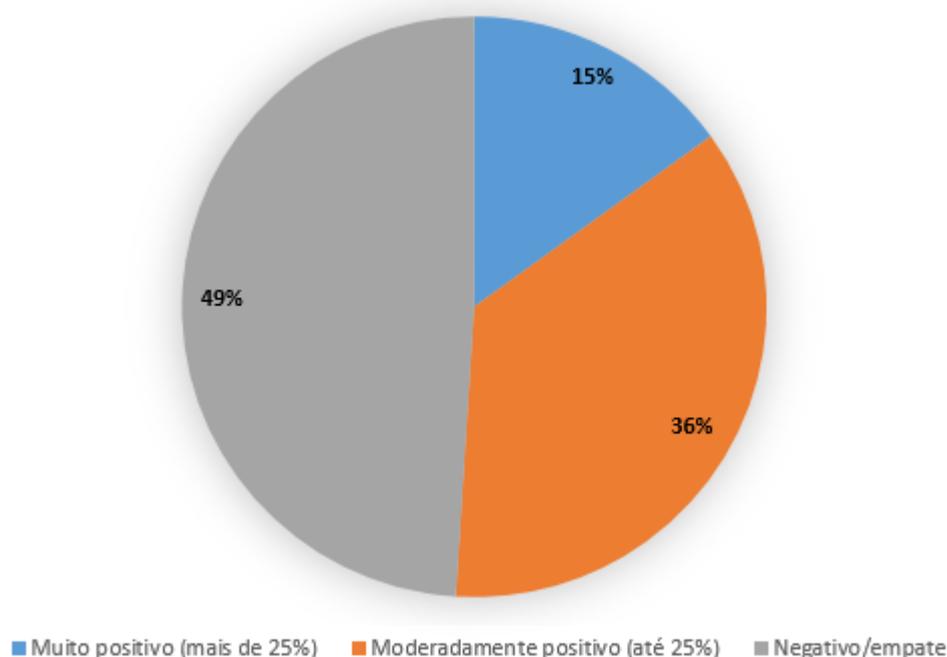
Figura 6 – Percentual de construtores em cada nível de engajamento com BIM



(fonte: adaptado de BERNSTEIN, c2014)

Já sobre o ponto de vista financeiro, dos 40 construtores brasileiros entrevistados, 34 tem a percepção de que a tecnologia de modelagem em BIM tem um retorno de investimento positivo. Na figura 7, é apontado o retorno de investimento percebido pelos construtores nacionais. É classificado como muito positivo, positivo e negativo/empate, representado respectivamente pelas cores azul, alaranjado e cinza.

Figura 7 – Retorno de investimento com o uso de BIM, de acordo com os construtores brasileiros entrevistados



(fonte: adaptado de BERNSTEIN, c2014)

Ainda no mesmo relatório, é apresentado um resumo das opiniões e dados coletados com os construtores nacionais, onde Bernstein (c2014, p. 46, tradução nossa) relata:

Construtores brasileiros são novatos com o uso do BIM. Entretanto, eles estão relatando planos em investir em capacidades e especialização, e esperam aumentar os níveis de atividade no futuro. De particular importância neste país, estão os benefícios relativos a custo os quais o BIM pode proporcionar – incluindo habilidade melhorada de prever custos.

4.3 CONTROLE DA EXECUÇÃO NO MODELO BIM

Com a evolução no uso do BIM, o modelo passou a comportar uma gama enorme de informações. Além do conteúdo gráfico, foram acrescentadas outras dimensões ao modelo. Dentre elas, existe a chamada modelagem em 4D, a qual acrescenta ao desenho as informações referentes ao planejamento das atividades a serem executadas. Tal definição é apresentada por Eastman et al. (c2011, p. 24, tradução nossa):

Planejamento da construção usando CAD 4D requer a ligação de um plano de construção aos objetos 3D do projeto, de modo que seja possível simular o processo construtivo e mostrar como a construção e o local pareceriam qualquer que seja o momento desejado. Esta simulação gráfica fornece considerável previsão de como o

edifício será construído dia a dia e revela fontes de potenciais problemas e oportunidades para possíveis melhorias (local, equipes e equipamento, conflitos de espaço, problemas de segurança, etc.). [...] [a modelagem 4D] fornece benefícios adicionais se o modelo inclui objetos temporários da construção, como andaimes, guias, e equipamentos maiores de modo que estes objetos possam ser ligados a atividades do calendário e refletidas no plano de construção desejado.

Com esta extensão proporcionada pela quarta dimensão do modelo, permitindo a visualização das atividades planejadas, o controle da execução passa a ter a possibilidade de, além da conferência através de planilhas, a localização e identificação visual de possíveis problemas na execução.

Em trabalho realizado por Biotto et al. (2013, p. 887), teve-se por objetivo atuar em conjunto com a modelagem em BIM e a gestão da construção nos empreendimentos selecionados pelos autores. Para tanto, fez-se uso de ferramentas de planejamento de longo prazo, como linha de balanço e rede de precedência, em conjunto com o software de modelagem 4D Navisworks Manage, da Autodesk, visto que este permite a ligação automática do planejamento com o modelo 3D e a comparação entre o planejado e o que foi executado para determinada data, com identificação dos atrasos através de cores.

Após o desenvolvimento e finalização do trabalho, Biotto et al. (2013, p. 890-891) levantaram a discussão sobre os resultados:

No que tange os benefícios de seu utilizar o método de gestão da produção com uso da modelagem BIM 4D é a facilidade de visualização de erros de sequenciamento dos processos, de conflitos entre equipamentos de transporte, instalações de segurança e tamanho do lote de produção.

Os modelos BIM 4D também propiciaram a visualização de atividades com risco aos operários, com proximidade a um equipamento, e antecipação de possíveis interferências entre equipamentos e instalações de canteiro, como foi o caso do estudo 2, na simulação do replanejamento da atividade de revestimento externo de fachadas.

Nas decisões da gestão da produção que abordam o empreendimento, a modelagem BIM 4D conseguiu explicitar a estratégia de ataque do empreendimento e os fluxos dos principais equipamentos de transporte.

No mais, a maior utilidade do método de gestão da produção está no fato do uso da modelagem BIM 4D com as demais ferramentas de planejamento, como a Linha de balanço. Pois através delas é que foi possível planejar os fluxos de trabalho, os ritmos de produção, o número de equipes necessárias, os prazos das obras, a ociosidade da mão de obra e o trabalho em progresso dos lotes de produção. Essas ferramentas são a base para as decisões preliminares da gestão da produção, que são avaliadas espacialmente nos modelos BIM 4D para posterior tomada de decisão.

4.4 SOFTWARES DE MODELAGEM 4D

De acordo com Biotto et al. (2013, p. 883), “O uso da modelagem BIM 4D se apresenta como uma nova opção de ferramenta de auxílio a tomada de decisão na gestão da produção [...]”. Para aplicação de tal tecnologia, existem algumas empresas que disponibilizam programas computacionais que permitem aplicação deste conceito. Dentre elas, a Vico Software, a Autodesk, a Bentley e a Datacusbist são apresentadas a seguir.

4.4.1 Vico Software

Segundo o *site* da Vico Software (c2014a, não paginado, tradução nossa):

Vico Software, Inc. fornece **software de construção** e serviços para a indústria da construção. Donos de construções, construtores gerais e gerentes de obra usam nosso **software BIM** e nossos serviços para reduzir risco, gerenciar custos e otimizar calendários e projetos de construção complexos. As soluções do *5D Virtual Construction*TM da Vico são pioneiras na categoria **BIM para construção**, e elas permanecem a aproximação mais integrada da indústria com **coordenação, quantificação de materiais, estimativa de custo, planejamento do projeto e controle da produção**. Os benefícios das nossas soluções e serviços têm sido provados em centenas de projetos.

Dentre as ferramentas presentes neste programa, é de relevância para o presente trabalho o *Vico Office Production Controller*, qual é definido no *site* da empresa Vico Software (c2014b, não paginado, tradução nossa) como “Solução para monitoramento e resolução de problemas na obra.”. A Vico Software apresenta também em seu *web site* (c2014, tradução nossa) as seguintes definições:

Na Vico nós gostamos de dizer que criar um otimizado planejamento baseado na localização é apenas metade da equação. Gerenciar o planejamento no canteiro da obra é a outra metade! Mas levando o BIM para fora, no canteiro de obra, é uma extensão natural de suas poderosas habilidades em resolução de problemas.

Vico Production Controller fornece um rígido controle sobre o progresso real do seu planejamento de projeto. Usando o *Production Controller* você pode identificar falhas de planejamento logo no início, analisar o seu efeito no planejamento do projeto como um todo e estar seguro das ações que são tomadas.

O gráfico de controle do *Production Controller* fornece um retorno intuitivo através de um código de cores de fácil uso sobre o estado do projeto. Membros da equipe atualizam a situação das tarefas por localização todos os dias ou semanalmente e todas as partes interessadas podem facilmente identificar problemas no planejamento

As ferramentas de previsão do *Production Controller* permitem que os planejadores analisem facilmente o calendário das atividades baseado no progresso real. Além do

mais, usuários podem visualizar o efeito de atividades adiadas em todo planejamento, e rapidamente ir para os cenários “e se?”.

Outra peça fundamental para o *Production Controller* é estar apto para minar o que foi prometido pelos subempreiteiros contra os dados de produtividade. Estes dados tornam-se extremamente importantes quando faz-se a atualização da sua *Vico Standard 5D Library*. A *Vico Standard 5D Library* está organizada pelo conjunto de atividades requeridas para construir cada elemento do edifício e a sequência em que estas atividades são realizadas. Estão incluídas na biblioteca taxas médias de produtividade por fórmulas comerciais e padrão para obter os requerimentos de materiais e trabalhadores. Atualizando estas informações com as reais de novos projetos, seu conjunto de dados torna-se mais refinado e preciso, e um poderoso diferencial para os proprietários.

4.4.2 Autodesk

De acordo com o *site* da Autodesk (c2014a), “Desde 1982 a Autodesk desenvolve as tecnologias 2D e 3D mais modernas, que possibilitam aos usuários ver, simular e analisar o desempenho de suas ideias sob condições realistas mais cedo no processo de projeto.”.

Dentre estas tecnologias, algumas envolvem a modelagem em BIM. A título de composição do trabalho, pode ser destacado o Navisworks Manage, o qual, segundo o *site* da Autodesk (c2014c):

[...] permite que profissionais de arquitetura, engenharia e construção possam rever de forma holística os modelos e dados integrados com os interessados para obter um melhor controle sobre os resultados do projeto. As ferramentas de integração, análise e comunicação ajudam as equipes a coordenar disciplinas, resolver conflitos e planejar os projetos antes do início da construção ou reforma.

Além disso, na página virtual da Autodesk (c2014b), são apresentados os recursos deste *software*, dentre os quais:

- a) interoperabilidade com outros formatos de arquivo em um mesmo modelo;
- b) a combinação de dados do projeto e construção no modelo;
- c) navegação em tempo real dentro do projeto como foi construído.

4.4.3 Bentley

Segundo Bentley systems (c2014c, não paginado):

Como a empresa líder mundial voltada ao fornecimento de soluções em softwares abrangentes para o ciclo de vida da infraestrutura, a Bentley acredita no papel crucial que a infraestrutura deve desempenhar no auxílio à sociedade e na preservação do meio ambiente. A Bentley já comprovou que os aplicativos que auxiliam engenheiros, arquitetos, construtores, governos, instituições, concessionárias e proprietários operadores, constroem e operam de maneira mais produtiva, colaboram de maneira mais global e fornecem recursos de infraestrutura com desempenho mais sustentável.

Com mais de 2.700 funcionários, escritórios em mais de 45 países e receitas anuais ultrapassando \$500 milhões, a Bentley systems investiu mais de \$1 bilhão em pesquisa, desenvolvimento e aquisições desde 2001.

Dentre os *softwares* fornecidos pela empresa, são apresentados no presente trabalho o ProjectWise Construction Work Package Server e o seu complementar ConstructSim.

Sobre o primeiro (BENTLEY SYSTEMS, c2014b, não paginado, tradução nossa):

Projetos construtivos estão mais complexos do que nunca, resistindo a extrapolações no custo e calendário planejado, desconexões entre engenharia e tecnologia e processos construtivos, falta de perspicácia sobre a atual situação e progresso do projeto, tempo de inatividade e ineficiências de trabalho excessivo, e mais. Com tantas partes móveis, não é surpresa que lucratividade, produtividade e segurança são tão elusivas.

Através do uso do ProjectWise Construction Work Package Server, construtores podem superar estes problemas e estarem preparados para:

- a) **reduzir custos de instalação** através da diminuição do tempo de inatividade, reduzindo horas de trabalho artesanal, e alinhando melhor engenharia e construção;
- b) **possibilitar previsibilidade** através da melhor antecipação de mudanças de projeto e remoção de restrições;
- c) **reduzir risco** através do ganho de entendimento sobre o estado preciso do projeto através de visualização melhorada;
- d) **aumentar a lucratividade** através da racionalização das informações de gerenciamento e redução do staff do gerenciamento;
- e) **melhorar a satisfação do proprietário** através do fornecimento de conhecimento nunca antes visto sobre o desempenho do projeto em tempo real;
- f) **expandir segurança** através da melhor organização de recursos e efetivamente comunicando com estes e informando supervisores e equipes de trabalhadores;

Melhores objetivos de construção através de práticas padrão-industrial Empacotamento de trabalho não é novo. Em sua forma simplificada, significa a quebra da construção em tarefas gerenciáveis – e é feito em todos os projetos, até

mesmo se não é especificado desta maneira. O problema é que este processo é feito diferentemente por cada companhia em cada projeto. Não é repetível, e é esta forte inconsistência de projeto a projeto que ajuda a gerar ineficiência.

Por esta razão, o Instituto da Indústria da Construção [*Construction Industry Institute (CII)*] e a Associação dos Proprietários de Construções de Alberta [*Construction Owners Association of Alberta (COAA)*] estabeleceram padrões de empacotamento de trabalho. E quando esta tecnologia foi testada em projetos reais, eles detectaram aumento na segurança e **redução total no custo de instalação por volta de 10 por cento.**

ProjectWise Construction Work Package Server é a primeira tecnologia industrial para efetivamente implementar estes padrões e métodos industriais de empacotamento de trabalho. Baseado na experiência da Bentley em fornecer tecnologias de empacotamento de trabalho para mais de 150 projetos individuais, ele agora permite o empacotamento de trabalho a nível empresarial, através de projetos, e reforça seus sistemas e fluxos de trabalho já existentes para fazer construções mais consistentes e previsíveis o quanto possível, através de:

- a) **gerenciamento da construção de forma compreensível** – consolida os dados de engenharia do projeto – independentemente da fonte – e os permite serem alavancados através das plataformas para melhor tomada de decisão;
- b) **empacotamento de trabalho automatizado** – Gera, gerencia e distribui facilmente pacotes de trabalho usando as informações mais atualizadas e inter-relacionadas para eliminar ineficiência e maximizar produtividade;
- c) **painel e relatórios de projeto holísticos** – Entrega percepção em tempo real da situação precisa do projeto para manter as partes interessadas continuamente atualizadas e no circuito;
- d) **planejamento imersivo** – Interage com um Modelo de Construção Virtual [em inglês *Virtual Construction Model (VCM)*] no comprovado aplicativo ConstructSim para visualizar a situação e mais fácil e precisamente planejar as prioridades de trabalho e sequências de instalação.

Relacionamento e consciência modificada – Beneficiando Engenharia, Aquisição, Construção [em inglês *Engineering, Procurement, Construction (EPC)*], construtores gerais e proprietários

ProjectWise Construction Work Package Server também facilita melhor entendimento do impacto de mudanças em aspectos inter-relacionados do projeto, fazendo com que ajustes possam ser feitos antes que problemas ocorram.

E ele também permite proprietários melhor medir o desempenho do custo de capital [*Capital expenditures (CAPEX)*] e melhorar a fiscalização dos seus construtores através de melhor percepção no desempenho em tempo real do projeto.

Já sobre o ConstructSim, o *web site* da Bentley systems (c2014a, não paginado, tradução nossa):

ConstructSim é um poderoso aplicativo de simulação virtual de construções que complementa o **ProjectWise Construction Work Package Server** fornecendo capacidades adicionais para Workface Planning em grandes projetos industriais – incluindo a criação de um modelo virtual de construção [Virtual Construction Model (VCM)] valioso e automatizando a criação de pacotes de trabalho de instalação [*installation work packages (IWPs)*].

ProjectWise Construction Work Package Server fornece o gerenciamento das informações construtivas, empacotamento de trabalho e criação de relatórios holísticos do projeto automatizados e serviços perspicazes para permitir aos construtores a implementação avançada de empacotamento de trabalho – um processo que o Instituto da Indústria da Construção [*Construction Industry Institute (CII)*] relatou que pode aumentar segurança e diminuir custos totais de instalação em até 10 por cento. Adicionando o aplicativo ConstructSim a este servidor, capacidades adicionais e benefícios são possibilitados – tais quais a visualização gráfica incomparável da situação do projeto e a habilidade para estender a automatização do empacotamento de trabalho ao nível de instalação.

Definindo pacotes de trabalho e situação do projeto visualmente permite aos construtores um nível de controle gerencial nunca antes experimentado sobre o planejamento da construção permitindo a eles planejar prioridades de trabalho e sequências de instalação mais facilmente, rapidamente e precisamente.

Por exemplo, usando o modelo virtual do ConstructSim, um pacote de trabalho de instalação que tipicamente requer de três a oito horas de esforço pode ser completado em menos de 10 minutos, e um calendário completo de área prioritária pode ser completado em duas horas. Além do mais, mudanças e revisões podem ser precisamente rastreadas e pacotes de trabalho serem atualizados de acordo com estas.

Tendo sido usado com sucesso em megaprojetos ao redor do mundo desde 201, clientes que implementaram o ConstructSim V8i e a metodologia de fluxo de trabalho para Workface Planning tiveram a experiência de ter economias em um intervalo de 1 a 5 por cento do custo total de instalação do projeto.

Adicionando o aplicativo ConstructSim ao ProjectWise Construction Work Package Server, construtores podem reforçar melhorias da mitigação de riscos, segurança, produtividade e lucratividade.

4.4.4 Datacubist

No *web site* da Datacubist, a empresa é descrita como (c2014a, não paginado, tradução nossa):

“[...] uma companhia de *software* com operação global, de propriedade privada e registrada na Finlândia. A companhia foi fundada em 2009 por Jiri Hietanen e Sakari Lehtinen.

O objetivo da nossa companhia é resolver problemas de troca de dados na indústria da construção. Nós somos especializados em BIM e criamos soluções que visam os aspectos de negócio, processos e tecnologia relacionados com o uso do BIM em projetos reais.”

Dentre os benefícios oferecidos pelo SimpleBIM, destacam-se (c2014b, não paginado):

- a) validação de arquivos IFC originados em programas como ArchiCAD, Autodesk Revit, Tekla Structures ou Vectorworks Architect, de forma que todas as informações contidas no arquivo sejam padronizadas para interoperabilidade com qualquer plataforma;

- b) criação e edição de modelos em IFC sem precisar conhecimentos específicos neste tipo de formato;
- c) inserção de dados externos ao IFC, como por exemplo, informação detalhada das ferragens de uma porta para o instalador, no canteiro de obras.

As características do SimpleBIM descritas no *web site* da Datacubist são (c2014c, não paginado):

- a) tornar os arquivos IFC melhores e mais leves que os originados em outros programas, e com dados mais confiáveis;
- b) filtragem manual dos objetos e propriedades que o modelo contém, possibilitando domínio completo dos dados contido que o compõem;
- c) adição de informações adicionais aos objetos e propriedades do modelo;
- d) controle da validação do modelo, fazendo com que as informações contidas nele sejam confiáveis e de fato possam ser gravadas no arquivo de forma segura;
- e) prever claramente os objetos que farão parte do objeto, antes de exportá-lo;
- f) criação de filtros padrão, no caso de usar frequentemente os mesmos padrões de informação em propriedades e objetos do modelo;
- g) adicionar o responsável por determinadas modificações no modelo;
- h) criação de protocolos que definam quem pode ter acesso a cada informação e permissão para edição.

4.5 INTEROPERABILIDADE E O IFC

Pode-se colocar que “Múltiplos aplicativos com requerimentos de sobreposição de dados ajudam várias tarefas de projeto e construção. **Interoperabilidade** é a habilidade para trocar dados entre aplicativos, o que suaviza fluxos de trabalho e às vezes facilita sua automação.” (EASTMAN et al., c2011, p. 99, tradução nossa). Ainda segundo os mesmos autores o fato de a interoperabilidade elimina transferências manuais de dados faz com que seja incentivada a comunicação na fase de projeto e diminui os erros devido a cópia manual de informações.

Os maiores problemas da interoperabilidade decaem sobre o estabelecimento de um padrão de troca de informações entre os diversos aplicativos de programas de edição de projetos, visto que a falta disto pode causar a necessidade de ajustes manuais e trabalhosos toda vez que um projeto precisar ser compartilhado e editado por diferentes plataformas de programas (EASTMAN et al., c2011, p. 103).

Com o objetivo de fortalecer a criação de um padrão de modelo BIM universal, chamado *Industry Foundation Class* (IFC), foi criada por um consórcio de companhias americanas a *International Alliance for Interoperability* (IAI), a qual em 2005 trocou de nome para *buildingSMART* (EASTMAN et al., c2011, p. 113).

O *Industry Foundation Class* (IFC) é um modelo desenvolvido para definir um extenso banco de dados de representação consistente de informações construtivas para compartilhar entre aplicativos de programas AEC, e foi projetado como uma estrutura extensível, isto é, seus desenvolvedores o criaram de modo que ele fornecesse definições amplas e gerais dos objetos, além de dados através dos quais pudessem ser definidos modelos com maior detalhamento e especificação de tarefas, ajudando em compartilhamentos específicos. Relativo a isso, o IFC foi projetado para endereçar todas as informações da construção sobre todo ciclo de vida da construção, partindo da viabilidade e planejamento, através da projeção, análise, simulação, construção, até ocupação e operação da edificação (KHEMLANI, 2004, não paginado, tradução nossa).

5 ESTUDO DE CASO

Nesta pesquisa foi feito um estudo de caso, com o objetivo de vincular os pacotes de trabalho do empreendimento selecionado ao seu modelo BIM, buscando a forma adequada de representar seu controle de execução, definindo as etapas deste processo.

5.1 SELEÇÃO DO CASO

Dentre os modelos BIM disponíveis para realização do trabalho, foi escolhido o de um empreendimento residencial, o qual já foi utilizado anteriormente pela engenheira Carlise Schmitz em seu trabalho de conclusão de curso de engenharia civil da UFRGS, no semestre 2014/1. A escolha por esse caso ocorreu devido a um conjunto de fatores:

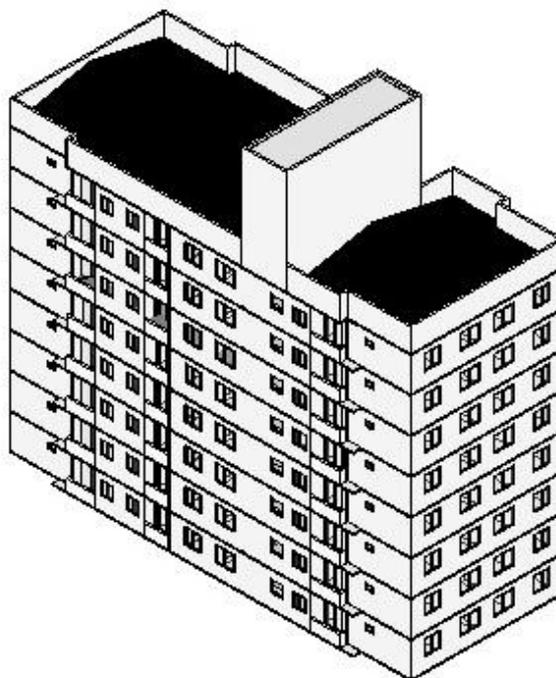
- a) Existiam dados disponíveis quanto à execução da obra: O pesquisador tinha acesso aos pacotes de curto prazo de serviços realizados ao longo de 133 semanas da construção;
- b) O estudo de Schmitz (2014) incluiu a padronização de todos os pacotes de trabalho de curto prazo do edifício, a fim de que fosse facilitada a sua representação através de um modelo BIM. Como o objetivo do presente trabalho é justamente definir a melhor forma de representar o controle de atividades através de um modelo BIM, este que foi definido encaixou-se como melhor opção dentro deste contexto;
- c) O modelo BIM da edificação já se encontrava elaborado, tendo sido produzido por pesquisadores do NORIE/UFRGS como parte de pesquisas anteriores.

Em Schmitz (2014, p. 43) o empreendimento é descrito da seguinte forma:

O empreendimento estudado está localizado na região metropolitana de Porto Alegre e trata-se de um condomínio residencial com 9 blocos, cada qual com 8 pavimentos e equipado com 1 elevador. Cada pavimento é constituído por 6 apartamentos e circulação. Cada apartamento possui sala de estar/jantar, 2 dormitórios, banheiro, cozinha, área de serviço e sacada. O empreendimento ainda conta com 2 salões de festa, 544 boxes de estacionamento e áreas verdes de lazer. Os blocos foram executados com blocos de alvenaria estrutural.

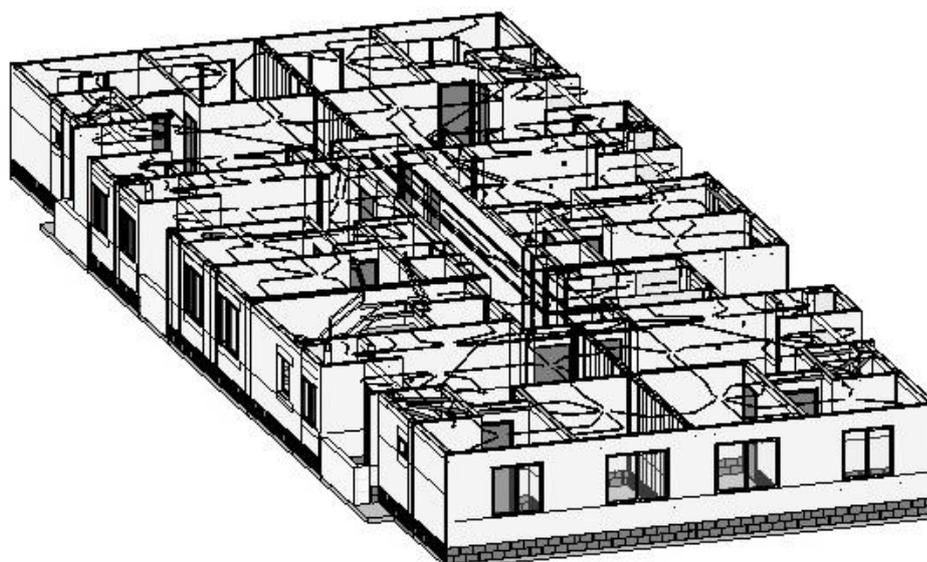
Da mesma forma que no trabalho da autora supracitada, foi selecionado o modelo BIM de um dos blocos (bloco A) do empreendimento e seus pacotes de trabalho. As figuras 8 a 10 apresentam imagens do modelo selecionado.

Figura 8 – Imagem externa do modelo BIM do edifício selecionado



(fonte: trabalho não publicado²)

Figura 9 – Vista do pavimento tipo do modelo BIM selecionado para o trabalho

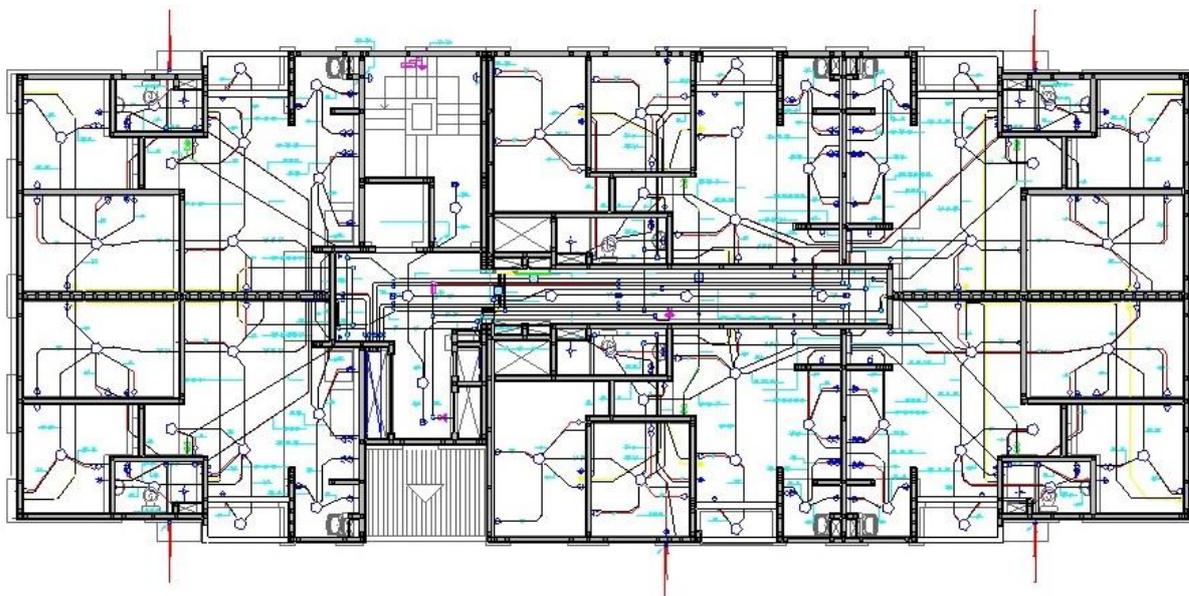


(fonte: trabalho não publicado³)

² Imagem instantânea de modelo BIM desenvolvido no *software* Revit, pelo Norie / UFRGS (Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação / Universidade Federal do Rio Grande do Sul)

³ Idem

Figura 10 – Vista superior do pavimento tipo do modelo BIM do edifício em estudo



(fonte: trabalho não publicado⁴)

5.2 DEFINIÇÃO DOS SOFTWARES UTILIZADOS

Após ter sido escolhido o modelo BIM para o trabalho, foram pesquisados os softwares necessários para execução do mesmo. Visando explorar a interoperabilidade entre diferentes programas relacionados com BIM, foram escolhidos o Revit e o SimpleBIM, os quais permitem criação e edição de arquivos em BIM, além do Navisworks, que permitiu a ligação dos pacotes de curto prazo ao modelo, e sua representação. Para organização e padronização dos pacotes de trabalho, foram utilizados o Microsoft Project e o Microsoft Excel.

O Revit foi necessário, pois o arquivo disponibilizado do edifício estava em formato Autodesk Revit Template. De acordo com a pesquisa realizada em sites de fabricantes de softwares, a Vico e a Bentley não fornecem versões estudantis ou de teste para os programas pesquisados. Portanto, foi necessária nova procura. Assim, foi selecionado o SimpleBIM, da empresa finlandesa Datacubist. Este software está disponível para 30 dias de testes e utiliza o formato IFC como padrão de arquivo. Além disso, no *web site* da empresa, estão disponíveis tutoriais para o uso do programa. O Navisworks surgiu como alternativa para vinculação dos

⁴Imagem instantânea de modelo BIM desenvolvido no *software* Revit, pelo Norie / UFRGS (Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação / Universidade Federal do Rio Grande do Sul)

pacotes ao modelo pois a Autodesk o disponibiliza para estudantes por 3 anos gratuitamente para fins acadêmicos. O Microsoft Project e o Microsoft excel foram selecionados pois já se havia experiência de uso em ambos softwares. O bloco de notas foi de uso complementar para a tarefa.

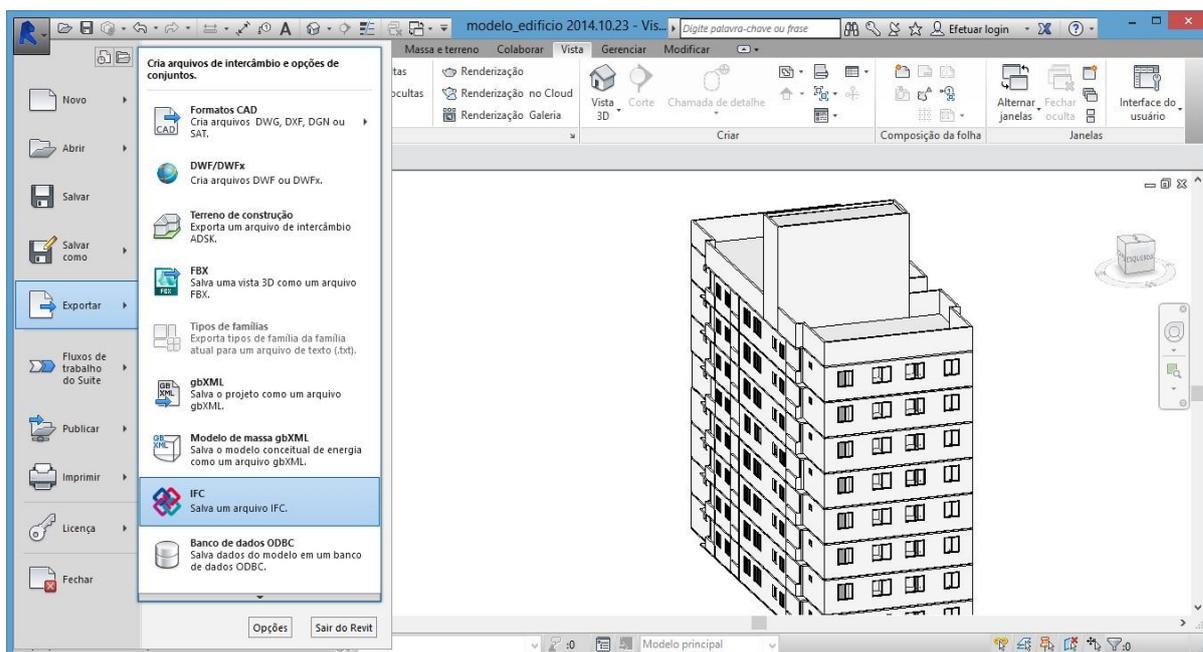
5.3 PREPARAÇÃO DO MODELO BIM E PACOTES DE TRABALHO PARA VINCULAÇÃO

Nesta divisão de capítulo são apresentados os passos para preparação do modelo para sua utilização no Navisworks, com a descrição passo a passo dos processos executados em cada software.

5.3.1 Preparação do modelo BIM

Inicialmente, o modelo foi analisado no Revit, com apreciação do edifício, buscando registro preliminar dos objetos constituintes do modelo. Logo em seguida, foi feita a extração de um *template* do edifício em formato IFC. A figura 11 mostra a extração do IFC.

Figura 11 – Extração de um modelo BIM em formato IFC com o Revit

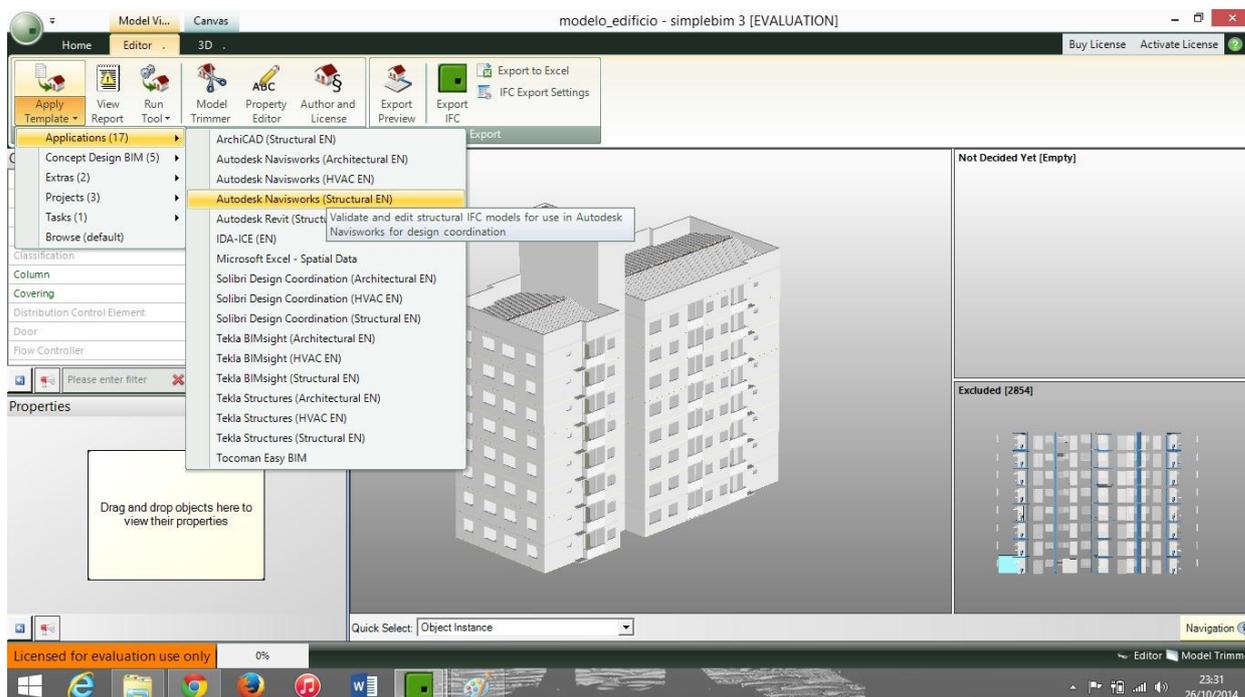


(fonte: elaborado pelo autor)

Posteriormente, este arquivo em formato IFC foi executado no SimpleBIM. Neste programa foi possível navegar pelo modelo, dar cores aos objetos e modificar o modelo. Apesar disso, de acordo com a pesquisa bibliográfica avaliada, o SimpleBIM não apresentou uma solução adequada para facilitar associação das informações do controle de execução das atividades da construção do edifício ao modelo IFC. Desta forma, fez-se necessária a utilização da tecnologia de modelagem 4D, que significa a vinculação do planejamento de execução das atividades a um modelo 3D, e foi considerada como a melhor solução para este trabalho. Para realizar a modelagem em 4D, como colocado anteriormente, foi selecionado o Navisworks Manage, da Autodesk.

Visando a interoperabilidade entre sistemas, o SimpleBIM disponibiliza a extração de um novo modelo a partir do original, o qual é especialmente preparado para execução da simulação 4D no Navisworks. Quando se aplica o *Template* (modelo) Autodesk Navisworks, o SimpleBIM retira automaticamente alguns elementos do modelo, deixando-o apenas com os objetos necessários para utilização posterior. Neste caso, por exemplo, esquadrias, instalações elétricas e hidráulicas foram removidas. A figura 12 denota o processo.

Figura 12 – Extração de um modelo personalizado para o Navisworks, no SimpleBIM



(fonte: elaborado pelo autor)

5.3.2 Arranjo dos pacotes de trabalho

No projeto de pesquisa de Schmitz (2014), os pacotes de trabalho foram divididos em pacotes que geram evolução no modelo 4D e pacotes que não geram evolução. Os primeiros são relativos a atividades que incorporam o crescimento físico da obra, como por exemplo, levantamento de alvenarias. Os outros pacotes são referentes a atividades auxiliares, podendo serem citadas atividades relacionadas com uso de grua, a qual faz parte apenas provisoriamente da obra. Neste trabalho, foram selecionados apenas os pacotes que geram evolução no modelo, de modo que pudessem ser organizados em uma sequência cronológica de execução. Além disso, foram selecionados apenas os pertencentes a atividades relativas aos objetos presentes no modelo extraído do SimpleBIM.

Os objetos componentes do modelo filtrado foram o contrapiso da laje do térreo, as paredes, lajes, paredes do shaft, guarda-corpo das sacadas, corrimãos e pontos de tomada de todos andares, além das paredes da platibanda, casa de máquinas e telhado da cobertura. Destes, foram escolhidos alguns pacotes de trabalho componentes das atividades de contrapiso do

térreo, paredes estruturais, lajes, cobertura do bloco, paredes de *shafts*, corrimão da escadaria, sacadas, tomadas e interruptores. O quadro 1 apresenta estas atividades e seus respectivos pacotes de trabalho.

Quadro 1 – Atividades selecionadas para a vinculação ao modelo

CONTRAPISO DO TÉRREO
<p>Realizar regularização do terreno Colocar 8 cm de brita para base do contrapiso Colocar malha metálica para contrapiso Montar forma de borda Concretar contrapiso Desformar contrapiso Impermeabilizar borda externa do contrapiso</p>
LAJES
<p>Montar forma para laje Colocar escoramento para a laje Cortar e dobrar armadura da laje Montar armadura na laje Concretar laje Desformar laje</p>
PAREDES ESTRUTURAIS
<p>Marcar 1ª fiada da alvenaria Elevar alvenaria até o peitoril (até os blocos canaleta para contraverga) Montar armadura nas contravergas Grautear contravergas Elevar alvenaria até o respaldo Assentar blocos da cinta de respaldo Limpar pontos de graute Montar armadura nos pontos de graute Grautear pontos de graute Montar armadura na cinta de respaldo Concretar cinta de respaldo</p>
COBERTURA DO BLOCO
<p>Instalar manta asfáltica na laje de cobertura Montar estrutura metálica do telhado Fixar telhas de cobertura Instalar algerosas para telhado Instalar calhas para telhado Instalar chapa de alumínio galvanizada na cobertura para dilatação</p>

continua

continuação

PAREDES DE SHAFTS
Instalar gesso acartonado nos shafts Abrir shafts do chuveiro e fixar tampa
CORRIMÃO DA ESCADARIA
Fixação corrimãos Pintar corrimão
SACADAS
Instalar guarda corpo Relocar os dutos de entulho para as sacadas
TOMADAS E INTERRUPTORES
Instalar caixas elétricas de parede Instalar tomadas e interruptores

(fonte: adaptado de SCHMITZ 2014)

Após a seleção das atividades e seus pacotes de trabalho, foi concebida pelo autor deste trabalho a organização em uma EAP (Estrutura Analítica de Projeto) com o uso dos *softwares* Microsoft Project e Microsoft Excel. Nesta EAP, para cada pacote de trabalho foram definidas durações de execução, atividades predecessoras e sucessoras. As durações e ligações entre elas buscaram representar a evolução da construção de forma realística. Foram omitidas as fundações (estacas cravadas), e sendo assim, a EAP apresentada no quadro 2 inicia a partir da laje do térreo, seguindo com as demais atividades.

Quadro 2 – EAP do projeto

	ATIVIDADES	DURAÇÃO	INÍCIO	FIM	PREDEC
1	LAJES	349	qua 17/09/14	seg 18/01/16	
2	Laje Térreo	8	qua 17/09/14	sex 26/09/14	
3	Realizar regularização do terreno	2	qua 17/09/14	qui 18/09/14	
4	Colocar 8 cm de brita para base do contrapiso	0,5	sex 19/09/14	sex 19/09/14	3
5	Colocar malha metálica para contrapiso	0,5	sex 19/09/14	sex 19/09/14	4
6	Montar forma de borda	0,5	seg 22/09/14	seg 22/09/14	5
7	Concretar contrapiso	0,5	seg 22/09/14	seg 22/09/14	6

continua

continuação

	ATIVIDADES	DURAÇÃO	INÍCIO	FIM	PREDEC
8	Desformar contrapiso	3	ter 23/09/14	qui 25/09/14	7
9	Impermeabilizar borda externa do contrapiso	1	sex 26/09/14	sex 26/09/14	8
10	Laje 1º pav	12	sex 07/11/14	seg 24/11/14	
11	Montar forma para laje	3	sex 07/11/14	ter 11/11/14	193
12	Colocar escoramento para a laje	1	qua 12/11/14	qua 12/11/14	11
13	Cortar e dobrar armadura da laje	2	qui 13/11/14	sex 14/11/14	12
14	Montar armadura na laje	2	seg 17/11/14	ter 18/11/14	13
15	Concretar Laje	1	qua 19/11/14	qua 19/11/14	14
16	Desformar laje	3	qui 20/11/14	seg 24/11/14	15
17	Laje 2º pav	12	sex 02/01/15	seg 19/01/15	
18	Montar forma para laje	3	sex 02/01/15	ter 06/01/15	204
19	Colocar escoramento para a laje	1	qua 07/01/15	qua 07/01/15	18
20	Cortar e dobrar armadura da laje	2	qui 08/01/15	sex 09/01/15	19
21	Montar armadura na laje	2	seg 12/01/15	ter 13/01/15	20
22	Concretar Laje	1	qua 14/01/15	qua 14/01/15	21
23	Desformar laje	3	qui 15/01/15	seg 19/01/15	22
24	Laje 3º pav	12	seg 02/03/15	ter 17/03/15	
25	Montar forma para laje	3	seg 02/03/15	qua 04/03/15	215
26	Colocar escoramento para a laje	1	qui 05/03/15	qui 05/03/15	25
27	Cortar e dobrar armadura da laje	2	sex 06/03/15	seg 09/03/15	26
28	Montar armadura na laje	2	ter 10/03/15	qua 11/03/15	27
29	Concretar Laje	1	qui 12/03/15	qui 12/03/15	28
30	Desformar laje	3	sex 13/03/15	ter 17/03/15	29

continua

continuação

	ATIVIDADES	DURAÇÃO	INÍCIO	FIM	PREDEC
31	Laje 4º pav	12	ter 28/04/15	qua 13/05/15	
32	Montar forma para laje	3	ter 28/04/15	qui 30/04/15	226
33	Colocar escoramento para a laje	1	sex 01/05/15	sex 01/05/15	32
34	Cortar e dobrar armadura da laje	2	seg 04/05/15	ter 05/05/15	33
35	Montar armadura na laje	2	qua 06/05/15	qui 07/05/15	34
36	Concretar Laje	1	sex 08/05/15	sex 08/05/15	35
37	Desformar laje	3	seg 11/05/15	qua 13/05/15	36
38	Laje 5º pav	12	qua 24/06/15	qui 09/07/15	
39	Montar forma para laje	3	qua 24/06/15	sex 26/06/15	237
40	Colocar escoramento para a laje	1	seg 29/06/15	seg 29/06/15	39
41	Cortar e dobrar armadura da laje	2	ter 30/06/15	qua 01/07/15	40
42	Montar armadura na laje	2	qui 02/07/15	sex 03/07/15	41
43	Concretar Laje	1	seg 06/07/15	seg 06/07/15	42
44	Desformar laje	3	ter 07/07/15	qui 09/07/15	43
45	Laje 6º pav	12	qui 20/08/15	sex 04/09/15	
46	Montar forma para laje	3	qui 20/08/15	seg 24/08/15	248
47	Colocar escoramento para a laje	1	ter 25/08/15	ter 25/08/15	46
48	Cortar e dobrar armadura da laje	2	qua 26/08/15	qui 27/08/15	47
49	Montar armadura na laje	2	sex 28/08/15	seg 31/08/15	48
50	Concretar Laje	1	ter 01/09/15	ter 01/09/15	49
51	Desformar laje	3	qua 02/09/15	sex 04/09/15	50
52	Laje 7º pav	12	sex 16/10/15	seg 02/11/15	
53	Montar forma para laje	3	sex 16/10/15	ter 20/10/15	259
54	Colocar escoramento para a laje	1	qua 21/10/15	qua 21/10/15	53

continua

continuação

	ATIVIDADES	DURAÇÃO	INÍCIO	FIM	PREDEC
55	Cortar e dobrar armadura da laje	2	qui 22/10/15	sex 23/10/15	54
56	Montar armadura na laje	2	seg 26/10/15	ter 27/10/15	55
57	Concretar Laje	1	qua 28/10/15	qua 28/10/15	56
58	Desformar laje	3	qui 29/10/15	seg 02/11/15	57
59	Laje telhado	12	ter 24/11/15	qui 10/12/15	
60	Montar forma para laje	3	ter 24/11/15	sex 27/11/15	270
61	Colocar escoramento para a laje	1	sex 27/11/15	seg 30/11/15	60
62	Cortar e dobrar armadura da laje	2	seg 30/11/15	qua 02/12/15	61
63	Montar armadura na laje	2	qua 02/12/15	sex 04/12/15	62
64	Concretar Laje	1	sex 04/12/15	seg 07/12/15	63
65	Desformar laje	3	seg 07/12/15	qui 10/12/15	64
66	Lajes casa de máquinas	12	sex 01/01/16	seg 18/01/16	
67	Montar forma para laje	3	sex 01/01/16	ter 05/01/16	181
68	Colocar escoramento para a laje	1	qua 06/01/16	qua 06/01/16	67
69	Cortar e dobrar armadura da laje	2	qui 07/01/16	sex 08/01/16	68
70	Montar armadura na laje	2	seg 11/01/16	ter 12/01/16	69
71	Concretar Laje	1	qua 13/01/16	qua 13/01/16	70
72	Desformar laje	3	qui 14/01/16	seg 18/01/16	71
73	ALVENARIAS EXTERNAS	32	seg 29/09/14	qui 31/12/15	
74	Alvenaria externa térreo	15	seg 29/09/14	seg 20/10/14	
75	Marcar 1ª fiada da alvenaria	2	seg 29/09/14	ter 30/09/14	9
76	Elevar alvenaria até o peitoril (até os blocos canaleta para contraverga)	3	qua 01/10/14	sex 03/10/14	75
77	Montar armadura nas contravergas	1	seg 06/10/14	seg 06/10/14	76
78	Grautear contravergas	1	ter 07/10/14	ter 07/10/14	77

continua

continuação

	ATIVIDADES	DURAÇÃO	INÍCIO	FIM	PREDEC
79	Elevar alvenaria até o respaldo	2	qua 08/10/14	qui 09/10/14	78
80	Assentar blocos da cinta de respaldo	1	sex 10/10/14	sex 10/10/14	79
81	Limpar pontos de graute	0,5	seg 13/10/14	seg 13/10/14	80
82	Montar armadura nos pontos de graute	2	seg 13/10/14	qua 15/10/14	81
83	Grautear pontos de graute	1	qua 15/10/14	qui 16/10/14	82
84	Montar armadura na cinta de respaldo	1	qui 16/10/14	sex 17/10/14	83
85	Concretar cinta de respaldo	1	sex 17/10/14	seg 20/10/14	84
86	Alvenaria externa 1º pav	15	ter 25/11/14	ter 16/12/14	
87	Marcar 1ª fiada da alvenaria	2	ter 25/11/14	qua 26/11/14	16
88	Elevar alvenaria até o peitoril (até os blocos canaleta para contraverga)	3	qui 27/11/14	seg 01/12/14	87
89	Montar armadura nas contravergas	1	ter 02/12/14	ter 02/12/14	88
90	Grautear contravergas	1	qua 03/12/14	qua 03/12/14	89
91	Elevar alvenaria até o respaldo	2	qui 04/12/14	sex 05/12/14	90
92	Assentar blocos da cinta de respaldo	1	seg 08/12/14	seg 08/12/14	91
93	Limpar pontos de graute	0,5	ter 09/12/14	ter 09/12/14	92
94	Montar armadura nos pontos de graute	2	ter 09/12/14	qui 11/12/14	93
95	Grautear pontos de graute	1	qui 11/12/14	sex 12/12/14	94
96	Montar armadura na cinta de respaldo	1	sex 12/12/14	seg 15/12/14	95
97	Concretar cinta de respaldo	1	seg 15/12/14	ter 16/12/14	96
98	Alvenaria externa 2º pav	15	ter 20/01/15	ter 10/02/15	
99	Marcar 1ª fiada da alvenaria	2	ter 20/01/15	qua 21/01/15	23
100	Elevar alvenaria até o peitoril (até os blocos canaleta para contraverga)	3	qui 22/01/15	seg 26/01/15	99
101	Montar armadura nas contravergas	1	ter 27/01/15	ter 27/01/15	100
102	Grautear contravergas	1	qua 28/01/15	qua 28/01/15	101

continua

continuação

	ATIVIDADES	DURAÇÃO	INÍCIO	FIM	PREDEC
103	Elevar alvenaria até o respaldo	2	qui 29/01/15	sex 30/01/15	102
104	Assentar blocos da cinta de respaldo	1	seg 02/02/15	seg 02/02/15	103
105	Limpar pontos de graute	0,5	ter 03/02/15	ter 03/02/15	104
106	Montar armadura nos pontos de graute	2	ter 03/02/15	qui 05/02/15	105
107	Grautear pontos de graute	1	qui 05/02/15	sex 06/02/15	106
108	Montar armadura na cinta de respaldo	1	sex 06/02/15	seg 09/02/15	107
109	Concretar cinta de respaldo	1	seg 09/02/15	ter 10/02/15	108
110	Alvenaria externa 3º pav	15	qua 18/03/15	qua 08/04/15	
111	Marcar 1ª fiada da alvenaria	2	qua 18/03/15	qui 19/03/15	30
112	Elevar alvenaria até o peitoril (até os blocos canaleta para contraverga)	3	sex 20/03/15	ter 24/03/15	111
113	Montar armadura nas contravergas	1	qua 25/03/15	qua 25/03/15	112
114	Grautear contravergas	1	qui 26/03/15	qui 26/03/15	113
115	Elevar alvenaria até o respaldo	2	sex 27/03/15	seg 30/03/15	114
116	Assentar blocos da cinta de respaldo	1	ter 31/03/15	ter 31/03/15	115
117	Limpar pontos de graute	0,5	qua 01/04/15	qua 01/04/15	116
118	Montar armadura nos pontos de graute	2	qua 01/04/15	sex 03/04/15	117
119	Grautear pontos de graute	1	sex 03/04/15	seg 06/04/15	118
120	Montar armadura na cinta de respaldo	1	seg 06/04/15	ter 07/04/15	119
121	Concretar cinta de respaldo	1	ter 07/04/15	qua 08/04/15	120
122	Alvenaria externa 4º pav	15	qui 14/05/15	qui 04/06/15	
123	Marcar 1ª fiada da alvenaria	2	qui 14/05/15	sex 15/05/15	37
124	Elevar alvenaria até o peitoril (até os blocos canaleta para contraverga)	3	seg 18/05/15	qua 20/05/15	123
125	Montar armadura nas contravergas	1	qui 21/05/15	qui 21/05/15	124

continua

continuação

	ATIVIDADES	DURAÇÃO	INÍCIO	FIM	PREDEC
126	Grautear contravergas	1	sex 22/05/15	sex 22/05/15	125
127	Elevar alvenaria até o respaldo	2	seg 25/05/15	ter 26/05/15	126
128	Assentar blocos da cinta de respaldo	1	qua 27/05/15	qua 27/05/15	127
129	Limpar pontos de graute	0,5	qui 28/05/15	qui 28/05/15	128
130	Montar armadura nos pontos de graute	2	qui 28/05/15	seg 01/06/15	129
131	Grautear pontos de graute	1	seg 01/06/15	ter 02/06/15	130
132	Montar armadura na cinta de respaldo	1	ter 02/06/15	qua 03/06/15	131
133	Concretar cinta de respaldo	1	qua 03/06/15	qui 04/06/15	132
134	Alvenaria externa 5º pav	15	sex 10/07/15	sex 31/07/15	
135	Marcar 1ª fiada da alvenaria	2	sex 10/07/15	seg 13/07/15	44
136	Elevar alvenaria até o peitoril (até os blocos canaleta para contraverga)	3	ter 14/07/15	qui 16/07/15	135
137	Montar armadura nas contravergas	1	sex 17/07/15	sex 17/07/15	136
138	Grautear contravergas	1	seg 20/07/15	seg 20/07/15	137
139	Elevar alvenaria até o respaldo	2	ter 21/07/15	qua 22/07/15	138
140	Assentar blocos da cinta de respaldo	1	qui 23/07/15	qui 23/07/15	139
141	Limpar pontos de graute	0,5	sex 24/07/15	sex 24/07/15	140
142	Montar armadura nos pontos de graute	2	sex 24/07/15	ter 28/07/15	141
143	Grautear pontos de graute	1	ter 28/07/15	qua 29/07/15	142
144	Montar armadura na cinta de respaldo	1	qua 29/07/15	qui 30/07/15	143
145	Concretar cinta de respaldo	1	qui 30/07/15	sex 31/07/15	144
146	Alvenaria externa 6º pav	15	seg 07/09/15	seg 28/09/15	
147	Marcar 1ª fiada da alvenaria	2	seg 07/09/15	ter 08/09/15	51
148	Elevar alvenaria até o peitoril (até os blocos canaleta para contraverga)	3	qua 09/09/15	sex 11/09/15	147

continua

continuação

	ATIVIDADES	DURAÇÃO	INÍCIO	FIM	PREDEC
149	Montar armadura nas contravergas	1	seg 14/09/15	seg 14/09/15	148
150	Grautear contravergas	1	ter 15/09/15	ter 15/09/15	149
151	Elevar alvenaria até o respaldo	2	qua 16/09/15	qui 17/09/15	150
152	Assentar blocos da cinta de respaldo	1	sex 18/09/15	sex 18/09/15	151
153	Limpar pontos de graute	0,5	seg 21/09/15	seg 21/09/15	152
154	Montar armadura nos pontos de graute	2	seg 21/09/15	qua 23/09/15	153
155	Grautear pontos de graute	1	qua 23/09/15	qui 24/09/15	154
156	Montar armadura na cinta de respaldo	1	qui 24/09/15	sex 25/09/15	155
157	Concretar cinta de respaldo	1	sex 25/09/15	seg 28/09/15	156
158	Alvenaria externa 7º pav	15	ter 03/11/15	ter 24/11/15	
159	Marcar 1ª fiada da alvenaria	2	ter 03/11/15	qua 04/11/15	58
160	Elevar alvenaria até o peitoril (até os blocos canaleta para contraverga)	3	qui 05/11/15	seg 09/11/15	159
161	Montar armadura nas contravergas	1	ter 10/11/15	ter 10/11/15	160
162	Grautear contravergas	1	qua 11/11/15	qua 11/11/15	161
163	Elevar alvenaria até o respaldo	2	qui 12/11/15	sex 13/11/15	162
164	Assentar blocos da cinta de respaldo	1	seg 16/11/15	seg 16/11/15	163
165	Limpar pontos de graute	0,5	ter 17/11/15	ter 17/11/15	164
166	Montar armadura nos pontos de graute	2	ter 17/11/15	qui 19/11/15	165
167	Grautear pontos de graute	1	qui 19/11/15	sex 20/11/15	166
168	Montar armadura na cinta de respaldo	1	sex 20/11/15	seg 23/11/15	167
169	Concretar cinta de respaldo	1	seg 23/11/15	ter 24/11/15	168
170	Alvenaria platibanda e CM	15	qui 10/12/15	qui 31/12/15	
171	Marcar 1ª fiada da alvenaria	2	qui 10/12/15	seg 14/12/15	65

continua

continuação

	ATIVIDADES	DURAÇÃO	INÍCIO	FIM	PREDEC
172	Elevar alvenaria até o peitoril (até os blocos canaleta para contraverga)	3	seg 14/12/15	qui 17/12/15	171
173	Montar armadura nas contravergas	1	qui 17/12/15	sex 18/12/15	172
174	Grautear contravergas	1	sex 18/12/15	seg 21/12/15	173
175	Elevar alvenaria até o respaldo	2	seg 21/12/15	qua 23/12/15	174
176	Assentar blocos da cinta de respaldo	1	qua 23/12/15	qui 24/12/15	175
177	Limpar pontos de graute	0,5	qui 24/12/15	qui 24/12/15	176
178	Montar armadura nos pontos de graute	2	sex 25/12/15	seg 28/12/15	177
179	Grautear pontos de graute	1	ter 29/12/15	ter 29/12/15	178
180	Montar armadura na cinta de respaldo	1	qua 30/12/15	qua 30/12/15	179
181	Concretar cinta de respaldo	1	qui 31/12/15	qui 31/12/15	180
182	ALVENARIAS INTERNAS	28	seg 20/10/14	ter 24/11/15	
183	Alvenaria interna térreo	13	seg 20/10/14	qui 06/11/14	
184	Elevar alvenaria até o peitoril (até os blocos canaleta para contraverga)	3	seg 20/10/14	qui 23/10/14	85
185	Montar armadura nas contravergas	1	qui 23/10/14	sex 24/10/14	184
186	Grautear contravergas	1	sex 24/10/14	seg 27/10/14	185
187	Elevar alvenaria até o respaldo	2	seg 27/10/14	qua 29/10/14	186
188	Assentar blocos da cinta de respaldo	1	qua 29/10/14	qui 30/10/14	187
189	Limpar pontos de graute	0,5	qui 30/10/14	qui 30/10/14	188
190	Montar armadura nos pontos de graute	2	sex 31/10/14	seg 03/11/14	189
191	Grautear pontos de graute	1	ter 04/11/14	ter 04/11/14	190
192	Montar armadura na cinta de respaldo	1	qua 05/11/14	qua 05/11/14	191
193	Concretar cinta de respaldo	1	qui 06/11/14	qui 06/11/14	192
194	Alvenaria interna 1º pav	12	ter 16/12/14	qui 01/01/15	
195	Elevar alvenaria até o peitoril (até os blocos canaleta para contraverga)	3	ter 16/12/14	sex 19/12/14	97

continua

continuação

	ATIVIDADES	DURAÇÃO	INÍCIO	FIM	PREDEC
196	Montar armadura nas contravergas	1	sex 19/12/14	seg 22/12/14	195
197	Grautear contravergas	1	seg 22/12/14	ter 23/12/14	196
198	Elevar alvenaria até o respaldo	2	ter 23/12/14	qui 25/12/14	197
199	Assentar blocos da cinta de respaldo	1	qui 25/12/14	sex 26/12/14	198
200	Limpar pontos de graute	0,5	sex 26/12/14	sex 26/12/14	199
201	Montar armadura nos pontos de graute	2	seg 29/12/14	ter 30/12/14	200
202	Grautear pontos de graute	1	qua 31/12/14	qua 31/12/14	201
203	Montar armadura na cinta de respaldo	1	qua 31/12/14	qua 31/12/14	201
204	Concretar cinta de respaldo	1	qui 01/01/15	qui 01/01/15	203
205	Alvenaria interna 2º pav	13	ter 10/02/15	sex 27/02/15	
206	Elevar alvenaria até o peitoril (até os blocos canaleta para contraverga)	3	ter 10/02/15	sex 13/02/15	109
207	Montar armadura nas contravergas	1	sex 13/02/15	seg 16/02/15	206
208	Grautear contravergas	1	seg 16/02/15	ter 17/02/15	207
209	Elevar alvenaria até o respaldo	2	ter 17/02/15	qui 19/02/15	208
210	Assentar blocos da cinta de respaldo	1	qui 19/02/15	sex 20/02/15	209
211	Limpar pontos de graute	0,5	sex 20/02/15	sex 20/02/15	210
212	Montar armadura nos pontos de graute	2	seg 23/02/15	ter 24/02/15	211
213	Grautear pontos de graute	1	qua 25/02/15	qua 25/02/15	212
214	Montar armadura na cinta de respaldo	1	qui 26/02/15	qui 26/02/15	213
215	Concretar cinta de respaldo	1	sex 27/02/15	sex 27/02/15	214
216	Alvenaria interna 3º pav	13	qua 08/04/15	seg 27/04/15	
217	Elevar alvenaria até o peitoril (até os blocos canaleta para contraverga)	3	qua 08/04/15	seg 13/04/15	121
218	Montar armadura nas contravergas	1	seg 13/04/15	ter 14/04/15	217

continua

continuação

	ATIVIDADES	DURAÇÃO	INÍCIO	FIM	PREDEC
219	Grautear contravergas	1	ter 14/04/15	qua 15/04/15	218
220	Elevar alvenaria até o respaldo	2	qua 15/04/15	sex 17/04/15	219
221	Assentar blocos da cinta de respaldo	1	sex 17/04/15	seg 20/04/15	220
222	Limpar pontos de graute	0,5	seg 20/04/15	seg 20/04/15	221
223	Montar armadura nos pontos de graute	2	ter 21/04/15	qua 22/04/15	222
224	Grautear pontos de graute	1	qui 23/04/15	qui 23/04/15	223
225	Montar armadura na cinta de respaldo	1	sex 24/04/15	sex 24/04/15	224
226	Concretar cinta de respaldo	1	seg 27/04/15	seg 27/04/15	225
227	Alvenaria interna 4º pav	13	qui 04/06/15	ter 23/06/15	
228	Elevar alvenaria até o peitoril (até os blocos canaleta para contraverga)	3	qui 04/06/15	ter 09/06/15	133
229	Montar armadura nas contravergas	1	ter 09/06/15	qua 10/06/15	228
230	Grautear contravergas	1	qua 10/06/15	qui 11/06/15	229
231	Elevar alvenaria até o respaldo	2	qui 11/06/15	seg 15/06/15	230
232	Assentar blocos da cinta de respaldo	1	seg 15/06/15	ter 16/06/15	231
233	Limpar pontos de graute	0,5	ter 16/06/15	ter 16/06/15	232
234	Montar armadura nos pontos de graute	2	qua 17/06/15	qui 18/06/15	233
235	Grautear pontos de graute	1	sex 19/06/15	sex 19/06/15	234
236	Montar armadura na cinta de respaldo	1	seg 22/06/15	seg 22/06/15	235
237	Concretar cinta de respaldo	1	ter 23/06/15	ter 23/06/15	236
238	Alvenaria interna 5º pav	13	sex 31/07/15	qua 19/08/15	
239	Elevar alvenaria até o peitoril (até os blocos canaleta para contraverga)	3	sex 31/07/15	qua 05/08/15	145
240	Montar armadura nas contravergas	1	qua 05/08/15	qui 06/08/15	239
241	Grautear contravergas	1	qui 06/08/15	sex 07/08/15	240

continua

continuação

	ATIVIDADES	DURAÇÃO	INÍCIO	FIM	PREDEC
242	Elevar alvenaria até o respaldo	2	sex 07/08/15	ter 11/08/15	241
243	Assentar blocos da cinta de respaldo	1	ter 11/08/15	qua 12/08/15	242
244	Limpar pontos de graute	0,5	qua 12/08/15	qua 12/08/15	243
245	Montar armadura nos pontos de graute	2	qui 13/08/15	sex 14/08/15	244
246	Grautear pontos de graute	1	seg 17/08/15	seg 17/08/15	245
247	Montar armadura na cinta de respaldo	1	ter 18/08/15	ter 18/08/15	246
248	Concretar cinta de respaldo	1	qua 19/08/15	qua 19/08/15	247
249	Alvenaria interna 6º pav	13	seg 28/09/15	qui 15/10/15	
250	Elevar alvenaria até o peitoril (até os blocos canaleta para contraverga)	3	seg 28/09/15	qui 01/10/15	157
251	Montar armadura nas contravergas	1	qui 01/10/15	sex 02/10/15	250
252	Grautear contravergas	1	sex 02/10/15	seg 05/10/15	251
253	Elevar alvenaria até o respaldo	2	seg 05/10/15	qua 07/10/15	252
254	Assentar blocos da cinta de respaldo	1	qua 07/10/15	qui 08/10/15	253
255	Limpar pontos de graute	0,5	qui 08/10/15	qui 08/10/15	254
256	Montar armadura nos pontos de graute	2	sex 09/10/15	seg 12/10/15	255
257	Grautear pontos de graute	1	ter 13/10/15	ter 13/10/15	256
258	Montar armadura na cinta de respaldo	1	qua 14/10/15	qua 14/10/15	257
259	Concretar cinta de respaldo	1	qui 15/10/15	qui 15/10/15	258
260	Alvenaria interna 7º pav	13	qui 05/11/15	ter 24/11/15	
261	Elevar alvenaria até o peitoril (até os blocos canaleta para contraverga)	3	qui 05/11/15	seg 09/11/15	159
262	Montar armadura nas contravergas	1	ter 10/11/15	ter 10/11/15	261
263	Grautear contravergas	1	qua 11/11/15	qua 11/11/15	262
264	Elevar alvenaria até o respaldo	2	qui 12/11/15	sex 13/11/15	263

continua

continuação

	ATIVIDADES	DURAÇÃO	INÍCIO	FIM	PREDEC
265	Assentar blocos da cinta de respaldo	1	seg 16/11/15	seg 16/11/15	264
266	Limpar pontos de graute	0	ter 17/11/15	ter 17/11/15	265
267	Montar armadura nos pontos de graute	2	ter 17/11/15	qui 19/11/15	266
268	Grautear pontos de graute	1	qui 19/11/15	sex 20/11/15	267
269	Montar armadura na cinta de respaldo	1	sex 20/11/15	seg 23/11/15	268
270	Concretar cinta de respaldo	1	seg 23/11/15	ter 24/11/15	269
271	SHAFTS	27	sex 07/11/14	qui 26/11/15	
272	Shaft térreo	2	sex 07/11/14	seg 10/11/14	
273	Instalar gesso acartonado nos shafts	1	sex 07/11/14	sex 07/11/14	193
274	Abrir shafts do chuveiro e fixar tampa	1	seg 10/11/14	seg 10/11/14	273
275	Shaft 1º pav	2	sex 02/01/15	seg 05/01/15	
276	Instalar gesso acartonado nos shafts	1	sex 02/01/15	sex 02/01/15	204
277	Abrir shafts do chuveiro e fixar tampa	1	seg 05/01/15	seg 05/01/15	276
278	Shaft 2º pav	2	seg 02/03/15	ter 03/03/15	
279	Instalar gesso acartonado nos shafts	1	seg 02/03/15	seg 02/03/15	215
280	Abrir shafts do chuveiro e fixar tampa	1	ter 03/03/15	ter 03/03/15	279
281	Shaft 3º pav	2	ter 28/04/15	qua 29/04/15	
282	Instalar gesso acartonado nos shafts	1	ter 28/04/15	ter 28/04/15	226
283	Abrir shafts do chuveiro e fixar tampa	1	qua 29/04/15	qua 29/04/15	282
284	Shaft 4º pav	2	qua 24/06/15	qui 25/06/15	
285	Instalar gesso acartonado nos shafts	1	qua 24/06/15	qua 24/06/15	237
286	Abrir shafts do chuveiro e fixar tampa	1	qui 25/06/15	qui 25/06/15	285
287	Shaft 5º pav	2	qui 20/08/15	sex 21/08/15	
288	Instalar gesso acartonado nos shafts	1	qui 20/08/15	qui 20/08/15	248
289	Abrir shafts do chuveiro e fixar tampa	1	sex 21/08/15	sex 21/08/15	288

continua

continuação

	ATIVIDADES	DURAÇÃO	INÍCIO	FIM	PREDEC
290	Shaft 6º pav	2	sex 16/10/15	seg 19/10/15	
291	Instalar gesso acartonado nos shafts	1	sex 16/10/15	sex 16/10/15	259
292	Abrir shafts do chuveiro e fixar tampa	1	seg 19/10/15	seg 19/10/15	291
293	Shaft 7º pav	2	ter 24/11/15	qui 26/11/15	
294	Instalar gesso acartonado nos shafts	1	ter 24/11/15	qua 25/11/15	270
295	Abrir shafts do chuveiro e fixar tampa	1	qua 25/11/15	qui 26/11/15	294
296	GUARDA CORPO SACADAS	273,5	sex 07/11/14	qua 25/11/15	
297	Guarda corpo sacadas térreo	1	sex 07/11/14	sex 07/11/14	
298	Instalar guarda corpo	0,5	sex 07/11/14	sex 07/11/14	193
299	Relocar os dutos de entulho para as sacadas	0,5	sex 07/11/14	sex 07/11/14	298
300	Guarda corpo sacadas 1º pav	1	sex 02/01/15	sex 02/01/15	
301	Instalar guarda corpo	0,5	sex 02/01/15	sex 02/01/15	204
302	Relocar os dutos de entulho para as sacadas	0,5	sex 02/01/15	sex 02/01/15	301
303	Guarda corpo sacadas 2º pav	1	seg 02/03/15	seg 02/03/15	
304	Instalar guarda corpo	0,5	seg 02/03/15	seg 02/03/15	215
305	Relocar os dutos de entulho para as sacadas	0,5	seg 02/03/15	seg 02/03/15	304
306	Guarda corpo sacadas 3º pav	1	ter 28/04/15	ter 28/04/15	
307	Instalar guarda corpo	0,5	ter 28/04/15	ter 28/04/15	226
308	Relocar os dutos de entulho para as sacadas	0,5	ter 28/04/15	ter 28/04/15	307
309	Guarda corpo sacadas 4º pav	1	qua 24/06/15	qua 24/06/15	
310	Instalar guarda corpo	0,5	qua 24/06/15	qua 24/06/15	237
311	Relocar os dutos de entulho para as sacadas	0,5	qua 24/06/15	qua 24/06/15	310
312	Guarda corpo sacadas 5º pav	1	qui 20/08/15	qui 20/08/15	
313	Instalar guarda corpo	0,5	qui 20/08/15	qui 20/08/15	248

continua

continuação

	ATIVIDADES	DURAÇÃO	INÍCIO	FIM	PREDEC
314	Relocar os dutos de entulho para as sacadas	0,5	qui 20/08/15	qui 20/08/15	313
315	Guarda corpo sacadas 6º pav	1	sex 16/10/15	sex 16/10/15	
316	Instalar guarda corpo	0,5	sex 16/10/15	sex 16/10/15	259
317	Relocar os dutos de entulho para as sacadas	0,5	sex 16/10/15	sex 16/10/15	316
318	Guarda corpo sacadas 7º pav	1	ter 24/11/15	qua 25/11/15	
319	Instalar guarda corpo	0,5	ter 24/11/15	ter 24/11/15	270
320	Relocar os dutos de entulho para as sacadas	0,5	qua 25/11/15	qua 25/11/15	319
321	Tomadas e interruptores 1	5	sex 01/01/16	qui 07/01/16	181
322	Tomadas e interruptores 2	3	sex 08/01/16	ter 12/01/16	321
323	Tomadas e interruptores 3	3	qua 13/01/16	sex 15/01/16	322
324	Corrimãos	3	sex 01/01/16	ter 05/01/16	
325	Fixação corrimãos	2	sex 01/01/16	seg 04/01/16	181
326	Pintar corrimão	1	ter 05/01/16	ter 05/01/16	325
327	Cobertura	12	sex 01/01/16	seg 18/01/16	
328	Instalar manta asfáltica na laje de cobertura	2	sex 01/01/16	seg 04/01/16	181
329	Executar Terças	1	ter 05/01/16	ter 05/01/16	328
330	Executar Caibros	1	qua 06/01/16	qua 06/01/16	329
331	Executar Ripas	1	qui 07/01/16	qui 07/01/16	330
332	Executar cobertura com telha	3	sex 08/01/16	ter 12/01/16	331
333	Instalar algerosas para telhado	1	qua 13/01/16	qua 13/01/16	332
334	Instalar calhas para telhado	1	qui 14/01/16	qui 14/01/16	333
335	Instalar chapa de alumínio galvanizada na cobertura para dilatação	1	sex 15/01/16	sex 15/01/16	334
336	Limpar laje dos telhados executados	1	seg 18/01/16	seg 18/01/16	335

(fonte: elaborada pelo autor)

5.4 VINCULAÇÃO DO MODELO BIM AOS PACOTES DE TRABALHO

Tendo ajustados o modelo BIM e extraído as atividades e pacotes de trabalho em forma de uma EAP para o Navisworks Manage, foi possível começar a etapa de vinculação dos pacotes de trabalho ao modelo.

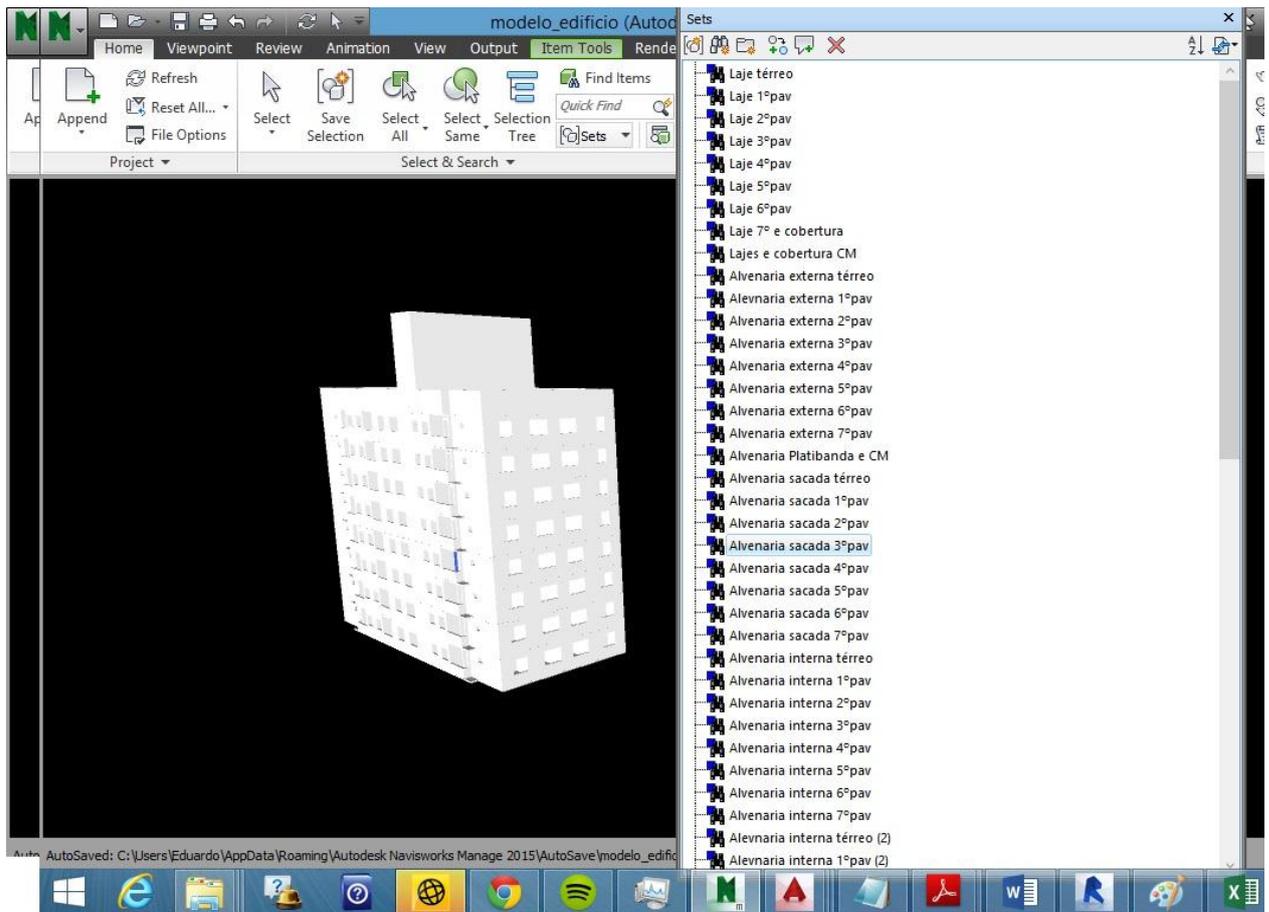
5.4.1 Definição do agrupamento dos objetos do modelo BIM

Para que o modelo reflita a realidade da sequência de execução das atividades e seus pacotes de trabalho, é necessário que os objetos que o compõem (paredes, lajes, etc.) estejam “agrupados” em conformidade com atividades e seus pacotes de trabalho. Isso significa, por exemplo, que se foi definido um grau de controle sobre a pintura a cada duas paredes consecutivas, deve existir um grupo de objetos composto por duplas de paredes separadas no planejamento semanal. Assim, o pacote de trabalho hipotético “Regularização e limpeza para pintura” estaria vinculado a estes grupos compostos por estas duas paredes consecutivas. Caso fosse definido o controle de execução a cada parede individualmente, o grupo referente a pintura seria composto apenas por uma parede.

No Navisworks Manage é possível fazer o agrupamento de objetos de acordo com a necessidade do projeto. O programa apresenta ferramentas de seleção e busca de objetos por nome, categoria, pavimento entre outras características, o que contribui para agilidade do processo. Estes grupos podem ser nomeados de maneira a representar os objetos componentes da forma mais clara possível.

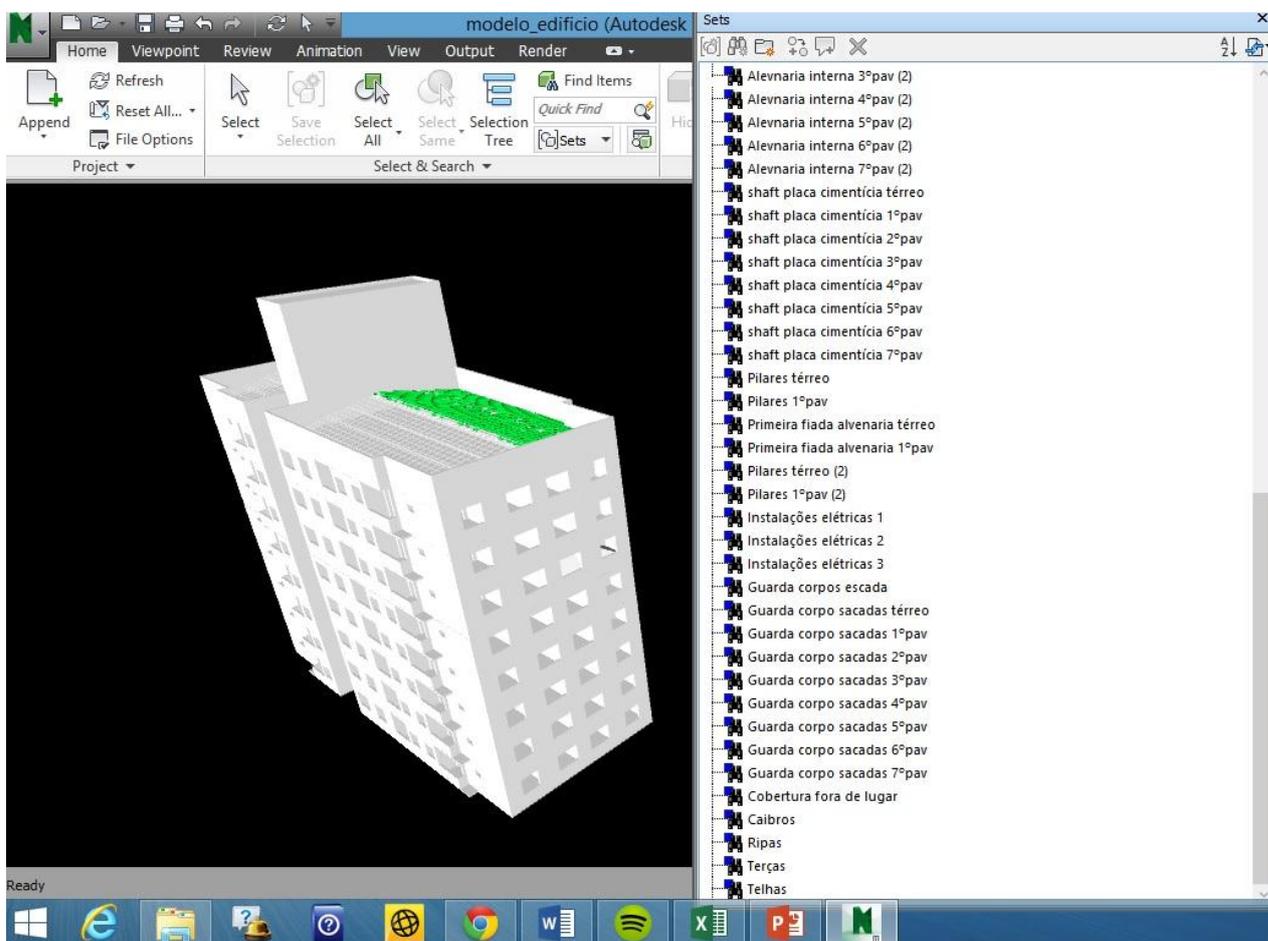
No presente trabalho, a maior parte dos agrupamentos abrangem dois ou mais objetos do modelo. Eles foram organizados de forma a atender o cronograma composto pelas atividades e pacotes de trabalho do edifício. Nas figuras 13 e 14, estão representados todos os grupos de objetos criados.

Figura 13 – Grupos de objetos criados para o modelo do edifício (parte 1)



(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 14 – Grupos de objetos criados para o modelo do edifício (parte 2)

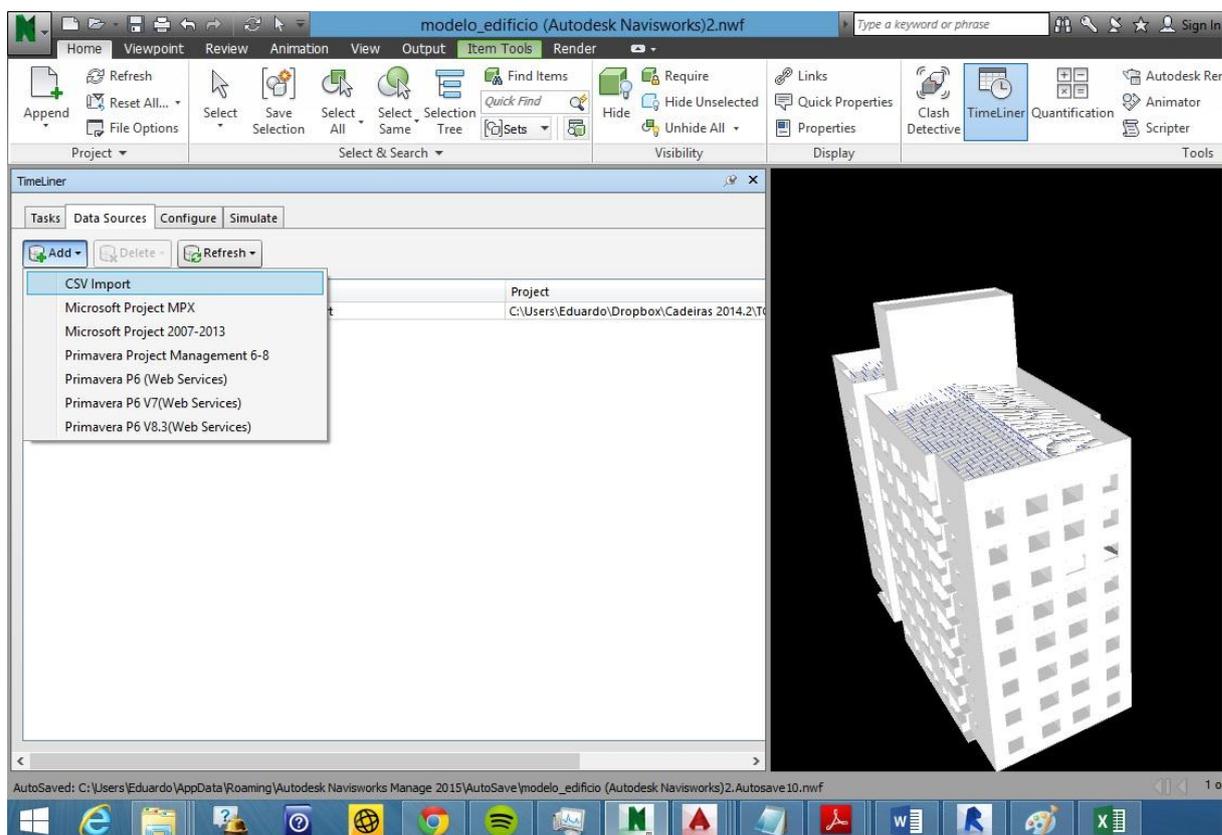


(fonte: elaborada pelo autor)

5.4.2 Vinculação dos agrupamentos de objetos as tarefas da EAP

Após definidos todos os agrupamentos de objetos do modelo, a próxima etapa foi a conexão entre os grupos e os pacotes de trabalho organizados na EAP. Neste caso fez-se necessário a importação da EAP no Navisworks para realizar este processo. Este *software* comporta uma boa gama de formatos de arquivos para importação da EAP, o que contribui para interoperabilidade entre diferentes plataformas. Na figura 15 são exibidos estes formatos.

Figura 15 – Diferentes formatos de arquivo da EAP suportados pelo Navisworks, no processo de importação



(fonte: elaborada pelo autor)

Tendo a EAP já importada, os pacotes de trabalho tiverem a opção de serem classificados de três formas:

- a) *construct* (construção): pacotes relacionados a objetos que serão construídos e pertencerão de forma permanente a construção. Por exemplo, alvenarias e lajes;
- b) *demolish* (demolição): pacotes relacionados a objetos que serão demolidos. Por exemplo, se no terreno onde o edifício deste trabalho foi construído tivesse uma outra casa, a qual tivesse a necessidade de ser demolida, este processo poderia ser representado através da modelagem desta casa, e ser representada na simulação 4D da sua demolição;
- b) *temporary* (temporário): pacotes relacionados a objetos que farão parte temporariamente da construção. É o caso de guias, guindastes, bandejas de proteção e linhas de vida.

Como no modelo utilizado no trabalho apenas foram representados objetos que permaneceriam de forma permanente na construção, o único tipo de pacote de trabalho existente foi o *construct*. Esta definição é equivalente a descrição dos pacotes colocada no

trabalho da Carlise Schmitz (citado anteriormente) como “atividades que geram evolução no modelo”. A figura 16 mostra a definição das categorias dos pacotes de trabalho.

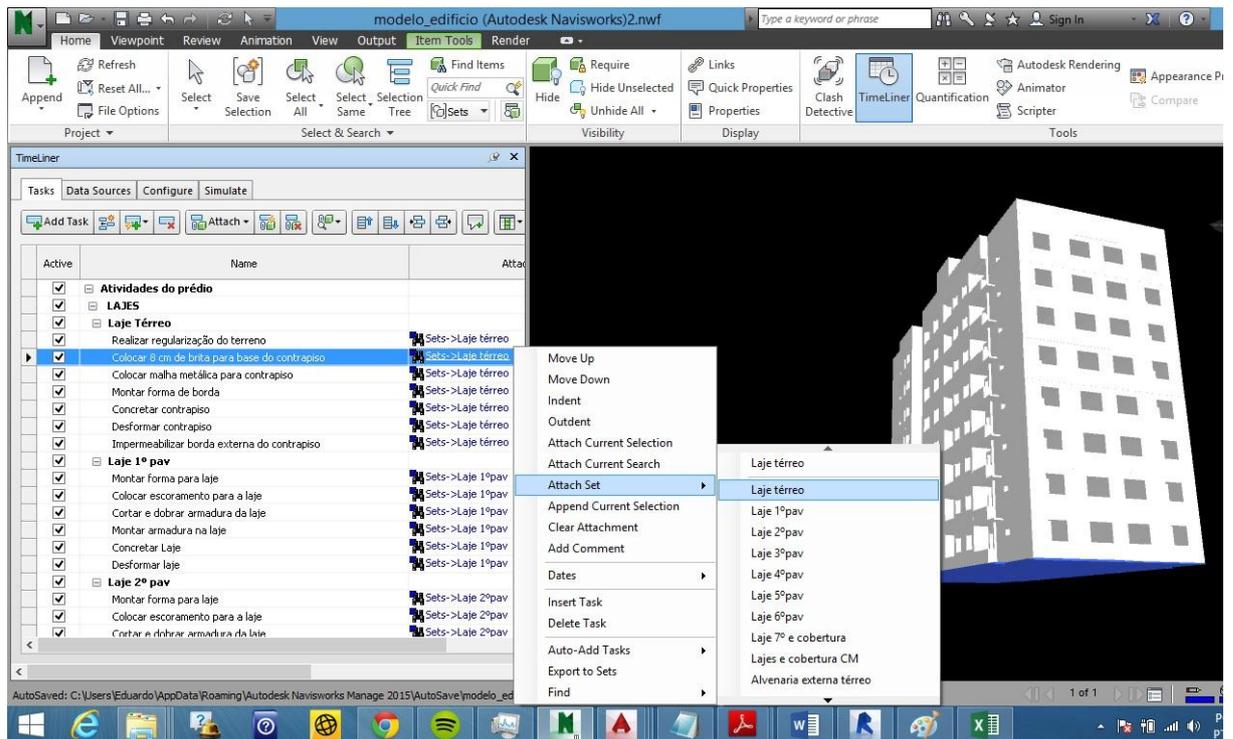
Figura 16 – Definição da categoria de cada pacote de trabalho

Active	Name	Task Type	Planned Start	Planned End
<input checked="" type="checkbox"/>	Atividades do prédio		17/09/2014	18/01/2016
<input checked="" type="checkbox"/>	LAJES		17/09/2014	18/01/2016
<input checked="" type="checkbox"/>	Laje Térreo		17/09/2014	18/01/2016
<input checked="" type="checkbox"/>	Realizar regularização do terreno	Construct	17/09/2014	18/09/2014
<input checked="" type="checkbox"/>	Colocar 8 cm de brita para base do contrapiso	Construct	19/09/2014	20/09/2014
<input checked="" type="checkbox"/>	Colocar malha metálica para contrapiso	Construct	19/09/2014	20/09/2014
<input checked="" type="checkbox"/>	Montar forma de borda	Temporary	22/09/2014	23/09/2014
<input checked="" type="checkbox"/>	Concretar contrapiso	Construct	22/09/2014	23/09/2014
<input checked="" type="checkbox"/>	Desformar contrapiso	Construct	23/09/2014	25/09/2014
<input checked="" type="checkbox"/>	Impermeabilizar borda externa do contrapiso	Construct	29/09/2014	18/01/2016
<input checked="" type="checkbox"/>	Laje 1º pav		07/11/2014	19/01/2015
<input checked="" type="checkbox"/>	Montar forma para laje	Construct	07/11/2014	11/11/2014
<input checked="" type="checkbox"/>	Colocar escoramento para a laje	Construct	12/11/2014	13/11/2014
<input checked="" type="checkbox"/>	Cortar e dobrar armadura da laje	Construct	13/11/2014	14/11/2014
<input checked="" type="checkbox"/>	Montar armadura na laje	Construct	17/11/2014	18/11/2014
<input checked="" type="checkbox"/>	Concretar Laje	Construct	19/11/2014	19/11/2014
<input checked="" type="checkbox"/>	Desformar laje	Construct	02/01/2015	19/01/2015
<input checked="" type="checkbox"/>	Laje 2º pav		29/09/2014	18/01/2016
<input checked="" type="checkbox"/>	Montar forma para laje	Construct	02/01/2015	06/01/2015
<input checked="" type="checkbox"/>	Colocar escoramento para a laje	Construct	07/01/2015	07/01/2015
<input checked="" type="checkbox"/>	Cortar e dobrar armadura da laje	Construct	29/09/2014	18/01/2016

(fonte: elaborada pelo autor)

Após esta etapa, pôde ser feita a vinculação dos pacotes aos grupos de objetos. Cada pacote de trabalho foi vinculado a um dos grupos de objetos, sendo que para cada grupo foram locados todos os pacotes de trabalho necessários para sua construção. A figura 17 denota este processo.

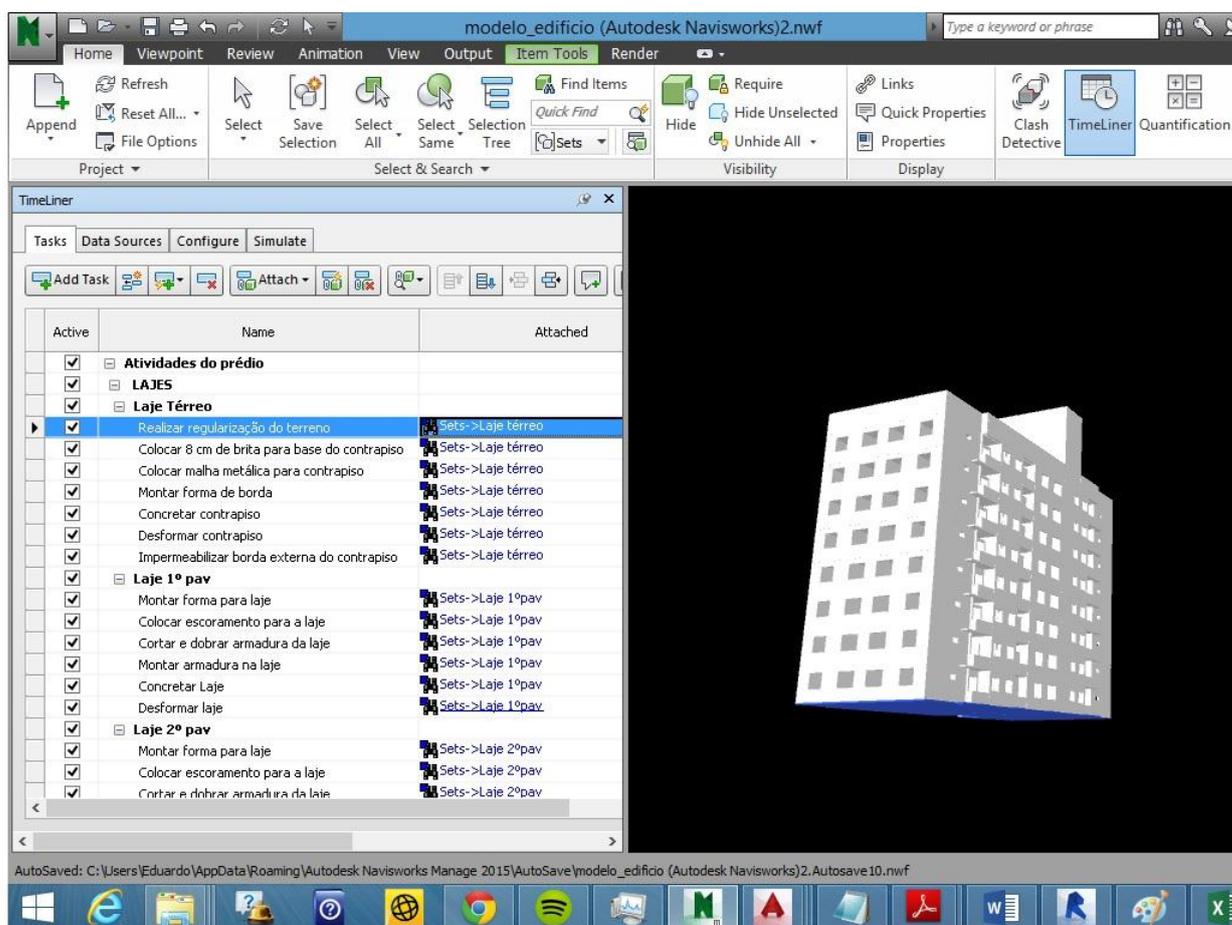
Figura 17 – Processo de vinculação dos pacotes de trabalho aos grupos de objetos



(fonte: elaborada pelo autor)

Como citado anteriormente, os grupos de objetos foram nomeados de forma a facilitar a sua associação com as atividades e seus respectivos pacotes de trabalho. Desta maneira a identificação do local onde os pacotes de trabalho estariam sendo executados ficou clara e coerente. A figura 18 mostra o caso das lajes como exemplo.

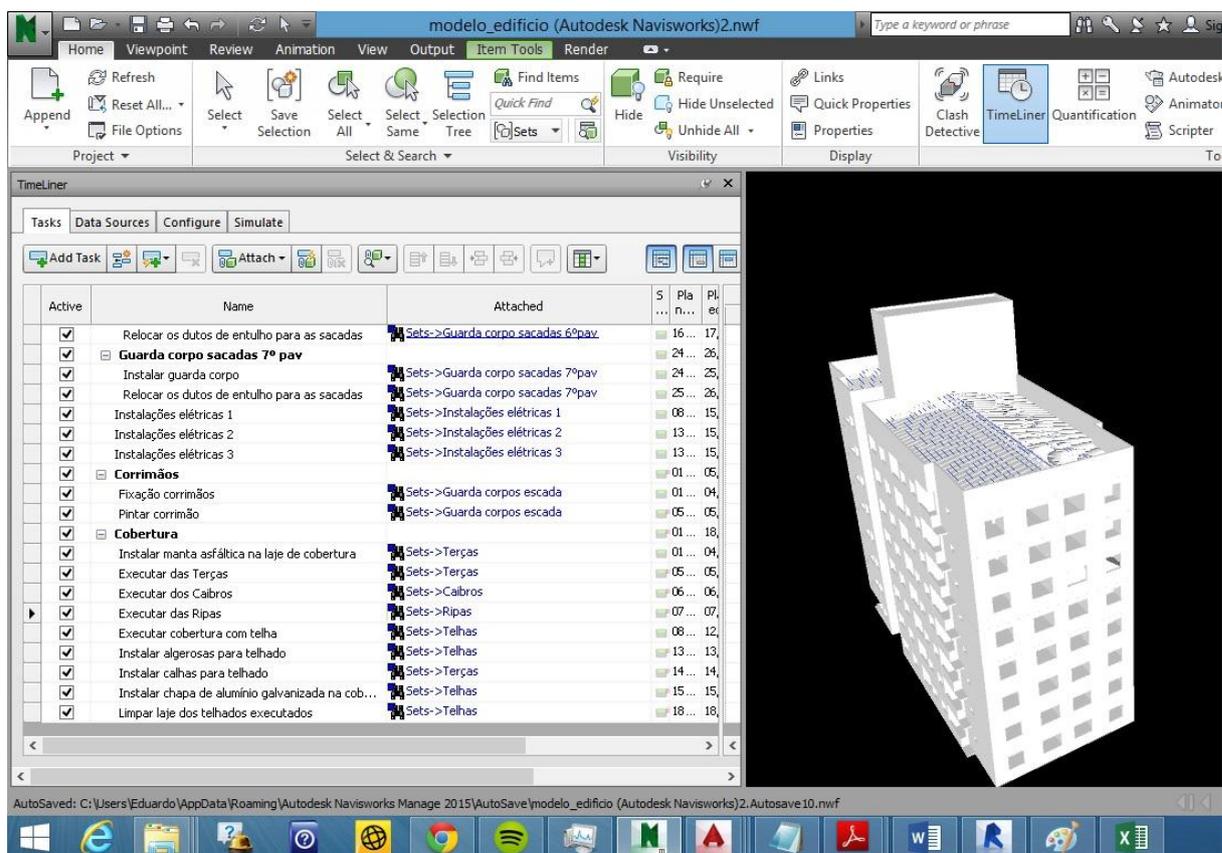
Figura 18 – Grupos de objetos referentes as lajes, com nome idêntico as atividades



(fonte: elaborada pelo autor)

Algumas atividades tiveram pacotes de trabalho que foram vinculados a grupos mais detalhados de objetos. Na cobertura do prédio, por exemplo, foram agrupados caibros, terças e ripas cada qual em separado. Portanto, a atividade “Cobertura” teve pacotes de trabalho vinculados a diferentes grupos de objetos (terças, caibros, ripas, telhas, etc.), o que não ocorreu no caso das lajes citadas no parágrafo anterior. Na figura 19, estão representados os grupos de objetos vinculados aos pacotes de trabalho da cobertura.

Figura 19 – Pacotes de trabalho da atividade “Cobertura”, vinculados a diferentes grupos



(fonte: elaborada pelo autor)

5.5 REPRESENTAÇÃO DO CONTROLE DAS ATIVIDADES ATRAVÉS DO MODELO

Após a finalização da vinculação do modelo BIM às atividades e pacotes de trabalho, iniciou-se a etapa de representação do controle das atividades através da simulação 4D. Buscou-se analisar as ferramentas oferecidas pelo programa para melhor caracterizar cada agrupamento de objetos, dependendo de seu status de execução.

Ao final desta análise, concluiu-se que a forma melhor mais para representação do controle das atividades seria através de diferentes cores para cada status de evolução dos grupos de objetos durante a simulação 4D. A configuração final foi a seguinte:

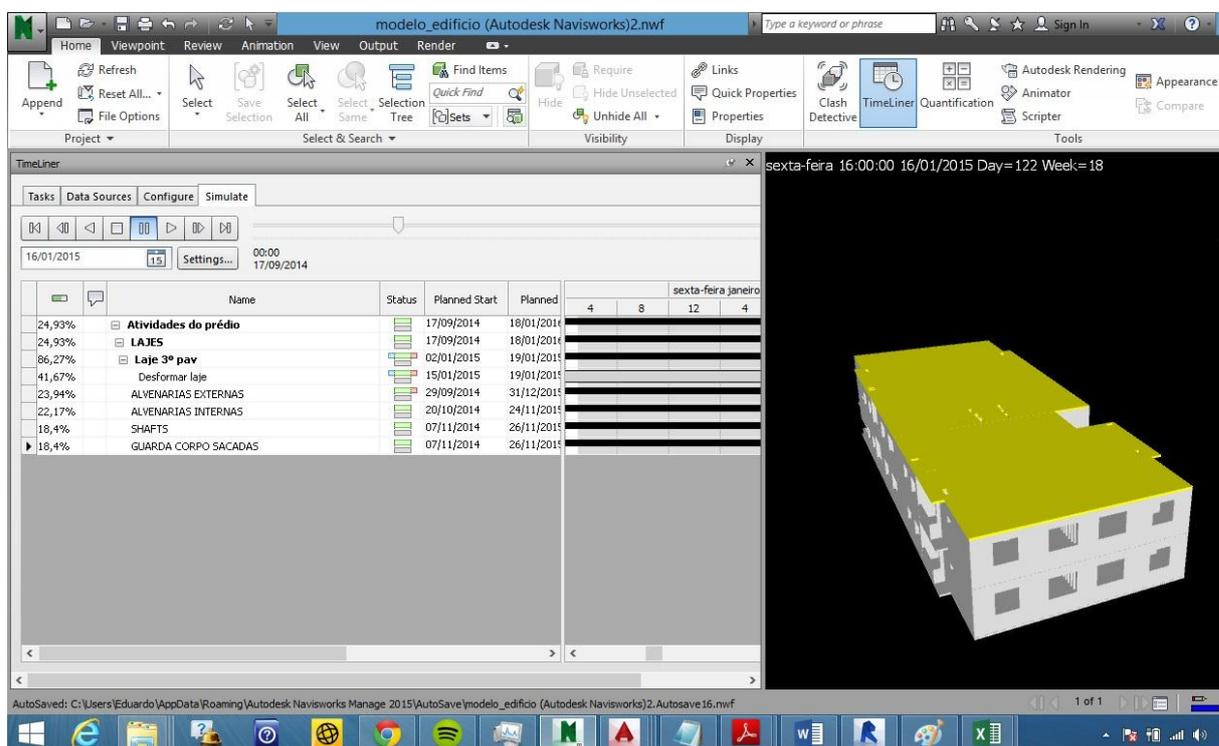
- a) grupos de objetos onde os pacotes de trabalho não foram iniciados permanecem invisíveis;

- b) grupos de objetos onde há pacotes de trabalho em andamento ganham a cor amarela;
- c) grupos de objetos onde os pacotes de trabalho foram finalizados, ou temporariamente não estão sendo feitos ficam com a cor cinza.

Foram considerados apenas dias úteis na EAP, e isso refletiu diretamente na simulação, de modo que em sábados e domingos todos objetos tiveram a coloração cinza. O tempo definido para quadro da simulação foi de 1 quadro para cada 3 dias (incluindo sábado e domingo).

Finalizadas as pré-definições descritas acima, foi iniciada a simulação. Durante sua execução, construção começa a tomar forma etapa após etapa, apresentando o status da atividades colorido da forma pré-configurada. Através da definição feita no presente trabalho, a diferenciação de status das atividades por cores mostra de forma clara na visualização o que está sendo executado, e o que já foi concluído. Para associar a visualização a atividade que está sendo executada, basta acompanhar as atividades e pacotes de trabalho que aparecem na caixa de diálogo com a mesma data que é apresentada na linha logo acima do gráfico. Na figura 20 aparece o status da construção no dia 26 de janeiro de 2015 da EAP, onde está sendo executado o pacote de trabalho “Desforma laje” do 3º pavimento. Como este pacote está em andamento no grupo de objetos “Laje 3º pav”, este aparece na cor amarela. As outras atividades abaixo desta, na caixa de diálogo são as que tem pacotes de trabalho temporariamente parados. Por isso, os objetos onde estas atividades possuem pacotes de trabalho vinculados aparecem na cor cinza.

Figura 20 – Indicação do local em que está sendo executada a tarefa no edifício, por meio da simulação



(fonte: elaborada pelo autor)

Além de poder mostrar objetos com diferentes cores de acordo com o status de execução dos pacotes de trabalho, na simulação 4D podem ser alteradas as datas de início e fim da simulação, o intervalo que cada quadro da animação avança (pode ser definido como tempo, de segundos a semanas, e também em percentual de conclusão), o texto indicativo da data e seu posicionamento (padrão é o texto branco logo acima do modelo), além de também permitir a opção por comparar a evolução do que foi planejado em relação ao cronograma real da obra (caso a base de dados da EAP forneça todos estes dados).

Com estas opções de personalização disponíveis, pode-se por exemplo definir tempo de simulação para uma semana, e o intervalo de demonstração de quadros em um dia por quadro, assim permitindo uma análise de um PPC semanal. Assim, pode ser facilitada a localização do que vai ser executado em cada parte da construção, em relação a utilização apenas de planilhas para fazê-lo.

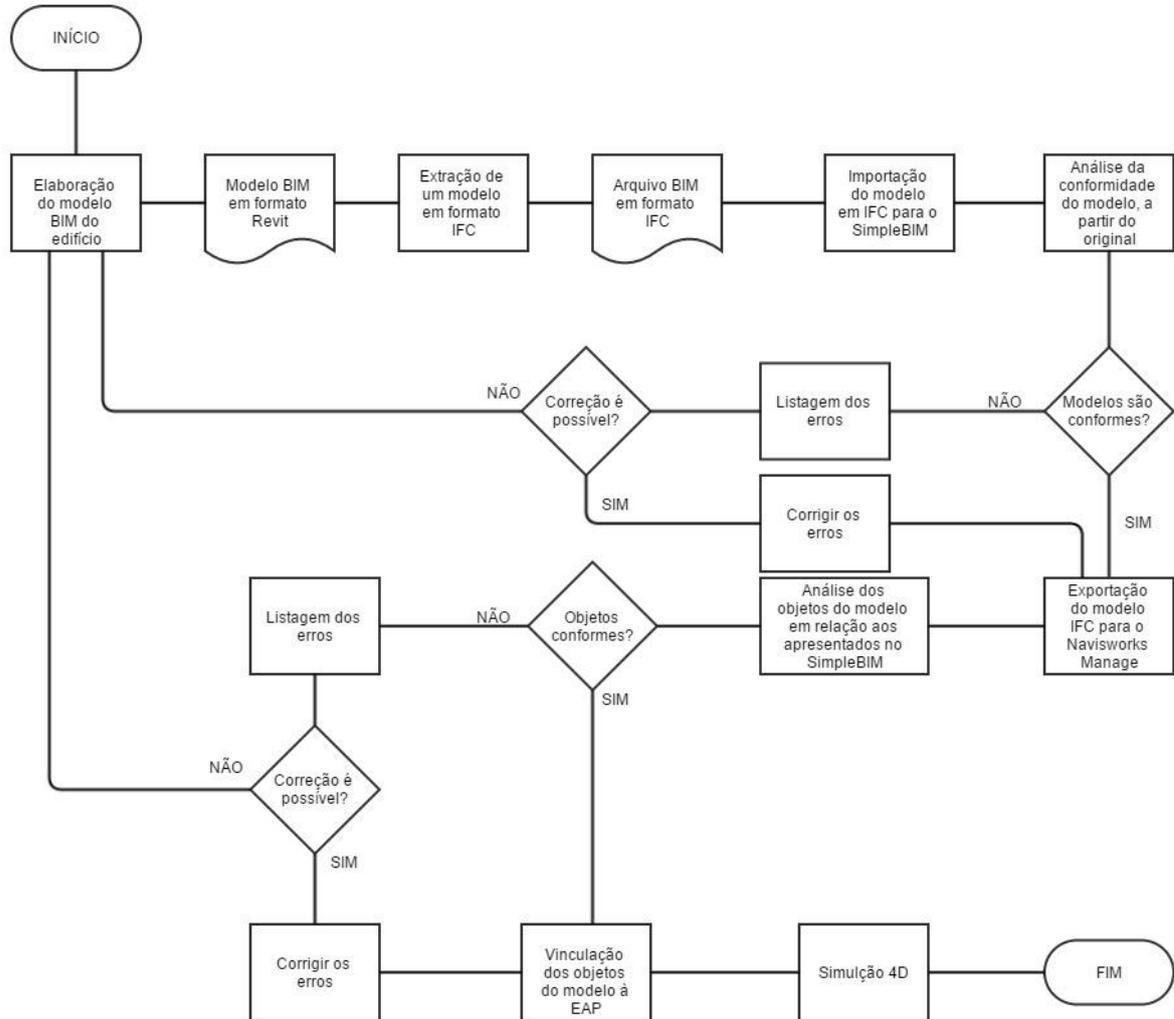
5.6 ANÁLISE CRÍTICA DO TRABALHO

Esta seção apresenta uma análise crítica das etapas do processo de representação do controle das atividades através do modelo BIM como um todo, apontando eventuais lacunas e fornecendo possíveis soluções.

5.6.1 Interoperabilidade entre programas

Um dos aspectos citados na pesquisa bibliográfica foi o fato de haver problemas quando se trabalha modelos em BIM com diferentes formatos de arquivo e programas de variados fabricantes. Na figura 21, está demonstrado o fluxo das informações, sob o espectro do responsável durante um processo como o descrito no presente trabalho (engenheiro de planejamento, por exemplo).

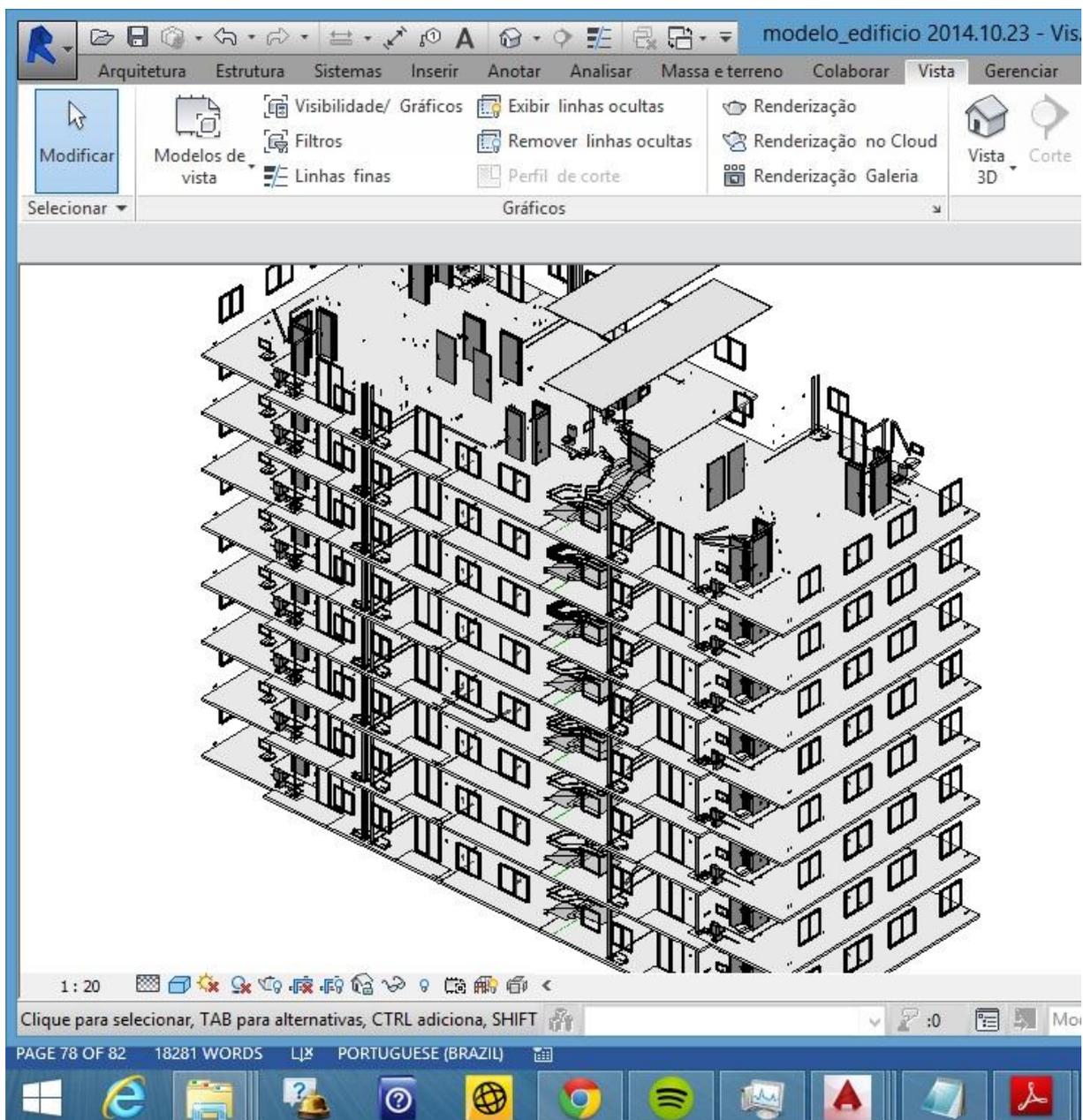
Figura 21 – Fluxograma de informações relativas ao caminho percorrido pelo modelo BIM durante o processo



(fonte: elaborada pelo autor)

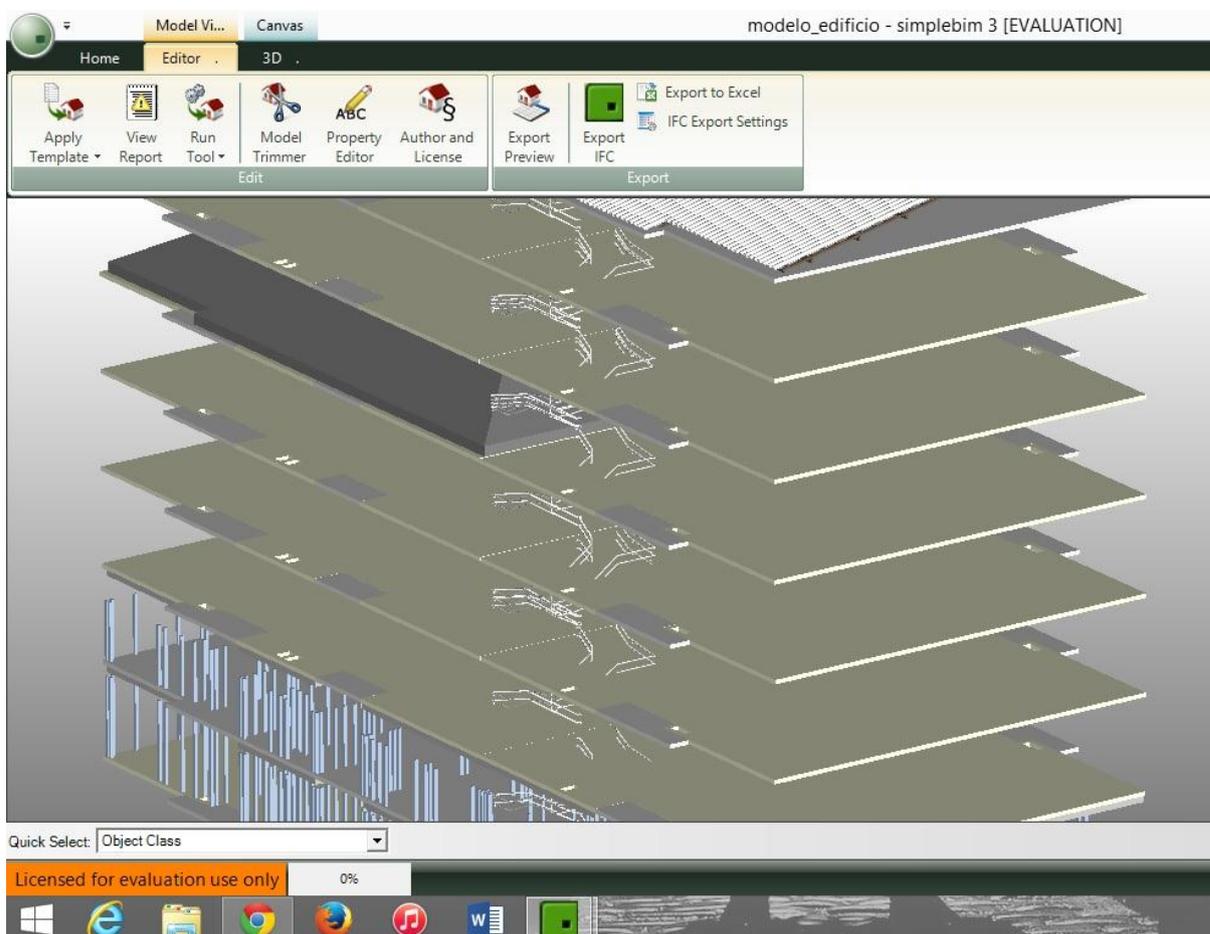
De fato, ocorreram alguns problemas de interoperabilidade entre programas. O primeiro caso é o da escada do edifício. Quando o modelo do Revit foi exportado em formato IFC para o SimpleBIM, ela não estava mais presente, restando apenas os corrimãos. Nas figuras 22 e 23, estão representados os modelos no Revit, com as escadas, e no SimpleBIM, sem as escadas, respectivamente.

Figura 22 – Modelo no Revit, com as escadas (foram ocultadas as paredes para facilitar a visualização)



(fonte: elaborada pelo autor)

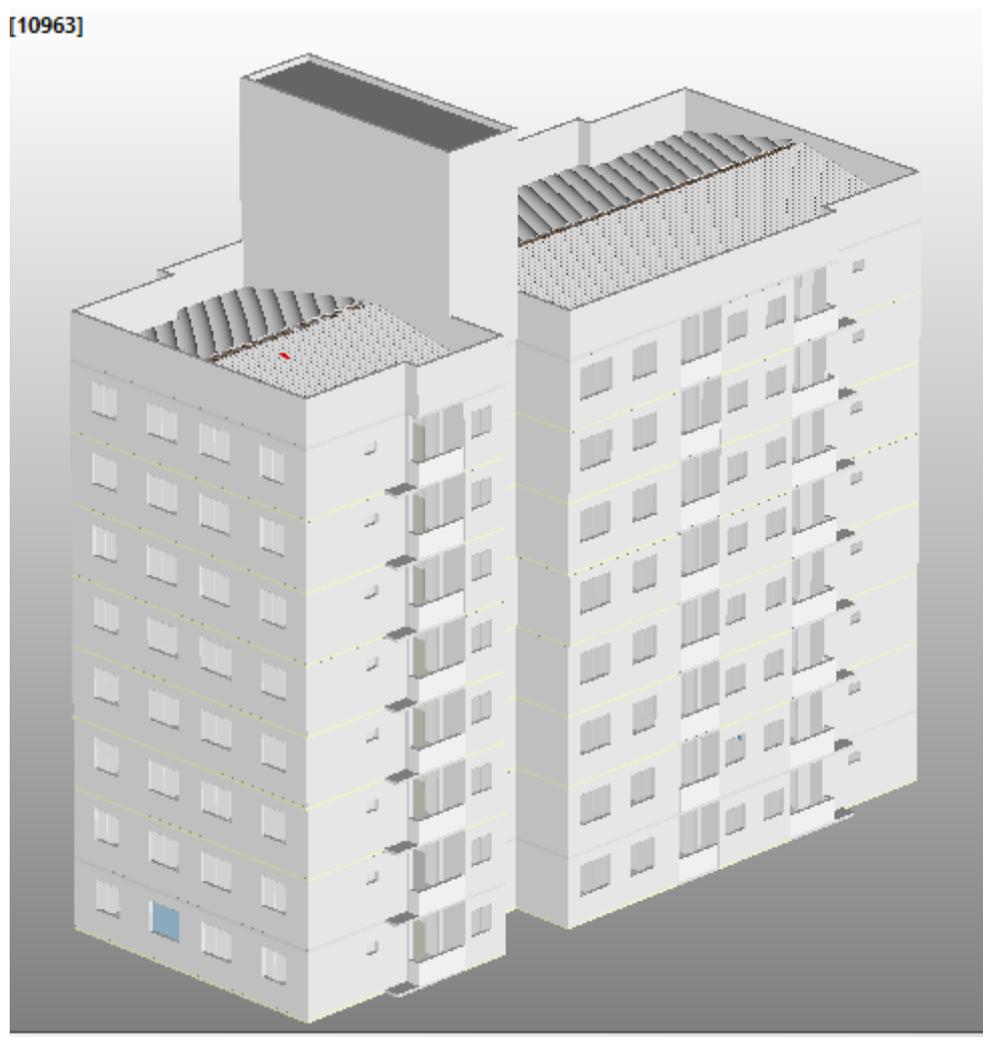
Figura 23 – Modelo no SimpleBIM, sem as escadas (foram ocultadas as paredes para facilitar a visualização)



(fonte: elaborada pelo autor)

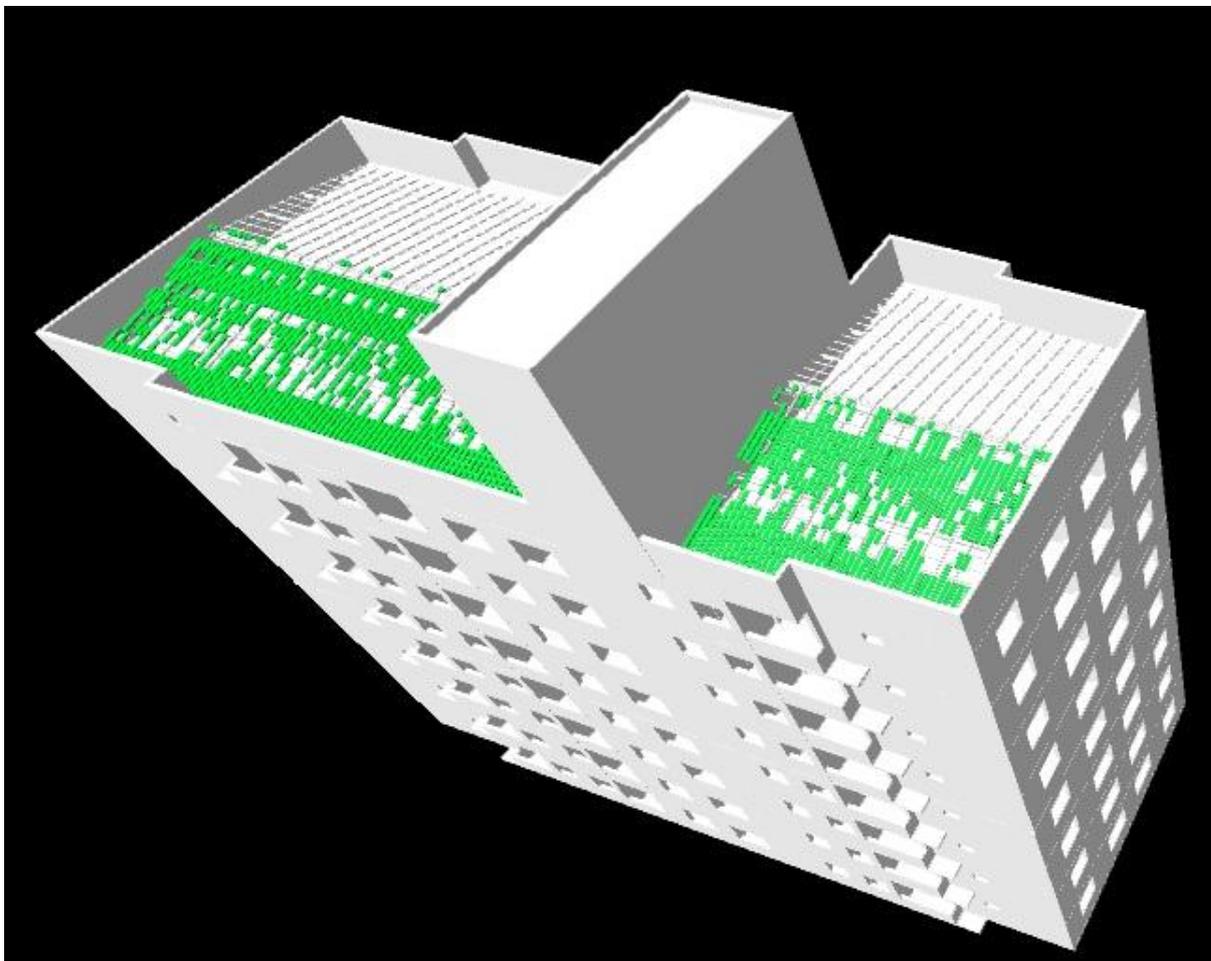
Outro problema apontado foi na cobertura, onde ao exportar-se o modelo do SimpleBIM para o Navisworks Manage, perderam-se mais da metade das telhas modeladas. As figuras 24 e 25 retratam esta diferença, no SimpleBIM e Navisworks Manage, respectivamente.

Figura 24 – Modelo no SimpleBIM, com todas as telhas



(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 25 – Modelo no Navisworks, sem parte das telhas (destacadas em verde as restantes)



(fonte: elaborada pelo autor)

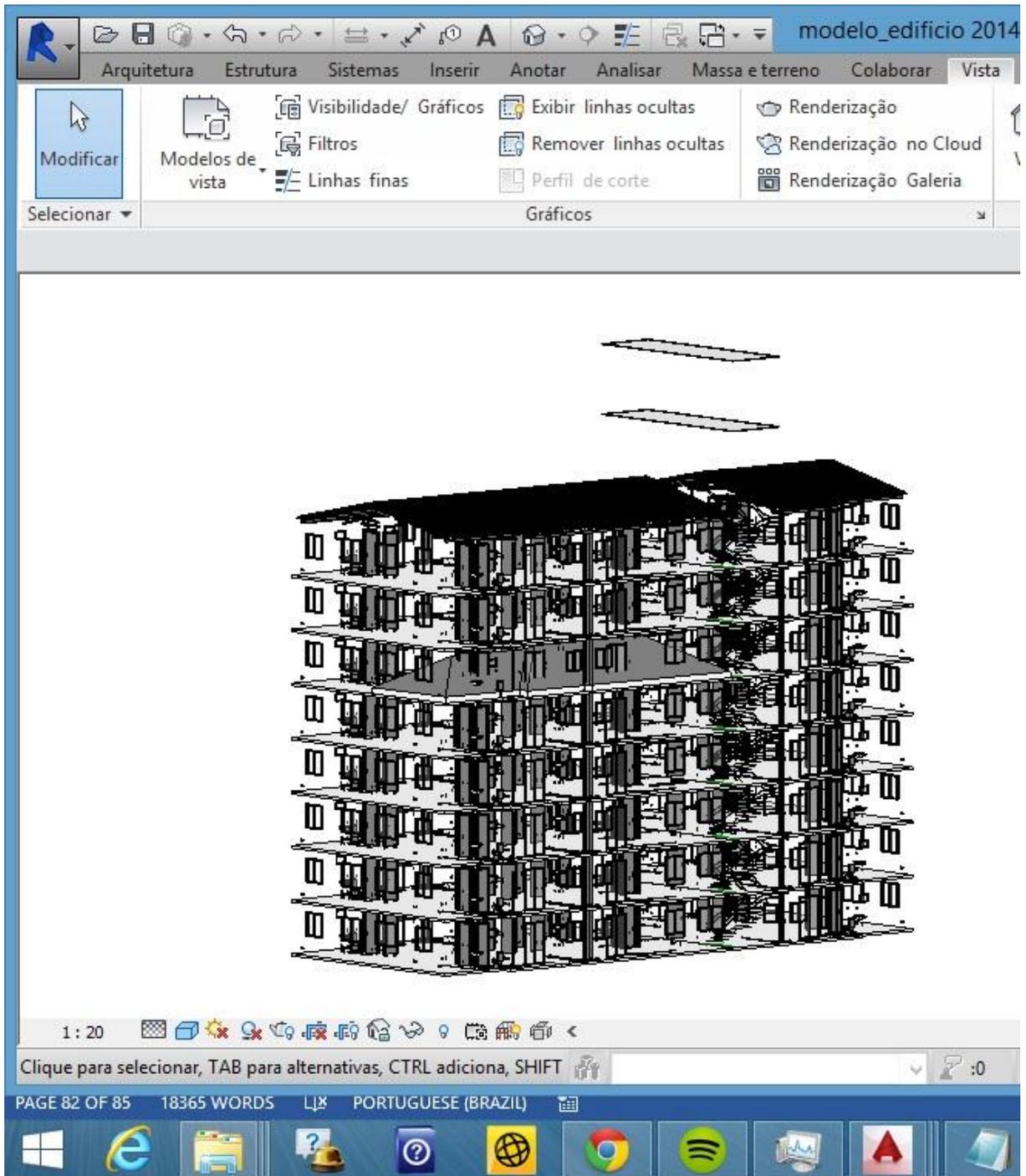
Apesar de terem sido encontrados estas inconformidades relativas a interoperabilidade entre os softwares, não foi feita a análise das causas do erros, mas sim apenas a detecção da existência. Sendo assim, deve-se desconsiderar o questionamento sobre a parte do fluxograma que diz respeito a correção de erros.

5.6.2 Importância da precisão da modelagem no processo de representação

Durante este trabalho foi possível analisar o quanto a precisão da criação do modelo BIM traz de impacto em um processo de simulação 4D. O modelo BIM deste edifício apresentou algumas incongruências relacionadas aos objetos e a nomenclatura dada aos mesmos.

O primeiro objeto a chamar atenção foi um telhado, que no modelo inicial em formato de arquivo Revit, apareceu no 6º pavimento, em vez de figurar sob a cobertura de telhas. A figura 26 ilustra esta situação.

Figura 26 – Telhado localizado dentro do 6º pavimento
(alvenarias ocultas do modelo, para facilitar visualização)

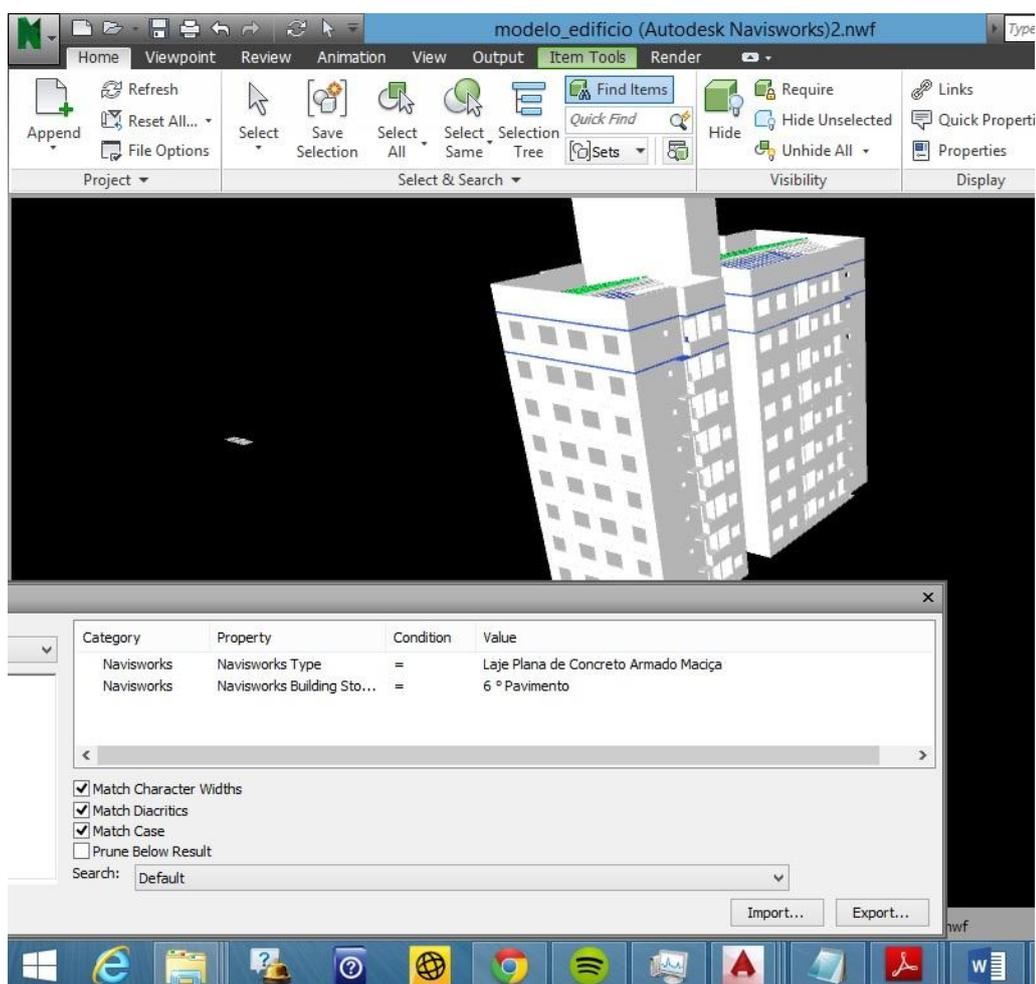


(fonte: elaborada pelo autor)

Além disso, os pavimentos foram modelados sequencialmente como “Térreo” e após “1º pavimento” em vez de ter “2º pavimento” sequencialmente ao térreo. Isto fez com que fosse demandado maior tempo na etapa de agrupamento de objetos e vinculação com os pacotes de trabalho corretos. Quanto mais congruente forem os grupos e a EAP, mais rápidos tornam-se estes processos.

Já as lajes do 8º pavimento e da cobertura estavam ambas configuradas como pertencentes ao mesmo pavimento, e somado a isso o fato de a numeração dos pavimentos estar equivocada, ambas acabaram sendo atribuídas ao 6º pavimento. A figura 27 explicita este problema, sendo que ela exemplifica o processo de agrupamento de objetos, no qual os filtros “Laje Plana de Concreto Armado Maciça” e “6º Pavimento” apontam para as duas lajes finais.

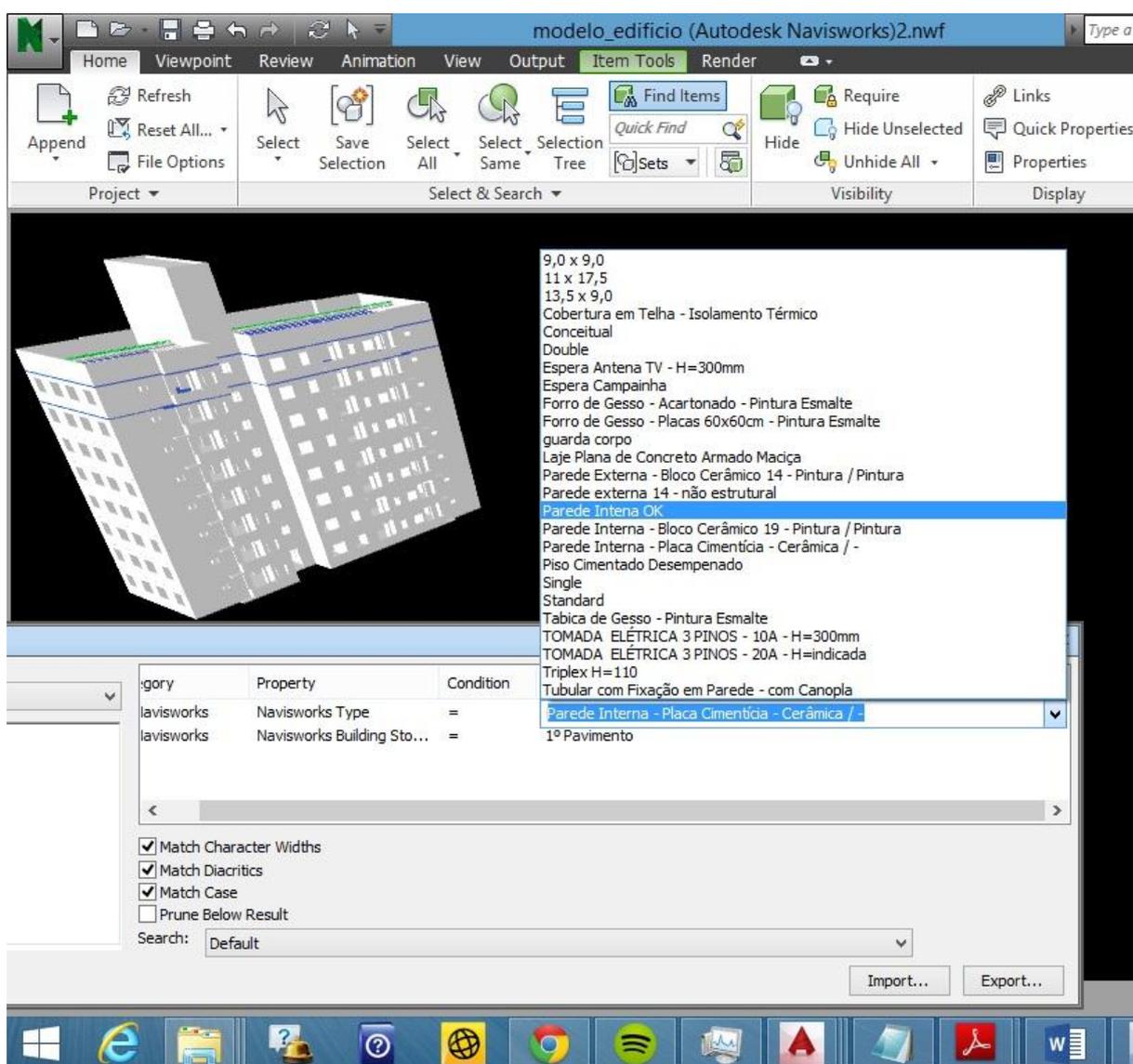
Figura 27 – Lajes do 8º pavimento e cobertura modeladas dentro da mesma localização (6º pavimento)



(fonte: elaborada pelo autor)

Por final, a nomenclatura de alguns dos objetos não deixa claro exatamente o seu significado. É o caso das alvenarias nomeadas “Parede interna OK”, cujo nome não auxilia na identificação da função da parede no edifício, e o porque esta se difere das demais paredes internas. A figura 28 expõe este caso.

Figura 28 – Nomenclatura da alvenaria sem significado explícito



(fonte: elaborada pelo autor)

5.6.3 Análise da representação dos pacotes de trabalho no modelo

Nesta seção são analisadas a influência do conhecimento dos processos produtivos antes da concepção do modelo e apresentadas soluções relativas a constatações feitas durante a simulação 4D com respeito a visualização do modelo durante a mesma.

5.6.3.1 Impacto do conhecimento prévio dos processos executivos

O objetivo principal deste trabalho foi levantar a aplicação do controle da execução através do modelo BIM. Este foi atingido, dentre outras razões, pois existia uma base de dados precisa dos pacotes de trabalho relacionados ao edifício. Isso fez com que a vinculação entre a EAP e o modelo pudessem ser feitas da forma mais adequada para este prédio, resultando em uma representação realística dos processos a serem executados na obra. Por exemplo, ao se saber os pacotes de trabalho da cobertura, foi optado por fazer o agrupamento de objetos separadamente em terças, caibros, ripas e telhas, visto que os pacotes de trabalho eram específicos para cada uma destas atividades.

No caso de se fazer a modelagem de um novo empreendimento, seja ele qual for, se for colocado como meta a utilização do controle de execução através de modelagem 4D, deve-se fazer um levantamento dos procedimentos de execução das atividades o mais precisamente possível, permitindo uma previsão dos pacotes de trabalho a serem executados de forma aproximada da real. Assim, pode-se modelar o projeto de acordo com a execução prevista, facilitando posteriormente a vinculação do modelo aos pacotes de trabalho.

Apesar do processo inicial de levantamento de dados sobre métodos executivos e pacotes de trabalho, e posterior compatibilização entre EAP e modelo 3D, exigir atenção e tempo, compensa no sentido de que no decorrer da obra, o mínimo de revisões no modelo será necessário, economizando tempo e agilizando os processos de controle de execução. Além disso, o fato de se incorporar um campo de visão tridimensional no controle da obra gera uma precisão e entendimento maior dos processos executivos, além de ter sua localização exata dentro do empreendimento. Isso faz com que a informação sobre o que está acontecendo na obra possa ser compreendida por todos técnicos e leigos envolvidos na obra, diminuindo a incerteza e a geração de informações distorcidas.

5.6.3.2 Propostas de melhorias na visualização da simulação

Durante a etapa de simulação 4D foi constatada uma dificuldade de visualização relativa a execução de atividades internas ao edifício. Por exemplo, se a estrutura do prédio já está no 3º pavimento, e existe alguma atividade sendo executada internamente ao pavimento térreo, fica difícil a visualização no modelo, tendo a necessidade de “atravessar paredes” para ver a localização desta atividade.

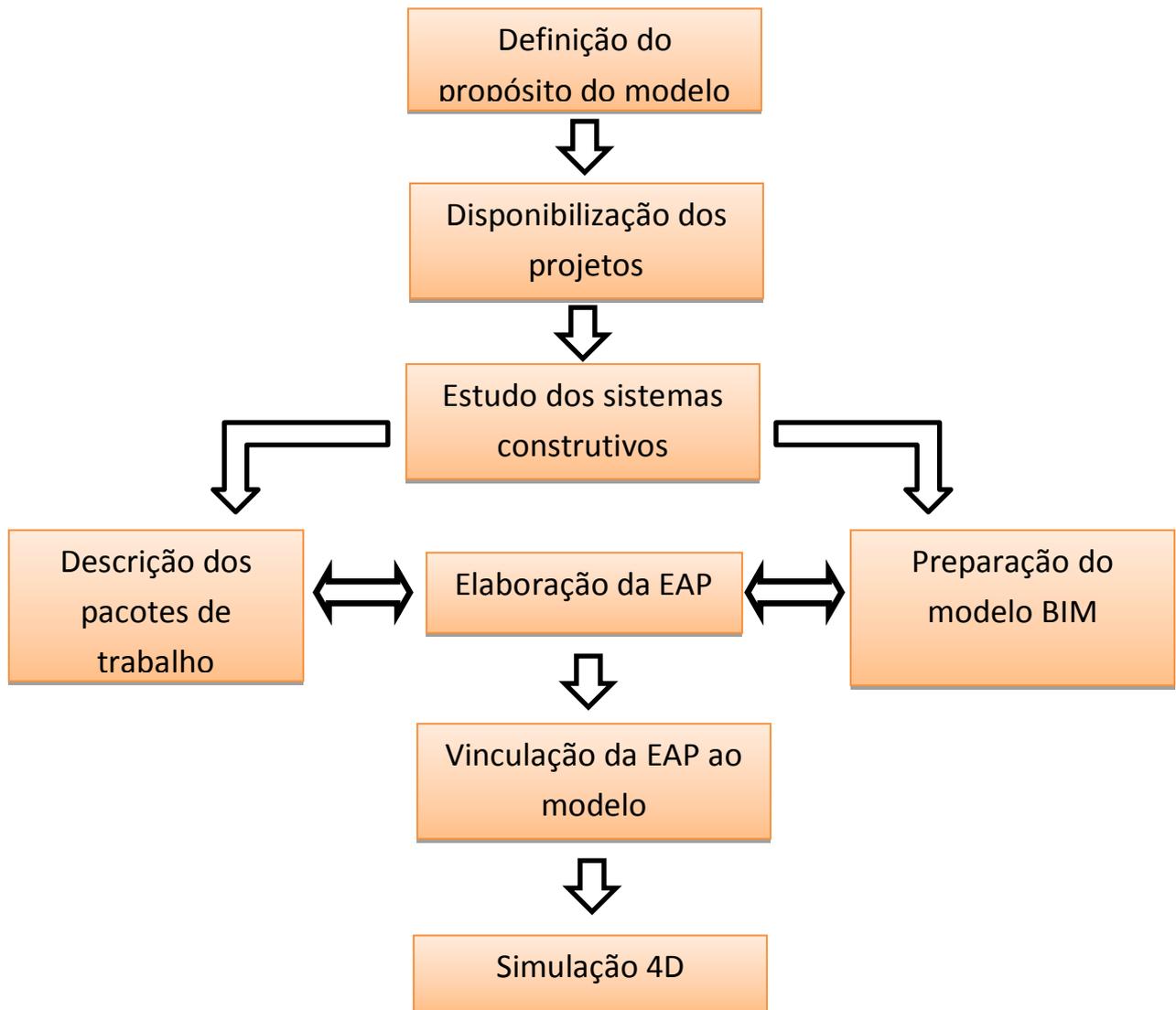
Para este caso, uma possível solução é ocultar manualmente os grupos de objetos que impedem a visualização interna do pavimento. Esta é uma alternativa possível, mas pode demandar demasiado tempo. Em uma reunião de planejamento, por exemplo, onde o ambiente é dinâmico e objetivo, não se encaixaria de forma adequada.

Paralelo a isso, em Schmitz (2014) sugere-se também a utilização de um modelo auxiliar, no qual existe apenas um pavimento tipo desenhado, mais rico em detalhes de objetos. A ideia consiste criar um modelo semelhante para cada pavimento, para que se possa analisar em separado o que está acontecendo em cada local, permitindo localizar-se com exatidão onde está ocorrendo cada atividade. Assim, através de uma vista em 3D se poderia visualizar de forma clara as atividades sem a necessidade de esconder objetos. Para tanto far-se-ia necessário um arquivo para cada pavimento, e em cada um fazer a ligação de seus respectivos pacotes de trabalho. O aspecto negativo desta solução é uma provável maior demanda de tempo, tanto para sua concepção, quanto para seu controle, mas este é um fator de pequeno impacto se considerarmos os benefícios.

6 DIRETRIZES PARA O PROCESSO DE REPRESENTAÇÃO

Ao longo do trabalho foram descritas todas as etapas do processo de representação do controle da execução no modelo do edifício estudado. Este capítulo propõe todos os passos para a representação, além de expor os pré-requisitos para que esta possa ser realizada. O fluxograma apresentado logo a seguir, na figura 29, exprime os passos.

Figura 29 – Passos para a representação



(fonte: elaborado pelo autor)

A **definição do propósito do modelo** é necessária para personalizar a utilização deste na área da construção desejada. Casos como o de um edifício residencial de alto padrão, e um condomínio residencial horizontal com habitações de interesse social exigem focos distintos, e isso faz com que sejam necessários diferentes tipos de abordagens na concepção do modelo BIM.

A **disponibilização dos projetos** é necessária visando o estudo dos **sistemas construtivos** a serem empregados para execução das diferentes atividades da obra. Estes fornecerão os prováveis **pacotes de trabalho** relativos as atividades, os quais devem preferencialmente seguir os padrões sugeridos por Schmitz (2014), que os divide em pacotes de trabalho que geram evolução no modelo, e os que não geram evolução. Estes devem ser organizados de forma a permitir a **elaboração da EAP** adequadamente ao projeto.

Ao passo que são definidos os pacotes de trabalho e os sistemas construtivos, junto a EAP, também deve ser desenvolvido o **modelo 3D**, visando dar a este o grau de detalhamento relacionado a precisão que se deseja obter no controle de execução das atividades. Isto quer dizer que, se por exemplo, o “grauteamento das vergas das esquadrias” de uma obra é um pacote de trabalho que apresenta muitos retrabalhos no histórico de obras da empresa, estas vergas podem ser modeladas individualmente em cada abertura, permitindo uma melhor visualização deste pacote em uma futura simulação 4D. Por isso faz-se necessária a integração dos profissionais responsáveis pela elaboração do modelo 3D e os que organizam os possíveis pacotes de trabalho da obra.

Tendo finalizado as etapas anteriores, pode ser feita a **vinculação da EAP ao modelo 3D** para posterior **simulação 4D**. Os parâmetros de controle, definidos neste trabalho, relativos ao uso de cores para diferenciação entre diferentes status de execução de pacotes de trabalho em cada grupo de objetos, são restritos ao uso do Navisworks Manage para executar esta tarefa. Eventualmente softwares de outras empresas poderão fornecer soluções diferenciadas para estes processos, mas necessariamente deve-se ter um modelo 3D do projeto e uma EAP definida para que o trabalho seja realizado.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como o objetivo principal a identificação das possíveis formas de associação e representação de informações do controle de execução da obra ao modelo BIM/IFC da edificação. Ao final, pode-se dizer que o resultado foi a elaboração de um método para realizá-lo, mas que durante a pesquisa e execução do trabalho foram abertas muitas lacunas e possibilidades de se fazer diferente. Como o BIM é um tema relativamente novo, mesmo no âmbito acadêmico, não se pode afirmar quais são os melhores métodos para seu uso no controle de execução de atividades, visto que é necessário que mais trabalhos sejam desenvolvidos a respeito para se ter um comparativo.

Dessa forma, seria interessante haver um incentivo forte no desenvolvimento de pesquisas relacionadas com o uso do BIM, visando abranger a maior quantidade de exemplos possíveis. Isso possibilitará um comparativo prático com o embasamento adequado para se afirmar as melhores formas de aproveitar ao máximo o que esta tecnologia de modelagem pode nos fornecer.

Quanto as ferramentas e métodos de planejamento e controle, estas foram de melhor compreensão e utilização, visto que já são utilizadas de forma massiva no setor da construção, tendo mais material ao alcance do que sobre modelagem em BIM. Portanto, pode ser afirmado que a pesquisa foi mais precisa e as ferramentas aplicadas foram adequadas ao trabalho. Ainda assim, trabalhos como Schmitz (2014) mostram que ainda podem ser feitas melhorias pontuais importantes dentro destes processos.

Por fim, a associação de tecnologias relativamente novas como o BIM a processos já conhecidos da construção relacionados ao planejamento e controle de execução de atividades se mostrou promissora, uma vez que facilita a visualização destes processos tanto nas reuniões quanto no canteiro de obras. Por isso, em um futuro próximo provavelmente será difundida de forma ampla no setor construtivo brasileiro, visto seu potencial de esclarecer processos desde a concepção do projeto, através de sua construção e após na sua manutenção.

REFERÊNCIAS

AUTODESK, INC. **Companhia**. San Rafael, c2014a. Não paginado. Disponível em: <<http://www.autodesk.com.br/adsk/servlet/index?id=12005746&siteID=1003425>>. Acesso em: 29 maio 2014.

_____. **Navisworks**: recursos. San Rafael c2014b. Não paginado. Disponível em: <<http://www.autodesk.com.br/products/autodesk-navisworks-family/features/all/gallery-view>>. Acesso em: 14 jun. 2014.

_____. **Navisworks**: visão geral. San Rafael, c2014c. Não paginado. Disponível em: <<http://www.autodesk.com.br/products/autodesk-navisworks-family/overview>>. Acesso em: 29 maio 2014.

BENTLEY SYSTEMS, INCORPORATED. **ConstructSim V8i**. Exton, c2014a. Não paginado. Disponível em: <<http://www.bentley.com/en-US/Products/ConstructSim/>>. Acesso em: 14 jun. 2014.

_____. **ProjectWise Construction Work Package Server**. Exton, c2014b. Não paginado. Disponível em: <<http://www.bentley.com/en-US/Products/ProjectWise+Construction+Work+Package+Server/>>. Acesso em: 30 maio 2014.

_____. **Sobre a Bentley**. Exton, c2014c. Não paginado. Disponível em: <<http://www.bentley.com/pt-BR/Corporate/>>. Acesso em: 30 maio 2014.

BERNSTEIN, H. M. (Ed.) **The business value of BIM for construction major global markets**: how contractors around the world are driving innovation with building information. Belford, USA: McGraw Hill Construction, c2014.

BIOTTO, C. N.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. Método para o uso da Modelagem BIM 4D na Gestão da Produção em Empreendimentos de Construção. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3.; ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 6., 2013, Campinas. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2013, p. 882-893.

DATA CUBIST OY. **Contact Datacubist**. Tampere, c2014a. Não paginado. Disponível em: <<http://www.datacubist.com/contact/>>. Acesso em 14 dez 2014.

_____. **Simplebim Benefits**. Tampere, c2014b. Não paginado. Disponível em: <<http://www.datacubist.com/benefits/>>. Acesso em 14 dez 2014.

_____. **Simplebim Features**. Tampere, c2014c. Não paginado. Disponível em: <<http://www.datacubist.com/features/>>. Acesso em 14 dez 2014.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook**: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. 2nd. ed. Hoboken, USA: Wiley, c2011.

FORMOSO, C. T.; DE CESARE, C. M.; LANTELME, E. M.V.; SOIBELMAN, L. As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor. **Egatea**: revista da Escola de Engenharia, Porto Alegre, v. 25, n. 3, p. 45-53, 1997.

ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T.; CESARE, C. M. de.; HIROTA, E. H.; ALVES, T. da C. L. **Lean Construction**: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil. 2. ed. Porto Alegre: Sebrae/RS, 2000.

KHEMLANI, L. **The IFC Building Model**: a look under the hood. AECbytes, não paginado, 30 mar. 2014. Disponível em: <www.aecbytes.com/feature/2004/IFCmodel.html>. Acesso em: 15 jun. 2007. →da data de conclusão deste trabalho, não foi mais possível acessar este site.

KOSKELA, L. Making-do: the eight category of waste. In:CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 12., 2004, Helsingborg. **Proceedings...** Helsingor, 2004. Não paginado.

SCHMITZ, C. **Representação do escopo da construção em um modelo BIM visando o planejamento e controle da produção através de ferramentas 4D**. 2014. 87 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

VICO SOFTWARE, INC. **Virtual Construction**. Helsinki, c2014a. Não paginado. Disponível em: <<http://www.vicosoftware.com>>. Acesso em: 14 jun. 2014.

_____. **Vico Office Production Controller**: on-site monitoring and problem solving solution. Helsinki, c2014b. Não paginado. Disponível em: <<http://www.vicosoftware.com/products/vico-office-production-controller/tabid/225520/Default.aspx>>. Acesso em: 29 maio 2014.